

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

**GENETİK ALGORİTMA KULLANILARAK HAFTALIK
DERS PROGRAMI ZAMAN ÇİZELGELEME
YAZILIMININ GELİŞTİRİLMESİ**

Kadir Can TAÇ
(141100420030115)

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
BİLGİSAYAR VE KONTROL EĞİTİMİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Vedat Topuz**

İSTANBUL 2006

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince beni destekleyen, çalışmalarımı detaylı bir şekilde inceleyip yönlendiren ve tüm bilgisini benimle paylaşan saygı değer hocam Yrd. Doç. Dr. Vedat TOPUZ'a teşekkür ederim.

Çalışmam sırasında bana her zaman destek olan ve çalışmalarına katkıda bulunan arkadaşım Berca HERGÜN'e teşekkür ederim.

Son olarak beni seven, bugünlere gelmemde büyük katkıları olan aileme maddi ve manevi desteklerinden dolayı çok teşekkür ederim.

Temmuz, 2006

Kadir Can TAÇ

İÇİNDEKİLER

	<u>SAYFA</u>
ÖZET	V
ABSTRACT	VI
YENİLİK BEYANI	VII
SEMBOLLER	VIII
KISALTMALAR	IX
ŞEKİL LİSTESİ	X
TABLO LİSTESİ	XII
BÖLÜM I GİRİŞ	1
I.1 OPTİMİZASYON PROBLEMLERİ	1
I.2 ÇİZELGELEME PROBLEMLERİ	1
I.3 LİTERATÜR ÇALIŞMASI	3
BÖLÜM II ÇÖZÜM YÖNTEMİ	6
II.1 GENETİK ALGORİTMA	6
II.1.1 Genetik Algoritmanın Özellikleri	7
II.1.2 Genetik Algoritmanın Çalışma Prensibi	8
II.1.3 Temel Kavramlar	10
II.1.4 Gen ve Kodlama	10
II.1.5 Kromozom	10
II.1.6 Birey	10
II.1.7 Populasyon	11
II.1.8 İlk Populasyonun Oluşturulması	11
II.1.9 Uygunluk Değeri	11
II.1.10 Üreme	12
II.1.10.1 Bütünüyle Yer Değiştirme	12
II.1.10.2 Nesil Aralığı	12
II.1.10.3 Kararlı Durum	13

II.1.11 Seçim Yöntemi	13
II.1.12 Uygunluk Değer Orantılı Seçim Yöntemleri	13
II.1.12.1 Rulet Tekerleği	13
II.1.12.2 Stokastik Üniversal Örneklem	14
II.1.13 Turnuva Seçim Yöntemi	15
II.1.14 Sıralı Seçim Yöntemi.....	16
II.1.15 Çaprazlama Operatörü	16
II.1.15.1 N-nokta Çaprazlama	17
II.1.15.2 Tekdüze Çaprazlama	17
II.1.16 Mutasyon Operatörü	18
II.1.17 Düzeltme Operatörü	18
BÖLÜM III PROBLEMİN MODELİ VE ALGORİTMASI ...	20
III.1 PROBLEMİN İNCELENMESİ	20
III.2 GA'NIN, DERS ÇİZELGELEME PROBLEMİNİN	
ÇÖZÜMÜNDE KULLANILMASI	22
III.2.1 Ders Çizelgeleme Probleminin Modeli	23
III.2.2 Kısıtlar	23
III.2.3 Başlangıç Durumu Kısıtları	24
III.2.4 Zorunlu Kısıtlar	25
III.2.4.1 Ders Kısıtları	25
III.2.4.2 Öğretmen Kısıtları	25
III.2.4.3 Sınıf Kısıtları	26
III.2.5 Esnek Kısıtlar	26
III.2.6 Kısıtlara Verilen Ceza Puanları	27
III.2.7 Ders Çizelgeleme Çözümünün Gösterimi	28
III.2.8 Problemin Kromozom Tanımı	29
III.2.9 İlk Populasyonun Oluşturulması	31
III.2.10 Uygunluk Değerinin Hesaplanması	31
III.2.11 GA Operatörlerinin Uygulanması	32
III.2.12 Seçim Operatörü	32
III.2.13 Çaprazlama Operatörü	34
III.2.14 Mutasyon Operatörü	36
III.2.15 Düzeltme Operatörleri	39
III.2.15.1 Düzeltme I Fonksiyonu	39
III.2.15.2 Düzeltme II Fonksiyonu	39
III.2.15.3 Düzeltme III Fonksiyonu	40
BÖLÜM IV DERS ÇİZELGELEME YAZILIMI	41
IV.1 YAZILIM TANITIMI	41
IV.1.1 Sistem Anahtarları Penceresi	44
IV.1.2 Gün Tanımları Penceresi	44
IV.1.3 Ders Saatleri Penceresi	45
IV.1.4 Öğretmen Tanımları Penceresi	45
IV.1.5 Dershane Tanımları Penceresi	46
IV.1.6 Sınıf Tanımları Penceresi	47

IV.1.7 Ders Tanımları Penceresi	48
IV.1.8 Genetik Algoritmanın Başlatılması	49
IV.1.9 Raporlar Penceresi	50
IV.2 ODEP YAZILIMININ ÇALIŞMA ŞEKLİ	53
IV.3 VERİTABANI TABLO YAPISI	54
IV.3.1 Dershane Tanımları (Tnmdhn) Tablosu	54
IV.3.2 Ders Tanımları (Tnmdrs) Tablosu	54
IV.3.3 Öğretmen Tanımları (Tnmogr) Tablosu	55
IV.3.4 Sınıf Tanımları (Tnmsnf) Tablosu	55
IV.3.5 Gün Tanımları (Gungtn) Tablosu	55
IV.3.6 Ders Saatleri Tanımı (Drdsda) Tablosu	56
IV.3.7 Zorunlu Dershane Tanımları (Dhnzrn) Tablosu	56
IV.3.8 Yardımcı Ders Tanımları (Drsglk) Tablosu	56
IV.3.9 İstenmeyen Dershane Tanımları (Drsgdn) Tablosu	57
IV.3.10 Dersin Öğretmen Tanımları (Drsgog) Tablosu	57
IV.3.11 Dersin Sınıf Tanımları (Drsgsf) Tablosu	57
IV.3.12 Ders için İstenmeyen Saatler (Drsgdzr) Tablosu	58
IV.3.13 Öğretmen için İstenmeyen Saatler (Ogrist) Tablosu ...	58
IV.3.14 Sistem Anahtarları (Sisanh) Tablosu	58
IV.3.15 Sınıf için İstenmeyen Saatler (Sngfst) Tablosu	59
IV.3.16 Sonuçlar (Sonson) Tablosu	59
IV.3.17 Sonuç Detayları (Sondty) Tablosu	60
BÖLÜM V DENEYLER VE SONUÇLAR	61
V.1 DENEYLER	61
V.1.1 Deney 1 (161)	63
V.1.2 Deney 2 (210)	63
V.1.3 Deney 3 (211)	63
V.1.4 Deney 4 (260)	63
V.1.5 Deney 5 (261)	64
V.1.6 Deney 6 (261)	64
V.1.7 Deney 7 (261)	64
V.1.8 Deney 8 (261)	64
V.1.9 Deney 9 (264)	65
V.1.10 Deney 10 (262)	65
V.1.11 Deney 11 (262)	65
V.1.12 Deney 12 (263)	65
V.1.13 Deney 13 (251)	66
V.1.14 Deney 14 (250)	66
V.1.15 Deney 15 (263)	66
V.1.16 Deney 16 (265)	66
V.2 DENEY SONUÇLARI	69
KAYNAKLAR	72
ÖZGEÇMİŞ	74

ÖZET

GENETİK ALGORİTMA KULLANILARAK HAFTALIK DERS PROGRAMI ZAMAN ÇİZELGELEME YAZILIMININ GELİŞTİRİLMESİ

Çizelgeleme, belirli zaman aralıklarının istenen kısıtlar göz önünde bulundurularak uygun bir şekilde atanması işlemidir. Eğitim kurumlarında ders programı hazırlama işlemi çizelgeleme çeşitlerinden biridir. Hedef, belirli kısıtlar kapsamında ilgili dönemde açılan bütün derslerin zaman çizelgelemesine yerleştirilmesidir. Belirtilen kısıtların çok çeşitli olması ve işlenecek verinin büyük boyutlarda olması ders programı hazırlama problemini zor bir hale getirmektedir. Böyle bir problem için klasik yöntemleri kullanarak çözüm bulmak çoğu kez mümkün olmamaktadır. Bu tez çalışmasında böyle bir çizelgeleme problemi ortaya konulmuş ve uygun bir çözüm bulunmaya çalışılmıştır. Uygun çözüme kısa bir zamanda ulaşabilmek için genetik algoritma yöntemi kullanılmıştır.

Genetik algoritma, problemin olası çözümlerinin bulunmasının zor ve zahmetli olduğu durumlarda, makul bir zamanda uygun çözümü bulabilmek için geliştirilmiş bir yöntemdir. Genetik algoritmada; seçim, çaprazlama, mutasyon ve düzeltme operatörlerinden yararlanılmıştır.

Genetik algoritmanın haftalık ders programı zaman çizelgelemesi problemine uygulanabilmesi için ders, dersane, sınıf ve öğretmen bilgilerinin tanımlandığı bir yazılım geliştirilmiştir. Yazılım, bu bilgileri kullanarak ve tüm kısıtları göz önünde bulundurarak, bir müfredat döneminin haftalık ders programı çizelgelemesini hazırlamaktadır.

Temmuz, 2006

Kadir Can TAÇ

ABSTRACT

DEVELOPING A WEEKLY COURSE PROGRAMME TIMETABLING SOFTWARE BY USING GENETIC ALGORITHM

Timetabling is a process of assigning definite intervals according to requested restrictions. The process of preparing course programme for educational associates is a kind of timetabling. The object is to place all lectures that will be studied in the relevant term considering the definite restrictions. That the restrictions are so several and the data that will be processed is of high dimensions make the problem of preparing the course programme difficult. For such a problem, it is usually not possible to find solution by using classical methods. In this thesis, this kind of problem has been brought up and an ideal solution has been tried to be found. The genetic algorithm method has been used to reach a suitable solution within a short time.

Genetic Algorithm is a method that has been developed for finding solution for the situations in which it is difficult and onerous to find a solution within a reasonable time. For ideal solution; selection operators, crossover and mutation operators of genetic algorithm have been utilized.

For the genetic algorithm to be applied to a weekly course programme timetabling problem, a software in which the information of lecture, teacher, class and classroom defined has been developed. The software performs timetabling the course programme for the relevant education term considering all the restrictions.

July, 2006

Kadir Can TAÇ

YENİLİK BEYANI

GENETİK ALGORİTMA KULLANILARAK HAFTALIK DERS PROGRAMI ZAMAN ÇİZELGELEME YAZILIMININ GELİŞTİRİLMESİ

Bu tez çalışmasında, eğitim kurumları için haftalık ders programı çizelgelemesinin belirli kısıtlar kapsamında hazırlanması amaçlanmıştır. Uygun bir ders programı çizelgelemesine kısa bir zamanda ulaşabilmek için genetik algoritma yöntemi kullanılmıştır. Genetik algoritmanın haftalık ders programı zaman çizelgelemesi problemine uygulanabilmesi için ders, dersane, sınıf ve öğretmen bilgilerinin tanımlandığı bir yazılım geliştirilmiştir.

Genetik algoritma, probleme uyarlanırken bir takım değişiklikler yapılarak algoritmanın çalışma performansı artırılmıştır.

Genetik algortmada çözümü temsil eden birey, kromozomların bir araya gelmesiyle sağlanmıştır. Her bir kromozom da, genlerin bir araya gelmesiyle oluşmuştur. Böylelikle ilk kez her dersin, bir ders saati ayrı bir kromozom ile ifade edilmiştir.

Bireyin kısıtlarına uymayan kromozomlarına kötü-kromozom gen işareti verilmiştir. Kötü-kromozom geni, mutasyon operatöründe, mutasyona uğrayacak kromozomu belirlemek için kullanılmıştır. Bu amaçla kötü kromozom mutasyon operatörü geliştirilmiştir.

Son olarak, mutasyon olasılığı %20 seçilip, 20 nesil boyunca en iyi bireyin uygunluk değeri değişmez ise mutasyon olasılığının %5 oranında artırılması yöntemi uygulanmıştır. Mutasyon olasılığının artması, populasyon içerisinde mutasyon işlemi uygulanacak birey sayısını arttırmaktadır. Böylelikle çözüm uzayında çeşitlilik sağlanarak, çözüme kısa zamanda ulaşıldığı gözlenmiştir.

Temmuz, 2006

Yrd. Doç. Dr. Vedat Topuz

Kadir Can TAÇ

SEMBOLLER

P	: Populasyondaki birey sayısı
f	: Bireyin uygunluk değeri
K	: Bireyi oluşturan kromozomların sayısı
T	: Haftalık ders programındaki bir ders saati
N	: Tanımlanan zorunlu ve esnek kısıtlar
B	: Birey sayısı
O	: Öğretmen sayısı
D	: Ders sayısı
S	: Sınıf sayısı
L	: Dershane ve laboratuvar sayısı
G	: Gün sayısı
Z	: Bir gün içerisindeki ders saatleri
C	: Her ders için toplam ders saati
M	: Her ders için tanımlı sınıfların sayısı
Y	: Turnuva yöntemi grup büyüklüğü
DKS	: Ders kromozom sayısı
BKS	: Birey kromozom sayısı
BUD	: Birey uygunluk değeri

KISALTMALAR

GA	: Genetik Algoritma
BSO	: Beklenen Seçim Olasılığı
ODEP	: Okul Ders Programı Yazılımı
ZD1	: Zorunlu Ders Kısıtları 1
ZD2	: Zorunlu Ders Kısıtları 2
ZD3	: Zorunlu Ders Kısıtları 3
ZD4	: Zorunlu Ders Kısıtları 4
ZD5	: Zorunlu Ders Kısıtları 5
ZD6	: Zorunlu Ders Kısıtları 6
ZD7	: Zorunlu Ders Kısıtları 7
ZD8	: Zorunlu Ders Kısıtları 8
ZD9	: Zorunlu Ders Kısıtları 9
ZD10	: Zorunlu Ders Kısıtları 10
ZO1	: Zorunlu Öğretmen Kısıtları 1
ZO2	: Zorunlu Öğretmen Kısıtları 2
ZO3	: Zorunlu Öğretmen Kısıtları 3
ZO4	: Zorunlu Öğretmen Kısıtları 4
ZS1	: Zorunlu Sınıf Kısıtları 1
ZS2	: Zorunlu Sınıf Kısıtları 2
ZS3	: Zorunlu Sınıf Kısıtları 3
ZS4	: Zorunlu Sınıf Kısıtları 4
ZS5	: Zorunlu Sınıf Kısıtları 5
ZS6	: Zorunlu Sınıf Kısıtları 6
E1	: Esnek Kısıtlar 1
E2	: Esnek Kısıtlar 2
E3	: Esnek Kısıtlar 3
E4	: Esnek Kısıtlar 4

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>SAYFA NO</u>
Şekil I.1 Yıllara Göre Zaman Çizelgelemesi Yayın Sayısı	3
Şekil II.1 Genetik Algoritmanın Yapısı	9
Şekil II.2 Rulet Tekerleği	14
Şekil II.3 Stokastik Üniversal Örnekleme	15
Şekil II.4 Turnuva Seçim Yöntemi	15
Şekil II.5 İki Noktadan Çaprazlama	17
Şekil II.6 Tekdüze Çaprazlama	17
Şekil II.7 Mutasyon Operatörü	18
Şekil III.1 Haftalık Ders Saatleri	21
Şekil III.2 Örnek Kromozom Yapısı	29
Şekil III.3 Bireyin Kromozom Dizisi	30
Şekil III.4 Seçim Operatörü Kodu	33
Şekil III.5 Çaprazlama İşlemi Uygulanan Kromozom	34
Şekil III.6 Çaprazlama İşlemi	35
Şekil III.7 Çaprazlama Operatörü Kodu	35
Şekil III.8 Mutasyon İşlemi Uygulanan Kromozom	37
Şekil III.9 Kötü-Kromozom Mutasyon Operatörü	37
Şekil III.10 Mutasyon Operatörü Kodu	38
Şekil IV.1 Programın Şeması	42
Şekil IV.2 ODEP Yazılımı Görünümü	43
Şekil IV.3 Sistem Anahtarları Penceresi	44
Şekil IV.4 Gün Tanımları Penceresi	44
Şekil IV.5 Ders Saatleri Penceresi	45
Şekil IV.6 Öğretmen Tanımları Penceresi	45
Şekil IV.7 Öğretmenin İstemediği Zamanlar Penceresi	46
Şekil IV.8 Dershane Tanımları Penceresi	47
Şekil IV.9 Sınıf için Uygun Olmayan Zamanlar Penceresi	47

Şekil IV.10 Sınıf Tanımları Penceresi	48
Şekil IV.11 Ders Tanımları Penceresi	49
Şekil IV.12 Genetik Algoritmanın Uygunluk Değeri Grafiği	50
Şekil IV.13 Raporlar Penceresi	50
Şekil IV.14 Haftalık Ders Programı Sonuç Açıklama Penceresi	51
Şekil IV.15 Sınıf için Ders Programı Raporu	51
Şekil IV.16 Öğretmen için Ders Programı Raporu	52
Şekil IV.17 Dershane için Ders Programı Raporu	52
Şekil IV.18 ODEP Yazılımının İş Akış Diyagramı.....	53
Şekil V.1 Deneylerin Uygunluk Değeri Grafiği	67
Şekil V.2 Deney 16 (265) Sınıf için Haftalık Ders Programı Raporu	70
Şekil V.3 Deney 16 (265) Öğretmen için Haftalık Ders Programı Raporu .	70
Şekil V.4 Deney 16 (265) Dershane için Haftalık Ders Programı Raporu ..	71

TABLO LİSTESİ

	<u>SAYFA NO</u>
Tablo II.1 Bireyin Beklenen Seçim Olasılığının Hesaplanması	14
Tablo III.1 Kısıtlara Verilen Ceza Puanları	27
Tablo III.2 Örnek Kromozom Tanımı	30
Tablo IV.1 Dershane Tanımları Tablosu	54
Tablo IV.2 Ders Tanımları Tablosu	54
Tablo IV.3 Öğretmen Tanımları Tablosu	55
Tablo IV.4 Sınıf Tanımları Tablosu.....	55
Tablo IV.5 Gün Tanımları Tablosu	55
Tablo IV.6 Ders Saatleri Tanımı Tablosu	56
Tablo IV.7 Zorunlu Dershane Tanımları Tablosu	56
Tablo IV.8 Yardımcı Ders Tanımları Tablosu	56
Tablo IV.9 İstenmeyen Dershane Tanımları Tablosu	57
Tablo IV.10 Dersin Öğretmen Tanımları Tablosu	57
Tablo IV.11 Dersin Sınıf Tanımları Tablosu	57
Tablo IV.12 Ders için İstenmeyen Saatler Tablosu	58
Tablo IV.13 Öğretmen için İstenmeyen Saatler Tablosu	58
Tablo IV.14 Sistem Anahtarları Tablosu	58
Tablo IV.15 Sınıf için İstenmeyen Saatler Tablosu	59
Tablo IV.16 Sonuçlar Tablosu	59
Tablo IV.17 Sonuç Detayları Tablosu	60
Tablo V.1 Deney Verilerinin Büyüklüğü Tablosu	62
Tablo V.2 Deney Sonuçları	68

BÖLÜM I

GİRİŞ

I.1 OPTİMİZASYON PROBLEMLERİ

Optimizasyon işlemi, verilen bir problem için belirli kısıtlamalara dikkat edilerek mümkün olan en iyi çözümü bulmaktır. En iyi çözümü bulabilmek için bir amaç fonksiyonu yazılarak uygun çözümler bulunması hedeflenir [1].

Böyle problemlerin doğası gereği, her biri diğerini etkileyen bir çok kısıtlamayı da beraberinde getirir. Matematiksel olarak çözümü uzun zaman alan bütün kısıtlar için kesin bir formül kullanarak problemin çözülmesi çoğu zaman mümkün değildir. Araştırma uzayının genişliği ve karmaşıklığı, karşılaşılan kısıtlamaların genelde her optimizasyon problemi için özel olması ve herhangi bir gerçek problemdeki olası çözüm sayısının çok fazla olması nedeniyle, insan gücü destekli tekniklerin çözüm için oldukça yetersiz kalmasına neden olur [2]. Optimizasyon problemlerine teknolojinin desteği ve yeni bilimsel yöntemler ile belli çözümler getirilmektedir.

I.2 ÇİZELGELEME PROBLEMLERİ

Çizelgeleme problemleri; verimliliği esas alarak, kaynakların kullanıcılara belli kısıtlarla tahsis edilmesini hedefler. Bir zaman çizelgeleme problemi olan ders programı hazırlamada (çizelgelemede) hedef, her sınıf için açılacak derslerin buluşma saatlerinin istenen kısıtlar sağlanarak belirlenmesidir [3].

Ders programı hazırlanması işlemi, bilgisayar yardımı olmadan yapılmak istendiğinde o kurumun kaynaklarını iyi bilen ve ortaya çıkabilecek çakışmaları

tahmin edebilecek tecrübeye sahip kişiler tarafından yapılmaktadır. Hazırlanan ders programının, o kurum için geçerli kısıtlamaları karşılması gerekmektedir. Bilgisayar yardımı olmadan ders programı hazırlanması zor bir problemdir [2, 4]. Her kurumun müfredat programı, öğretmenlerin ve sınıfların sayısı, dershanelerin kapasitesi ve derslerin tipleri gibi özellikleri ya da eğitim kurumunun lise veya üniversite olması gibi sistem farklılıkları olduğundan, ders çizelgeleme problemleri her kuruma göre değişik boyutlarda ortaya çıkar.

Ders çizelgelemesi oluşturma işlemi, eğitim kurumlarının bir dönemine ait açılan bütün derslerin saatlerinin belirlenmesi demektir. Hazırlanan haftalık ders çizelgelemesinin belirtilen kısıtları, belli gereksinimleri karşılıyor olması gerekmektedir. Bu kısıtlar iki şekilde ifade edilmektedir. Bunlar; “zorunlu kısıtlar” ve “esnek kısıtlar” olarak adlandırılır [5, 6]. Örneğin, zorunlu kısıtlar olarak, bir öğretmen aynı zaman dilimi içerisinde farklı dersleri vermek üzere atanmamalıdır. Bir sınıf aynı zaman dilimi içerisinde farklı dersleri alamamaktadır veya farklı sınıflar bir dershanede aynı anda farklı dersler işleyememektedir.

Esnek kısıtlar olarak, öğretmen tercihleri de önemli olabilir. Bazı öğretmenler sabah saatlerinde ders işlemek isterken, bazıları öğleden sonraki ders saatlerini tercih edebilir.

Aynı tercihler dersler ve sınıflar için de söz konusu olabilir. Bazı dersler içeriklerine göre verimli işlenebilmeleri adına belirli zaman dilimlerine atanabilir. Bazı eğitim kurumlarında eğitim iki şekilde gerçekleştirilmektedir. Bunlar; örgün ve gece eğitimidir. Örgün eğitim alan sınıflar gündüz saatlerinde ders işlerken, gece eğitiminde okuyan sınıflar eğitimlerine akşam devam etmektedirler. Bu sebepten dolayı gündüz saatlerinde ders işleyecek olan sınıfların alacakları dersler, akşam saatlerindeki zaman dilimlerine atanmamalıdır. Aynı şekilde gece eğitimi alan sınıflara da gündüz saatleri içerisinde ders atanmamalıdır.

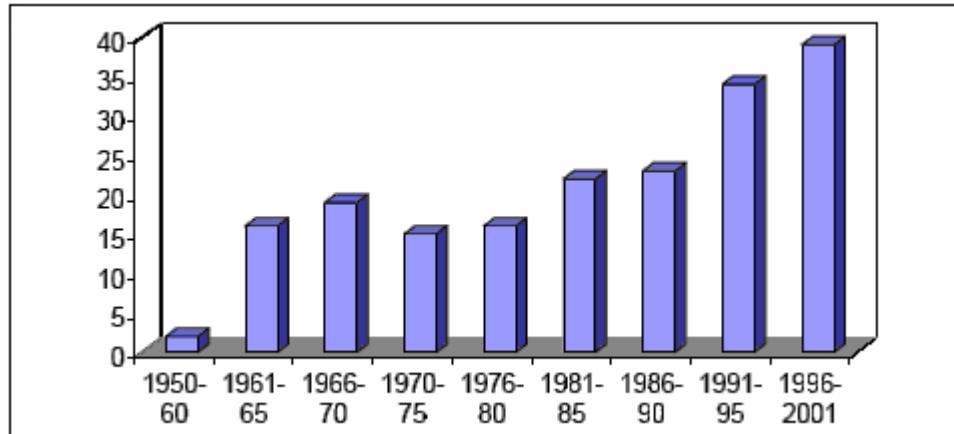
Ders programının hazırlanmasındaki kısıtların fazla oluşu, kaynakların kısıtlı ve gereksinimlerinin çok olduğu, ilköğretim, lise veya üniversite gibi eğitim kurumlarında, ihtiyaçlara cevap verebilecek nitelikte bir ders çizelge hazırlama işlemi zor ve zahmetli bir problemdir.

Eğitim kurumları için ders çizelgelemesi hazırlanırken karşılaşılan problemlerden bir tanesi de eldeki kaynakların yeterli ve verimli bir biçimde kullanılabilmesi ile ilgilidir. Örneğin bir derse atanan sınıfın öğrenci mevcudu, sınıfın

atandığı dershane kapasitesi, laboratuvar gibi özel donanımlı dershanelerin ihtiyacı olan sınıf gruplarının ayarlanması gibi problemler ortaya çıkabilir.

I.3 LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Genetik algoritma kullanarak eğitim kurumlarında ders program çizelgelemesi üzerine literatürde bir çok çalışma yapılmıştır. Son yıllarda optimizasyon problemleri üzerine araştırmaların artması ve bilgisayarın günlük hayatımızda daha çok kullanılır olması sebebiyle çizelgeleme problemlerinin çözümünde de çalışmalar ortaya çıkmıştır. Şekil I.1’de 1950’li yıllardan günümüze kadar olan ders çizelgelemesi çalışmalarının artışı grafiksel olarak gösterilmiştir [7]. Bu çalışmalar içerisinde genetik algoritmanın kromozom yapısının oluşturulmasında, çaprazlama ve mutasyon operatörlerinin kullanımında farklı ve yenilikçi yaklaşımları getirenler literatürde belirtilmiştir.



Şekil I.1 Yıllara Göre Zaman Çizelgelemesi Yayın Sayısı

Ender Özcan ve Alpay Alkan çalışmalarında Yeditepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesinin ihtiyaçlarını karşılayacak, TEDI isimli bir ders programı yazılımı hazırlamışlardır. Algoritmasında seçim yöntemi olarak “Sıralı Seçim” yöntemini kullanmışlardır. Üreme için eşleşme sonucunda yeni bireylerin popülasyondaki kötü bireylerle yer değiştirmesi yöntemini ve mutasyon operatörü için yeni bir sıralı mutasyon yöntemini kullanmışlardır [3].

Aytekin Başı, çalışmasında seçim yöntemi olarak rulet tekerleğini, çaprazlama yöntemi olarak “Konuma dayalı (position-based) çaprazlama”, mutasyon operatörü olarak “Tek noktadan (sabit) mutasyon” yöntemini kullanmıştır [2].

Fernandes, Caldeira, Melicio ve Rosa ortak çalışmalarında birden fazla çaprazlama yöntemi kullanmışlardır. Bu operatörlere, performanslarına bağlı olarak puanlar vermişlerdir. Operatörlere, puanlarına bağlı olarak seçim şansı tanımışlardır. Ayrıca en kötü genleri belirleyip mutasyona uğratarak “ Kötü Genler Mutasyonu ” yöntemini ilk kez kullanmışlardır [8].

Aynı çalışmayı geliştirerek “Kötü Genler Mutasyonu” operatörü yanında yeni bir çaprazlama yöntemi olarak “Kötü Genler Çaprazlama” operatörü kullanılmıştır. Bu yeni yöntemler yardımıyla haftalık ders programı çizelgelemelerinin çözümünde çok daha iyi sonuçlar elde edilmiştir [9].

Caldeira, Rosa bir başka çalışmalarında Ultra-Elitizm adı altında iki farklı üreme yöntemi denemiştir. Bu yöntemlerin ilki yeni nesildeki en kötü 20 bireyin bir önceki nesilden en iyi 20 birey ile yer değiştirmesidir. İkinci yöntemde ise yeni nesile önceki nesilden sadece bir adet en iyi bireyin katılıyor olmasıdır [6].

Kanoh ve Sakamoto Japonya’daki Tsukuba Üniversitesinin ders programı çizelgelemesini hazırlamışlardır. Çaprazlama yöntemi olarak tek ve iki noktadan, mutasyon yöntemi olarak da tek noktadan mutasyon seçilmiştir [10].

Burke, Elliman ve Weare çalışmalarında üniversiteler için ders programı hazırlama ve sınav hazırlama problemleri için sezgisel çaprazlama ve mutasyon yöntemlerini kullanmışlardır. Çaprazlama operatörü olarak tek ve iki noktadan sezgisel çaprazlama, mutasyon operatörü olarak da tek noktan sezgisel mutasyonu kullanmışlardır [11].

Enzhe Yu ve Ki-Seak Sung çalışmalarında gen yapısında “Sektör” kavramını kullanmışlardır. İlk popülasyonunun oluşturulmasında, çaprazlama ve mutasyon operatörlerinde sektörel eşleşmeler yaparak, yeni nesillerin daha iyi uygunluk değerine sahip olmalarını sağlamışlardır. Ayrıca zorunlu kısıtları “kontrol et ve düzelt ” yöntemiyle düzenleyerek, bireylerin uygunluk puanlarını arttırmışlardır.[12].

Adamis ve Arapakis çalışmalarında kromozom yapısını onluk düzendeki sayılarla (integer) ifade etmişlerdir. Yunanistan’daki Thessaloniki Teknoloji Eğitim Enstitüsü’nün ders programı çizelgelemelerini hazırlamışlardır. Uygulamalarında iki farklı şema uygulayıp bu şemalar üzerine çaprazlama ve mutasyon operatörlerini geliştirmişlerdir [13].

Nadia Nedjoh ve Loiza de Macedo Mourelle çalışmalarında Brezilya'daki Rai de Janeiro Üniversitesi'nin ders programının hazırlanması ile ilgili çalışmalar yapmışlardır. Çalışmalarında temel genetik algoritma operatörlerinin bir çoğu denemiştir. En iyi sonucu uniform çaprazlama operatörünü ve %10 oranında tek noktadan mutasyon operatörünü kullanarak almışlardır. Populasyondan birey seçiminde rastgele seçim yöntemini kullanmışlardır [1].

Erben ve Keppler çalışmalarında kromozom yapısını bit karakter tanımlayarak üniversite ders programı çizelgelemesi yapmışlardır. Standart çaprazlama ve mutasyon operatörlerini kullanmışlardır [5].

Yaptığımız tez çalışmasında eğitim kurumları için haftalık ders çizelgelemesi yazılımı genetik algoritma kullanılarak geliştirilmiştir. Yazılım Microsoft Visual Studio c#.NET dilinde geliştirilmiştir. Kısıtların ve sonuçların saklanması için Microsoft SQL Server 2000 veritabanı kullanılmıştır. Genetik algorithmada çözümü temsil eden birey, kromozomların bir araya gelmesiyle sağlanmıştır. Her bir kromozom da, genlerin bir araya gelmesiyle oluşmuştur. Böylelikle ilk kez her dersin, bir ders saati ayrı bir kromozom ile ifade edilmiştir. Çaprazlama operatörü olarak iki noktadan çaprazlama operatörü kullanılmıştır. Bireyin kısıtlarına uymayan kromozomlarına kötü-kromozom gen işareti verilmiştir. Kötü-kromozom geni, mutasyon operatöründe, mutasyona uğrayacak kromozomu belirlemek için kullanılmıştır. Bu amaçla kötü kromozom mutasyon operatörü geliştirilmiştir. Ayrıca tek noktadan mutasyon operatörü ile kötü-kromozom mutasyon operatörü birlikte kullanılmıştır. Algoritmanın çözümü esnasında tanımlı olan bu iki mutasyon operatörünün rastgele seçilerek, işlem yapması sağlanmıştır. Son olarak, mutasyon olasılığı %20 seçilip, 20 nesil boyunca en iyi bireyin uygunluk değeri değişmez ise mutasyon olasılığının %5 oranında arttırılması yöntemi uygulanmıştır.

BÖLÜM II

ÇÖZÜM YÖNTEMİ

II.1 GENETİK ALGORİTMA

Genetik algoritma (GA) rastlantısal ve deterministik arama tekniklerini birlikte kullanarak çözüm bulmaya çalışan, parametre kodlama esasına dayanan sezgisel bir arama tekniğidir [14].

Genetik algoritmanın çalışması doğal evrim sürecine benzetilir. İyi nesillerin tıpkı doğadaki gibi ortam koşullarına uyum sağlayarak kendi yaşamlarını sürdürebilmesi, doğa koşullarına uyum sağlayamayanların yok olma prensibine dayanır. Genetik algoritmada ebeveyn bireylerden doğan yeni bireyler, belirtilen koşullara uyum sağlayarak yaşamlarını sürdürebilmesi amaçlanır. Yeni bireyler, ebeveynleri olan bireylerden iyi genleri aldıkları gibi, kötü genleri de almış olabilirler. Eğer yeni bireyler kötü genlere sahip ise yaşamlarını sürdüremeyecektir. Bu algoritma ile doğaya uyum sağlamış bireylerin yaşamasına daha fazla şans tanınmaktadır. Bireylerin doğaya uyum durumunu belirleyen uygunluk değeri tanımlanmıştır. Genetik algoritmanın önemli özelliklerinden birisi de çok sayıda çözümün (arama uzayı) içinden en iyi çözümü (birey) arama işlemidir. Bu amaçlar, en iyi çözümlerin aranması ve arama uzayının genişletilmesi olarak özetlenebilir [16].

John Holland (1975) doğal evrimden ve canlılardaki bu süreçten yararlanarak, makine öğrenmesi üzerine çalışmalarını yoğunlaştırmıştır. Holland'ın asıl amacı, belirli problemleri çözmek için algoritma tasarlamak değil; uyum olgusu üzerinde çalışmak ve doğal uyumun bilgisayar sistemlerinde kullanılabilmesini sağlamak olmuştur.

Holland'ın GA metodu, popülasyondaki bireyleri seçim, çaprazlama, üreme, mutasyon gibi genetik süreçlerden geçirerek başarılı yeni bireyler oluşturulabildiğini göstermiştir. Holland 1975 yılında çıkardığı “Adaptation in Natural and Artificial Systems” adlı kitabında genetik algoritma konusu içerisinde adaptasyon için teorik bir çerçeve sunmuştur [17].

Goldberg 1989 yılında çıkardığı “Genetic Algorithm in Search, Optimization and Machine Learning” adlı kitabında genetik algoritmanın farklı optimizasyon problemlerinde kullanılabileceğini göstermiştir. [14]

Genetik algoritma mühendislik, bilim ve ekonomi gibi çok değişik alanlardaki problemlerde başarıyla uygulanmıştır. Bu çalışmalara; gezgin satıcı, yerleşim, atölye çizelgeleme, ders/sınav çizelgelemesi problemlerinin çözümünü örnek gösterebiliriz. Son yıllarda genetik algoritma, optimizasyon problemlerinin çözümü için büyük önem kazanmıştır. Genetik algoritmanın son yıllardaki çalışmaları arasında haberleşme şebekeleri tasarımı, elektronik devre dizaynı, gaz boruları şebeke optimizasyonu, görüntü ve ses tanıma, veri tabanı sorgulama optimizasyonu, uçak tasarımı bulunmaktadır.

II.1.1 Genetik Algoritmanın Özellikleri

Genetik algoritmayı diğer arama yöntemlerinden (tabu arama, benzetilmiş tavlama gibi.) ayıran en belirgin özellikleri çözüm arama şeklinin farklı oluşudur. Aşağıda bu farklılıklar açıklanmaktadır [14].

1. GA, parametrelerin kendisiyle değil, doğrudan parametre kodlarıyla uğraşır.
2. GA tek bir noktadan değil, popülasyonun büyüklüğü kadar noktadan arama yapar.
3. GA, ne yaptığını değil, nasıl yaptığını bilir. Yani GA önceden elde edilmiş bilgiyi değil, sadece amaç fonksiyonundan elde edilen bilgiyi kullanır.
4. GA'nın uygulamasında kullanılan operatörler rastlantısal yöntemlere dayanır; belirli ve kesin yöntemler kullanmazlar.

II.1.2 Genetik Algoritmanın Çalışma Prensibi

Genetik algoritmada kullanılan evrimle ilgili kavramlar, biyolojideki evrim teorisine benzer anlamda kullanılmaktadır. Doğal yaşamda populasyonlar bireylerin bir arada bulunmasıyla oluşmaktadır. GA algoritması için oluşturulan populasyon da çok sayıda bireyin bir araya gelmesiyle, başka bir deyişle çok sayıda olası çözüm adaylarının bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Aday çözümler, probleme uygun şekilde kodlanmış diziler halinde tutulurlar. Bu diziyi oluşturan her bir elemana birey denir. Her bir birey arama uzayında belirli bir bölgeyi temsil eder.

Genetik algoritmada ilk başlangıç bireyleri genellikle rastgele olarak üretilirler; fakat bu bir zorunluluk değildir. Özellikle çok kısıtlı optimizasyon problemlerinde, başlangıç bireylerini oluşturmak için, tanımlanan kısıtlamaların bir kısmına dikkat edilerek daha iyi adaylar oluşturulabilir. Bireylerin, uygunluk fonksiyonu işlemine tabi tutulması sonucunda, çözümün optimal çözüme ne kadar yaklaştığını değerlendiren uygunluk değeri belirlenir. Başlangıç populasyonu oluşturulmuş genetik algoritma üç evrim operatörüyle çalışır. Bunlar; seçim, çaprazlama ve mutasyon operatörleridir. Genel olarak bu operatörlerin her biri, yeni nesilde oluşacak olan populasyonun her bireyine uygulanır.

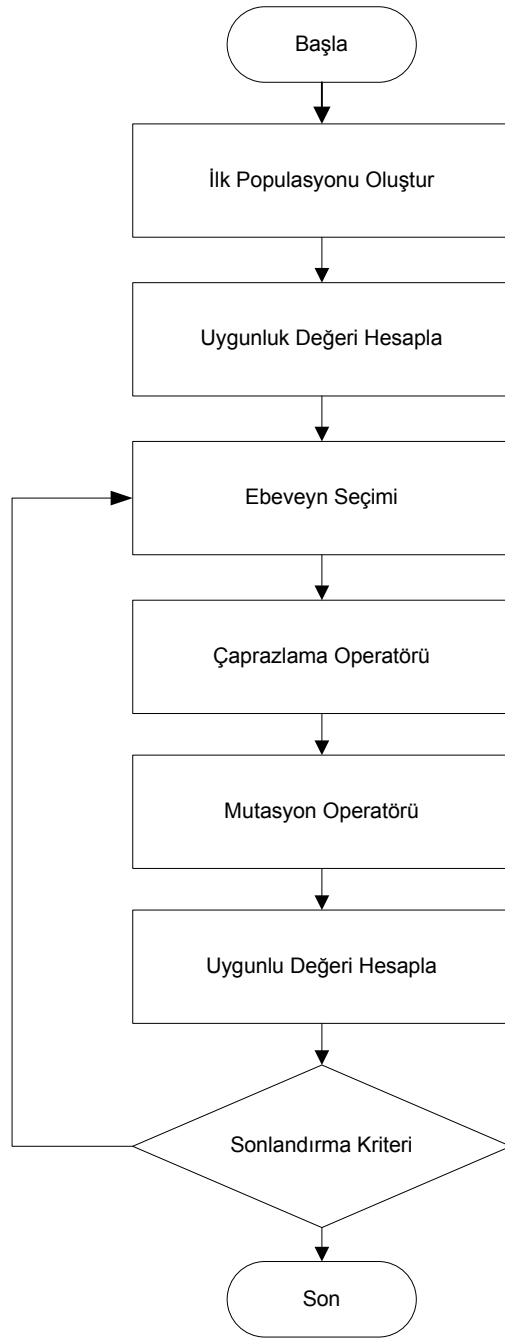
Seçim işlemi, populasyondaki bireyleri uygunluk değerlerine bağlı olarak, yeni bireyleri oluşturmak için, ebeveyn birey seçmesi işlemidir. Çaprazlama operatörü, seçim işleminden sonra uygulanır ve ebeveyn bireylere ait kromozomların belirli kısımlarının karşılıklı yer değiştirmesini ve böylece yeni özellikte bireylerin oluşmasını ifade eder. Mutasyon işlemi ise yeni oluşan bireyin kromozomlarından herhangi birinin içindeki bir geni mutasyon olasılığına bağlı olarak değiştirme işlemidir.

GA parametresinde tanımlanan populasyondaki toplam birey sayısı kadar birey oluştuğunda, yeni bir nesil meydana gelmiş olur. Bu yeni nesil önceki neslin yerini alır. Her nesilde bireylerin temsil ettiği çözüm değerlendirilerek, bulundukları populasyonun en iyi bireyi seçilir. Bulunan en iyi birey, önceki nesillerde bulunan en iyi bireylerden daha iyiye onun yerine geçer. (Elistik Method)

GA'nın işleyişini etkileyen bir diğer faktör de parametrelerdir. Genel olarak bu parametreler populasyon büyüklüğü, mutasyon tipi ve olasılığı, çaprazlama tipi ve olasılığı, nesil sayısı ve seçim operatörünün tipidir. Literatürde, bu parametrelerin uygun değerlerini bulmak için yapılmış teorik veya uygulamaya yönelik pek çok

Çalışma vardır [15, 16]. Fakat bu çalışmalarda bulunan değerler sadece belirli problem tiplerine özgüdür.

Genetik algoritma işlemini sonlandırmak için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemler; algoritmanın çalışması esnasında istenen çözüm bulunduğunda, GA'nın başlangıcında tanımlanan toplam nesil sayısına ulaşıldığında veya uygunluk değeri sürekli olarak sabit kaldığında, bulunan en iyi bireyin temsil ettiği çözüm, problem için bulunmuş en uygun çözüm olarak sunulur.



şekil II.1 Genetik Algoritmanın Yapısı

II.1.3 GA'nın Temel Kavramları

Genetik algoritmada; kısıtlara uyum sağlayan çözüme ulaşmak için algoritma yapısının oluşturulması ve parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir. Aşağıda bu kavramlara ve algoritma için gerekli olan parametrelere yer verilmiştir.

II.1.4 Gen ve Kodlama

Yapısında probleme ait en küçük bilgiyi taşıyan birime gen denir. GA'nın kullandığı programlama yapısında bu gen yapıları programcının tanımlamasına bağlıdır. Bir genin yapısında sadece ikili tabandaki (binary) sayıları içerebileceği gibi, gray, tamsayı, gerçel sayı veya ağaç biçimini ve farklı sembolik ifadeleri de içerebilir [16].

Kodlama biçimi, GA'nın performansını oldukça önemli oranda etkiler; fakat kodlama biçimi programa bağlı olduğundan bütün problemler için geçerli en uygun kodlama biçimini söylemek imkansızdır. Z. Michalewicz belli bir problem tipi için yapmış olduğu çalışmada gerçel sayı gösteriminin daha çabuk sonuca ulaştığını göstermiştir [16].

II.1.5 Kromozom

Bir veya birden fazla gen yapısının bir araya gelerek problemin çözümüne ait bilgilerin bir kısmını oluşturan dizilere kromozom denir [18]. Kromozom, GA yaklaşımında üzerinde durulan en önemli birim olduğu için bilgisayar ortamında iyi ifade edilmesi gerekir.

II.1.6 Birey

Kromozomların bir araya gelmesiyle oluşan yapıya birey denir. Bireyler üzerinde çalışılan problem için, olası çözüm bilgilerini içermektedirler. Her birey problem için bir çözüm adayıdır.

II.1.7 Populasyon

Olası çözüm bilgilerini içeren bireylerin bir araya gelmesiyle oluşan topluluğa populasyon denir. Populasyondaki birey sayısı problemin özelliğine göre, genetik algoritmayı tasarlayan tarafından belirlenir.

Populasyon büyüklüğü, problemin çözüm süresini etkilemektedir. Populasyondaki birey sayısının fazla olması çözüm süresini uzatırken, birey sayısının az olması populasyonun istenen çözüm değerine ulaşamamasına sebep olabilir. Problemin özelliğine göre seçilecek olan populasyondaki birey sayısı genetik algoritmayı hazırlayan tarafından iyi belirlenmelidir. Grefensette, GA için en uygun populasyon büyüklüğünün 10 ile 160 birey arasında olmasının uygun olacağını öne sürmüştür [19, 20].

II.1.8 İlk Populasyonun Oluşturulması

Genetik algoritma, optimal çözümü bulmak amacıyla birden çok noktadan aramaya başladığı için, bu arama noktalarının başlangıç değerlerinin oluşturulması önemlidir. İlk populasyonun genellikle tamamen rastgele atamalarla oluşturulması yerine, tanımlanan kısıtlamaların bir kısmına dikkat edilerek daha iyi adaylar oluşturulmasının araştırmaya zaman kazandırdığı görülmüştür [17].

İlk populasyon için, bireylerin ön tanımlamalar yapılarak oluşturulması, genetik algoritmanın uygulanacağı problemin amacına göre değişmektedir. Eğer problemin çözümünde zaman kazanmak ve başlangıç arama uzayının sınırlarının çizilmesi amacı varsa, ilk populasyonu meydana getiren bireyler oluşturulurken probleme uygun ön tanımlamalar yapılabilir.

II.1.9 Uygunluk Değeri

Genetik algoritmanın çalışması esnasında populasyondaki her bireyin temsil ettiği çözüm değerlendirilerek bireye uygunluk değeri verilir. Populasyondaki ebeveyn bireylerin seçilme olasılığı kendi uygunluk değerleriyle doğru orantılı olarak belirlenebilir. Ayrıca önceki nesilden yeni nesile geçiş yapacak olan bireylere, uygunluk değerlerine bakılarak karar verilmektedir. Bu nedenle her yeni populasyon oluştuğunda populasyonun bütün bireylerinin uygunluk değerleri hesaplanmalıdır.

Uygunluk değerinin hesaplanması, problem için tanımlanan zorunlu ve esnek kısıtlamalara uyup uymamasına göre alacağı değeri hesaplayan fonksiyon(lar) kullanarak yapılır. Populasyondaki her bireyin çözümü, bu fonksiyonlar aracılığıyla incelenerek taşıdığı çözüm hakkında bilgi sahibi olunur. Yeni nesiller üretildikçe, elde edilen çözümler arasındaki olası çakışmalar, zorunlu ve esnek kısıtların farklılıkları, başlangıçtaki çözümlere göre daha az olacağından, uygunluk değerinin hesaplanması için tanımlanan fonksiyonların puanlanması işlemi hassas olmalıdır [17].

II.1.10 Üreme

Üreme, yeni nesilde oluşturulacak bireylerin, eski nesil içerisinde bulunan bireylerden belirlenmesidir. Üreme, ebeveynle özdeş birey üreten bir operatördür. Yaygın olarak kullanılan üreme teknikleri; bütünüyle yer değiştirme, nesil aralığı ve kararlı durum yöntemleridir [20].

II.1.10.1 Bütünüyle Yer Değiştirme

Bu yöntemde, yeni nesildeki bütün bireyler eski nesildeki bireylerle yer değiştirir. Bu yöntemin en önemli dezavantajı, nesil içerisinde yüksek uygunluk değerine sahip olan bireylerin, kendilerini bir sonraki nesile taşıyamadan kaybolma ihtimallerinin olmasıdır. Bütünüyle yer değiştirme yöntemi en eski üreme tekniklerinden biridir.

II.1.10.2 Nesil Aralığı

Bu yöntemde, eski nesildeki bireylerin belli bir sayısının yeni nesil içerisinde yer almasıdır. Örneğin; eski nesildeki bireylerin %50' sinin yeni nesil içerisinde yer alması gibi. Yeri değiştirilecek eski nesildeki bireyler rastgele veya elistik model kullanılarak seçilir. Elistik modelde nesildeki en yüksek uygunluk değerine sahip bireylerin sonraki nesilde yaşaması sağlanır; fakat nesil aralığı yöntemi bireylerin ebeveynlerinden daha yüksek uygunluk değerlerine sahip olmasını garanti etmez.

II.1.10.3 Kararlı Durum

Bu üreme yönteminde her nesilden sadece bir birey silinir ve silinen birey yerine yeni bir nesil üretilir. Böylece her nesilde sadece bir birey üretilmiş olunur [16, 20].

II.1.11 Seçim Yöntemi

Seçim yöntemleri, genel olarak “en iyi olan yaşar” prensibine göre oluşturulur. Amaç; yeni nesilde daha yüksek uygunluğa sahip bireylerin sayısını arttırmaktır. Uygunluk değeri yüksek olan bireylerin sonraki nesile aktarılma olasılıkları daha yüksek olsa da; seçme işlemi, daha düşük değerli bireylerin de seçilmesine olanak sağlayacak şekilde dengeli olmalıdır. Aksi takdirde popülasyon tamamen iyi bireylerden oluşabilir. Bu durumda sonraki nesillerdeki bireylerin uygunluk değerlerinin iyileşmesini önleyecek farklılıklar kaybolabilir.

Genetik algoritmada kullanılan seçim yöntemlerini 3 ana grupta toplayabiliriz.

II.1.12 Uygunluk Değer Orantılı Seçim Yöntemleri

Bu yöntemlerin genel özelliği, bireyleri oluşturmak için kullanılacak ebeveynlerin seçiminde, ebeveynlerin uygunluk değerlerine bakılmasıdır. Bu yöntemler genel olarak; rulet tekerleği, stokastik universal örnekleme’dir.

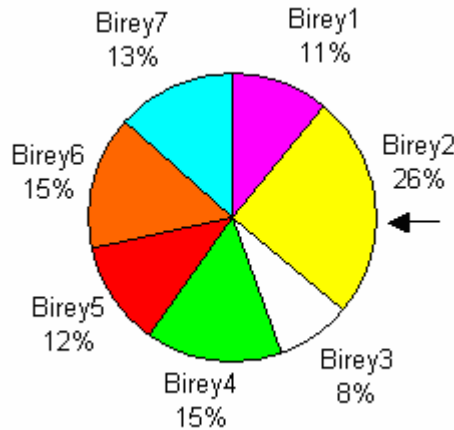
II.1.12.1 Rulet Tekerleği

Bu yöntem, genel olarak rulet oyununa benzetilir. Popülasyondaki bireylerin toplam uygunluk değeri rulet tekerleğinin büyüklüğünü verir. Her birey rulet tekerleğinde uygunluk değeri kadar yer kaplar. Bireyin beklenen seçim olasılığı, bireyin uygunluk değerinin nesildeki tüm bireylerin uygunluk değerlerinin toplamına bölümüdür. Örnek olarak Tablo II.1’de bireylerin beklenen seçim olasılıklarının hesaplanması yöntemi gösterilmiştir.

Tablo II.1 Bireyin Beklenen Seçim Olasılığının Hesaplanması

Bireyler	Birey Puanı	Beklenen Seçim Olasılığı (BSO)	BSO (%)
Birey 1	1950	$1950 / 17950 = 0.11$	11
Birey 2	4700	$4700 / 17950 = 0.26$	26
Birey 3	1450	$1450 / 17950 = 0.08$	8
Birey 4	2750	$2750 / 17950 = 0.15$	15
Birey 5	2000	$2000 / 17950 = 0.12$	12
Birey 6	2750	$2750 / 17950 = 0.15$	15
Birey 7	2350	$2350 / 17950 = 0.13$	13
Toplam Puan	17950		100

Bu yöntemde bazen en iyi bireyin kaybolma ihtimali oluşur. Bunu önlemek için bireyin beklenen seçim olasılığının belli bir katsayı ile çarpılarak ölçekleme yapılması veya elistik model kullanılması gerekli olabilir. Şekil II.2’de rulet tekerleği yöntemi gösterilmiştir.

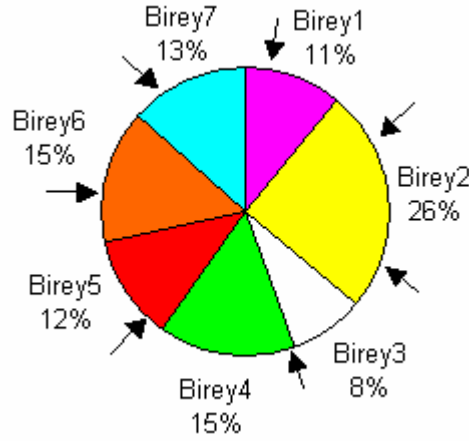


Şekil II.2 Rulet Tekerleği

II.1.12.2 Stokastik Üniversal Örnekleme

Bu seçim yöntemi; rulet tekerleği yönteminde oluşan, beklenen seçim olasılığı ile gerçekleşen seçim değeri arasındaki farkı kapatmak için oluşturulmuştur. Bu seçim yönteminde, rulet tekerleği yönteminde olduğu gibi popülasyonun toplam uygunluk değerine göre bir rulet tekerleği oluşturulur. Bireylerin beklenen seçim olasılıkları Tablo II.1’de gösterilmiştir. Bireyleri seçmek için rulet tekerleği, popülasyondaki birey sayısı kadar çevrilmesi yerine sadece bir kez çevrilir. Popülasyon büyüklüğü kadar eşit aralıklarla yerleştirilmiş rulet işareti vardır. Rulet işaretlerinin

gösterdiği bireyler bir sonraki nesli oluşturmak için ebeveyn olarak seçilir. Şekil II.3’de stokastik universal seçim yöntemine göre popülasyondaki bireylerin seçim olasılıkları görülmektedir [20].

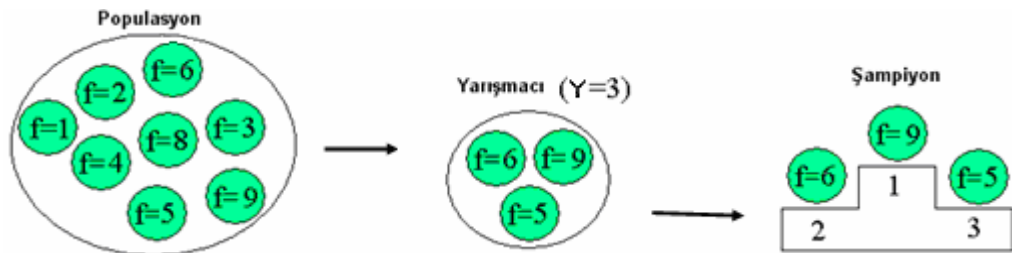


Şekil II.3 Stokastik Ünlversal Örnekleme

II.1.13 Turnuva Seçim Yöntemi

Bu seçim yönteminde, bireyler rastgele olarak gruplanır ve gruptaki bireyler aralarında seçim işlemi yapılmak üzere rekabete sokulur. Grup içinde en yüksek uygunluk değerine sahip olan birey, yeni nesli oluşturmak için ebeveyn bireylerden biri olarak seçilir. Bu işlem, toplam birey sayısına ulaşıncaya kadar devam eder.

Bu yöntemde grup büyüklüğü önemlidir ve seçim yönteminin performansını önemli ölçüde etkiler. Bazı uygulamalarda grup büyüklüğü iki olarak seçilirken, bazılarında çok daha büyük gruplar oluşturulur. Turnuva seçim yöntemi, küçük popülasyonlu uygulamalarda, uygunluk değeri orantılı seçim yöntemlerinden daha iyi sonuç verir. Şekil II.4’te turnuva seçim yöntemi gösterilmiştir. Populasyondaki bireylerin uygunluk değerleri f ile, bireyler arasından rastgele seçilen grup büyüklüğü Y ile gösterilmiştir [20].



Şekil II.4 Turnuva Seçim Yöntemi

II.1.14 Sıralı Seçim Yöntemi

Populasyondaki bireyler uygunluk değerlerine göre büyükten küçüğe sıralanır. Bireyin seçim şansı, uygunluk değerinden çok oluşturulan liste içindeki yerine bağlıdır. En iyi bireyden başlanarak bir azalan işlev yardımıyla bireylere kopya sayısı belirlenir. Bir fonksiyon yardımıyla atanan kopya sayıları yeni neslin oluşturulmasında kullanılır. Bu yöntemi Baker geliştirmiştir ve Baker'in doğrusal atama fonksiyonu bu yöntemde kullanılmaktadır[20]. Aşağıda doğrusal atama fonksiyonunun algoritması verilmiştir.

- i. Populasyondaki her birey uygunluk değerine göre büyükten küçüğe göre sıralanır.
- ii. Son sıradaki bireyin beklenen seçim değeri hesaplanır. (Max)
- iii. z adımı, i numaralı sıradaki bireyin beklenen seçim şansı bulunur.
$$\text{Min} + (\text{Max} - \text{Min}) \times ((\text{Sıra}_{(i,z)} - 1) / (P - 1)) \quad (2.1)$$
Burada Min = 1, bireyin seçilme şansı azdır. (Min = 2 – Max) olarak seçilir.
Max = (1 ≤ Max ≤ 2) olarak seçilir.
- iv. İşlem P populasyon büyüklüğüne ulaşınca kadar devam eder.

II.1.15 Çaprazlama Operatörü

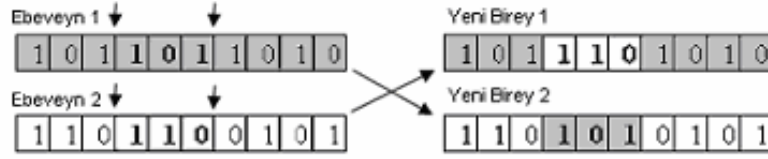
Bu operatörde ebeveyn olarak seçilen iki bireyin temsil ettiği çözümlerin belirli parçaları karşılıklı olarak yer değiştirilerek yeni özellikte bireyler oluşturulur.

Genetik algoritmada çaprazlama noktası rastgele seçilir. GA'da geleneksel olarak çaprazlama nokta sayısı birdir. Fakat daha fazla çaprazlama noktası kullanımını teklif eden deneysel çalışmalar vardır [16]. Çaprazlamadan sonra oluşan yeni bireyler, yeni populasyonu oluşturacak olan bireylerdir. İki tip önemli çaprazlama operatörü vardır:

- 1-) N-nokta çaprazlama
- 2-) Tekdüze çaprazlama

II.1.15.1 N-nokta Çaprazlama

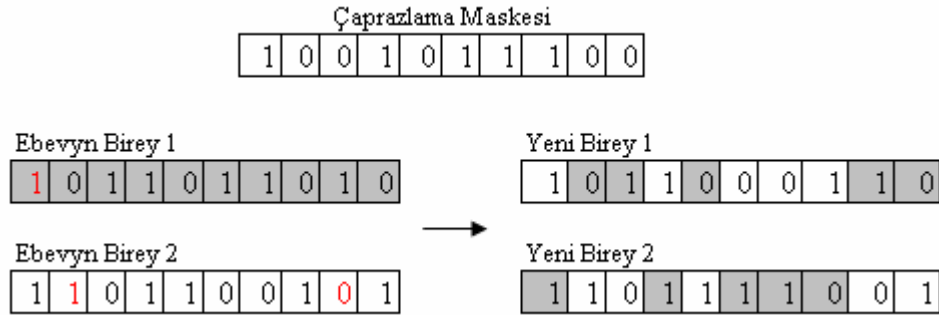
Bu çaprazlama yönteminde, N adet çaprazlama noktası rastlantısal olarak seçilir. Örnek olarak şekil II.5'te iki noktadan çaprazlama yapılmış ve seçilen 3 adet genden yeni bireyler oluşturulmuştur. Bireylere çaprazlama işleminin uygulanma olasılığı probleme göre değişmektedir. Genetik algoritma içerisinde çaprazlama olasılığı parametre olarak tanımlanmaktadır.



Şekil II.5 İki Noktadan Çaprazlama

II.1.15.2 Tekdüze Çaprazlama

Bu çaprazlama yönteminde, rastgele çaprazlama maskesi oluşturulur. Birinci ve ikinci bireylerin genlerinin, çaprazlama maskesiyle örtüşen genlerinin kopyalanması yöntemiyle yeni bireyler oluşturulur. Çaprazlama maskesindeki her bir gen, hangi bireyden kopyalama yapılacağını belirtmektedir. Eğer genin değeri 1 ise birinci bireyin geninden, 0 ise ikinci bireyin geninden kopyalanacağı anlamına gelmektedir. Şekil II.6'te tekdüze çaprazlama yöntemi gösterilmiştir.



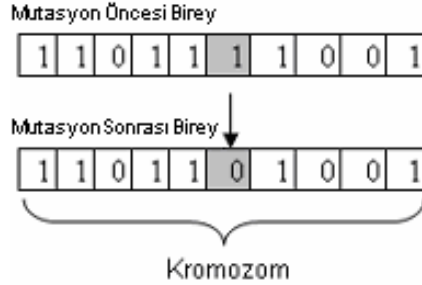
Şekil II.6 Tekdüze Çaprazlama

II.1.16 Mutasyon Operatörü

Genetik algorithmada çözüm, belli bir nesil sayısından sonra populasyon içerisindeki bireyler gitgide birbirlerine benzemektedir. Bu durum çözüm uzayının daralmasına neden olmaktadır. Bireylere ne kadar çaprazlama operatörü uygulansa da belli bir nesil sayısından sonra birey çeşitliliği sağlanmamaktadır. Bu durumda bireyi oluşturan genlerden rastgele bir tanesi seçilir. Rastgele seçilen genin değeri değiştirilir. Böylelikle populasyon içindeki bireylerin çeşitliliğinin devamı sağlanmış olunur. Ancak mutasyon operatörünün uygulanma olasılığı doğru belirlenmelidir.

Mutasyon olasılığının yüksek olması, çözüm olasılığının çok genişlemesine sebep olur. Bu da problemin çözüm süresini geciktirir. Literatürde mutasyon olasılığı %1 ile %0.1 arasında değişmektedir.

Son çalışmalar, mutasyon operatörünün genetik algorithmada önemli bir rol oynadığını göstermektedir [16]. Özellikle az sayıda bireyden oluşan populasyonlarda sistemin performansını mutasyon olasılığı belirler [20]. Şekil II.7' de mutasyon operatörünün yapısı gösterilmiştir.



Şekil II.7 Mutasyon Operatörü

Yapılan bazı çalışmalarda ise dinamik mutasyon ve çaprazlama olasılığı kullanılmıştır. Bu çalışmalarda, nesil sayısı arttıkça mutasyon olasılığı artmakta fakat çaprazlama olasılığı azalmaktadır [20].

II.1.17 Düzeltme Operatörü

Genetik algoritma çözümünde kullanılan çaprazlama ve mutasyon operatörleri, blok halinde bilgi taşıyan genlerin değerlerini değiştirmektedir. Bu durumda, problem için tanımlanan kısıtların, blok halinde bilgi taşıyan genlerinin

değişmesinden sonra istenmeyen durumlar oluşmaktadır. Böyle bir durum, çözüm uzayının aşırı genişlemesine sebep olmaktadır. Düzeltme operatörünü kullanarak, çözüm uzayının aşırı genişlemesi durdurulur. Ayrıca tanımlanan kısıtların, blok halinde bilgi taşıyan genlerinin değişmesi sonrasında, istenmeyen durumlar ortadan kaldırılır. Böylelikle bireyin kısıtlara olan uygunluğu artırılmış olunur.

BÖLÜM III

PROBLEMİN MODELİ VE ALGORİTMASI

III.1 PROBLEMİN İNCELENMESİ

Eğitim kurumlarında haftalık ders programı hazırlama işlemi, çizelgeleme çeşitlerinden biridir. Belirli kısıtlar kapsamında ilgili dönemde açılan bütün derslerin zaman çizelgelemesine yerleştirilmesi amaçlanır. Belirtilen kısıtların çok çeşitli olması ve işlenecek verinin büyük boyutlarda olması ders programı hazırlama problemini zor bir hale getirmektedir. Bu şekildeki problemlerin çözümüne kısa bir zamanda ulaşabilmek için sezgisel arama tekniklerinden biri olan genetik algoritma kullanılmıştır.

Genetik algoritma; kesin çözümü bulmak neredeyse imkansız olduğunda, makul bir zamanda uygun çözümü bulabilmek için geliştirilmiş bir yöntemdir. Genetik algoritmada sonuca ulaşmak için; seçim, çaprazlama, mutasyon ve düzeltme operatörlerinden yararlanılmıştır.

Genetik algoritmanın haftalık ders programı çizelgelemesi problemine uygulanabilmesi için ders, dersane, sınıf ve öğretmen bilgilerinin tanımlandığı bir yazılım geliştirilmiştir. Yazılım, bu bilgileri kullanarak ve tüm kısıtları göz önünde bulundurarak, bir müfredat döneminin haftalık ders programı çizelgelemesini hazırlamaktadır. Ders çizelgeleme probleminin gerçek verilerle uygulanabilmesi için Marmara Üniversitesi seçilmiştir.

Marmara Üniversitesi'nde lisans eğitimi döneme dayalı olarak gerçekleşmektedir. Üniversitedeki her fakültenin, hatta her bölümün ders programı farklı yapıda olabilmektedir. Bu tezde, Teknik Eğitim Fakültesi'nin Elektronik-Haberleşme ve Bilgisayar-Kontrol bölümlerinin ders programı çizelgelemesi için

ders, dershane, sınıf ve öğretmen bilgileri tanımlanmıştır. Bölümlerin dönemlik müfredat programına göre öğrenciler 5 ile 8 adet arası ders almak durumundadır.

Zaman çizelgesi, haftada 5 gün ve günde 10 saat olarak düzenlenmektedir. Bu durumda bir haftada 50 saat ders işlenmektedir. Günlük program içerisinde ilk 5 saat sabah saatleri, arada 1 saat öğle tatili, son 5 saat de öğleden sonra olarak kabul edilmiştir.

Yaptığımız tezde üzerinde çalıştığımız zaman çizelgeleme problemi, bir haftalık ders zaman çizelgesi hanelerinin, seçtiğimiz Elektronik-Haberleşme ve Bilgisayar–Kontrol bölümlerinde açılan bütün derslerin buluşma saatlerini en uygun biçimde yerleştirir. Şekil III.1’ de haftalık ders çizelgelemesinin gün ve ders saatleri görülmektedir.

	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma
08:40 - 09:20	1	11	21	31	41
09:20 - 10:00	2	12	22	32	42
10:10 - 10:50	3	13	23	33	43
10:50 - 11:30	4	14	24	34	44
12:30 - 13:10	5	15	25	35	45
13:10 - 13:50	6	16	26	36	46
14:00 - 14:40	7	17	27	37	47
14:40 - 15:20	8	18	28	38	48
15:30 - 16:10	9	19	29	39	49
16:10 - 16:50	10	20	30	40	50

Şekil III.1 Haftalık Ders Saatleri

Derslerin uygun biçimde haftalık zaman çizelgelemesine yerleştirilebilmesi için belirli kısıtlamaları ve tanımlı olan öğretmen, sınıf, ders ve dershane bütünlüğünü sağlaması gerekir. Kısıtlar birçok uygulamada zorunlu kısıtlar ve esnek kısıtlar olmak üzere iki gruba ayrılmışlardır. Yaptığımız uygulamada zorunlu ve esnek kısıtların çok fazla olması sebebiyle kullanıcı arayüzlü bir program geliştirilmiştir.

III.2 GA’NIN, DERS ÇİZELGELEME PROBLEMİNİN ÇÖZÜMÜNDE KULLANILMASI

Genetik aloritmada kullanılan terimlerin, eğitim kurumları için haftalık ders programı çizelgelemesinin çözümünde ifade edilen karşılıkları aşağıda kısaca açıklanmıştır.

- | | |
|-------------------------|---|
| 1-Populasyon | : Haftalık ders programı çözümlerinin oluşturduğu topluluğu ifade eder. |
| 2-Birey | : Haftalık ders programı çizelgelemesi çözümlerinden herbirini ifade eder. |
| 3-Kromozom | : Çizelgeleme çözümünü ifade eden bir ders saatinin ders, öğretmen, sınıf, dersane ve ders tipi gibi özelliklerini belirtir. |
| 4-Gen | : Kromozomu oluşturan özelliklerin her birini ifade eder. |
| 5-Uygunluk değeri | : Olası ders programı çözümünün, belirlenen zorunlu ve esnek kısıtlara ne derece yakınsadığını ifade eder. |
| 6-Çaprazlama operatörü | : Seçilen iki bireyin temsil ettiği çözümlerin bir bölümünün karşılıklı olarak yer değiştirerek yeni özellikte iki bireyin oluşmasıdır. |
| 7-Mutasyon operatörü | : Seçilen bireyin temsil ettiği çözümün bir kromozomunun değişikliğe uğratılmasıdır. |
| 8-Düzeltilme fonksiyonu | : Bireyin zorunlu ve esnek kısıtlara uygunluğunu arttırmak için kromozom yapılarının değiştirilmesidir. |
| 9-Üreme | : Seçilen bireyin yeni nesile aktarılmasıdır. |

III.2.1 Ders Çizelgeleme Probleminin Modeli

Aşağıda, eğitim kurumları için haftalık ders programı çizelgelemesi probleminde ele alınacak parametrelerin tanımı verilmektedir:

- $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ ders saati çizelgesini temsil eder.
- $N = \{n_1, n_2, \dots, n_n\}$ tanımlanan kısıtları temsil eder.
- $B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$ bireyleri temsil eder.
- $K = \{k_1, k_2, \dots, k_n\}$ bireydeki kromozom sayısını temsil eder.
- $O = \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$ öğretmenleri temsil eder.
- $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$ dersleri temsil eder.
- $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ sınıfları temsil eder.
- $L = \{l_1, l_2, \dots, l_n\}$ dershaneleri ve laboratuvarları temsil eder.
- $G = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$ günleri temsil eder.
- $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$ bir gün içerisindeki ders saatlerini temsil eder.
- $C = \{c_{dt1}, c_{dt2}, \dots, c_{dtn}\}$ her ders için toplam ders saatini vermektedir.
- $M = \{m_{ds1}, m_{ds2}, \dots, m_{dsn}\}$ her ders için tanımlı sınıfların sayısını verir.

III.2.2 Kısıtlar

Ders programı zaman çizelgeleme kısıtları, eğitim kurumlarının ihtiyaçları gözetilerek düzenlenmiştir. Kısıtlar, öğrenci ve öğretim elemanlarının performansının yükseltilmesi, öğretim elemanların isteklerinin karşılanması, mevcut dershanelerin ve laboratuvarların verimli kullanılması ve idari ihtiyaçlara cevap verebilmesi esas alınarak oluşturulmuştur.

Kısıtlar; zorunlu ve esnek olarak iki gruba ayrılır. Zorunlu kısıtlar üç ana grupta toplanabilir. Bunlar; ders kısıtları, öğretmen kısıtları ve sınıf kısıtlarıdır. Esnek kısıtlar isteğe bağlı olarak tanımlanmıştır. Her bir kısıt, çizelgeleme programı çalıştırılmadan önce açılabilir ya da kapatılabilir. Açılan her kısıt sistem tarafından sağlanmaya çalışılır.

Kısıtlar içerisinde yardımcı ders ve grup tanımlı ders adıyla bazı kavramlardan bahsedilmiştir. Bu kavramları açıklayacak olursak;

Yardımcı ders, bir teorik dersin işlenmesinden sonra arada başka bir ders saati bulunmadan uygulama dersi adı altında yardımcı bir dersin atanması olarak ifade edilir. Örneğin bilgisayar dersi teorik olarak 2 saat işlendikten sonra, bu ana dersin sonrasındaki saatlerde bilgisayar laboratuvarı dersi işlenebilir. Bu laboratuvar dersi, yardımcı ders olarak ifade edilir

Grup ders; bir ders laboratuvar tipinde olarak tanımlıysa ve laboratuvarın öğrenci kapasitesi, dersi alacak sınıfın öğrenci mevcudundan az ise, bu sınıfı 2. gruba ayırmak gerekebilir. Böylelikle sınıfın 1. grubu laboratuvara girerken diğer 2. grup aynı dersi alamamaktadır.

III.2.3 Başlangıç Durumu Kısıtları

İlk popülasyon için, bireylerin ön tanımlamalar yapılarak oluşturulması, genetik algoritmanın uygulanacağı problemin amacına göre değişmektedir. Eğer problemin çözümünde zaman kazanmak ve başlangıç arama uzayının sınırlarının çizilmesi amacı varsa, ilk popülasyonu meydana getiren bireyler oluşturulurken probleme uygun ön tanımlamalar yapılabilir. Yaptığımız tez çalışmasındaki ön tanımlamalar aşağıda gösterilmiştir.

1. Derse, o dersi alacak sınıflar atanır.
2. Derse, o dersi alacak sınıfların öğretmenleri atanır.
3. Ders için başka bir yardımcı ders tanımlıysa, zaman çizelgesinde bu yardımcı dersin asıl dersin ardındaki saatlere yerleştirilmesi sağlanır.
4. Tanımlı olan fakat müfredat döneminde açılmayacak olan derslerin çizelgeleme atamaları yapılmaz.
5. Ders için zorunlu dersane tanımlı ise, derse bu dersane atanır.
6. Dersin tipi “Genel Ders” olarak tanımlıysa; rastgele atanacak dersane, okuldaki tüm dersaneler yerine sadece dersane tipi “Genel Ders” olan dersaneler arasından olacaktır.
7. Ders için tanımlı öğretmen birden fazlaysa, iki sınıfın ortak işlediği ders için aynı öğretim elemanının iki sınıfa da tanımlı olması gerekir.

III.2.4 Zorunlu Kısıtlar

Haftalık ders programı çizelgelemesinin geçerli olabilmesi için kabul edilen bazı zorunlu durumlar vardır. Bu durumlar ders, sınıf, öğretmen ve dersane içerisinde çakışma olmamasını ve tanımlanan isteklerine uymasını sağlamalıdır.

III.2.4.1 Ders Kısıtları

1. Ders, istenmeyen saatlere atanmamalıdır. (ZD1)
2. Bir dersi farklı sınıflar aynı zamanda alamazlar. Bu kısıtın geçerli olması için iki farklı sınıfın, o dersi ortak işleyecekleri tanımlı olmaması gerekir. (ZD2)
3. Bir dersi iki farklı sınıf aynı zamanda ortak işleyecekse, bu iki sınıfın o ders için saatleri, öğretmenleri ve dersaneleri aynı olmalıdır. (ZD3)
4. Ders için zorunlu dersane tanımlı ise, derse bu dersane atanmalıdır. (ZD4)
5. Ders için istenmeyen dersane tanımlı ise, derse bu dersane atanmamalıdır. (ZD5)
6. Dersin bitiş saati, başlangıç saatinden farklı bir günde olmamalıdır. (ZD6)
7. Ders için tanımlı yardımcı ders varsa, asıl dersin başlangıç saati ile yardımcı dersin bitiş saati farklı günlerde olmamalıdır. (ZD7)
8. Farklı dersler aynı yardımcı dersi kullanmamalıdır. (ZD8)
9. Bir ders yardımcı ders olarak tanımlıysa, o derse başka bir yardımcı ders atanamaz. (ZD9)
10. Bir dersi alacak sınıf iki farklı gruba ayrılmışsa, sınıfın 1. grubu ile 2. grubu farklı gün ve saatlerde, aynı dershanede aynı öğretmen tarafından dersi işleyebilirler. (ZD10)

III.2.4.2 Öğretmen Kısıtları

1. Bir öğretmen, birden fazla derse atanmışsa, farklı sınıflar için aynı saatte farklı derslere atanamaz. (ZO1)
2. Bir öğretmen, farklı sınıflar için aynı saatte aynı dershaneye atanamaz. Bu koşulun geçerli olması için öğretmenin aynı dersi iki sınıfa da ortak işleyecek koşulu bulunmamalıdır. (ZO2)

3. Grup olarak tanımlanmış farklı derslerin farklı gruplarının dersleri aynı zamanda işlendiğinde öğretmenleri aynı atanamaz. (ZO3)
4. Eğer iki sınıf bir dersi ortak alıyorsa, bir öğretmen bu ders için iki farklı sınıfa atanabilir. Çünkü bu ortak ders aynı dershanede işlenecektir. (ZO4)

III.2.4.3 Sınıf Kısıtları

1. Sınıf, istenmeyen saatlerde ders işlememelidir. (ZS1)
2. Sınıf, bir ders için gruplara ayrılmamışsa, aynı saatte farklı derslere giremez. (ZS2)
3. Sınıf, gruplu olan birden fazla derse atanmışsa sınıfın farklı grupları, gruplu olan derslerin farklı grubuyla aynı anda ders işleyebilir. (ZS3)
4. Farklı sınıflar aynı saatte aynı dershanede bulunamazlar. Bu kısıtın geçerli olması için iki farklı sınıfın dersi ortak işleyeceklerinin de tanımlı olmaması gerekir. (ZS4)
5. Sınıf mevcudu, dershanenin öğrenci kapasitesinden fazla olmamalıdır. (ZS5)
6. İki farklı sınıf bir dersi ortak alıyorsa, iki sınıfın toplam öğrenci mevcudu atanacak olan dershanenin öğrenci kapasitesinden fazla olamamalıdır. (ZS6)

III.2.5 Esnek Kısıtlar

1. Öğretmen, istemediği ders saatlerine atanmamalıdır. (E1)
2. Dersler arası boş saatler mümkün olduğunca azaltılmalıdır. (E2)
3. Bir dersi alacak sınıf iki gruba ayrılmışsa, sınıfın 1. grubu dersi işlerken, 2. grup başka bir dershanede, yine iki gruba ayrılmış başka bir dersi işleyebilir. Böylece; aynı sınıfın iki grubu, aynı anda farklı dersleri alarak zamandan da kazanmış olur. (E3)
4. Bir dersin toplam ders saati 5'ten fazlaysa, herhangi bir günün ilk saatine atanabilir. (E4)

III.2.6 Kısıtlara Verilen Ceza Puanları

Ders programı çizelgelemesi için popülasyondaki tüm bireylere genetik algoritma operatörleri uygulandıktan sonra uygunluk değerlerinin bulunması için ceza fonksiyonlarına tabi tutulurlar. Ceza fonksiyonları çizelgelemede oluşacak tüm çakışmaları, zorunlu ve esnek kısıtlamaları dikkate alarak puan vermektedir.

Ders çizelgeleme çakışmalarının ve kısıtlarının önem sırası ceza puanı için önem teşkil etmektedir. Tablo III.1’de zorunlu ve esnek kısıtlara verilen ceza puanları belirtilmektedir. Tabloda esnek kısıtlar “E” harfiyle , zorunlu kısıtlar da “Z” harfiyle ifade edilmiştir. Zorunlu kısıtlar içerisindeki ders kısıtları “D”, öğretmen kısıtları “O” ve sınıf kısıtları “S” harfleriyle ifade edilmiştir. Kısıtların numarası zorunlu ve esnek kısıt listesindeki sıra numaralarıyla ifade edilmektedir.

Tablo III.1 Kısıtlara Verilen Ceza Puanları

Kısıt No	Kısıt Kodu	Ceza Puanı
1	E1	-1
2	ZS1	-2
3	ZD1	-3
4	ZD4	-4
5	ZD5	-5
6	ZD2	-6
7	ZS4	-7
8	ZS2	-8
9	ZD6	-9
10	ZD7	-10
11	ZO1	-11
12	E3	-1
13	E4	-1
14	E2	-1
15	ZD10	-8

III.2.7 Ders Çizelgeleme Çözümünün Gösterimi

Aday çözümleri temsil eden bireylerdeki her kromozom; dersin, bir ders saati ile buluşmasına karşılık gelir. Bir dersi temsil eden kromozomların sayısı, dersin haftalık toplam ders saati ve dersi alacak sınıfların sayısı ile orantılıdır. Bu verilerin çarpımı, her ders için toplam kromozom sayısını vermektedir.

$$\text{Ders Kromozom Sayısı (DKS)} = \sum_{x=1}^c \sum_{y=1}^m (c_{dtx} * m_{dsy}) \quad (3.1)$$

Problemde haftalık işlenecek ders saati sayısı haftanın gün sayısının, günlük toplam ders saati ile çarpılması sonucu bulunur. Bulunma yöntemi aşağıda gösterilmiştir. Bu ifadedeki T haftalık işlenecek ders saati, G eğitim günü sayısını ve Z ise günlük toplam ders saatini göstermektedir.

$$T = G * Z \quad (3.2)$$

Bir bireyi oluşturan kromozomların toplam adedi, dersleri meydana getiren kromozomların bir araya gelerek toplanması sonucu elde edilir. Bu ifade içerisindeki DKS, her ders için toplam kromozom sayısını göstermektedir.

$$\text{Birey Kromozom Sayısı (BKS)} = \sum_{x=1}^D (\text{DKS}_x) \quad (3.3)$$

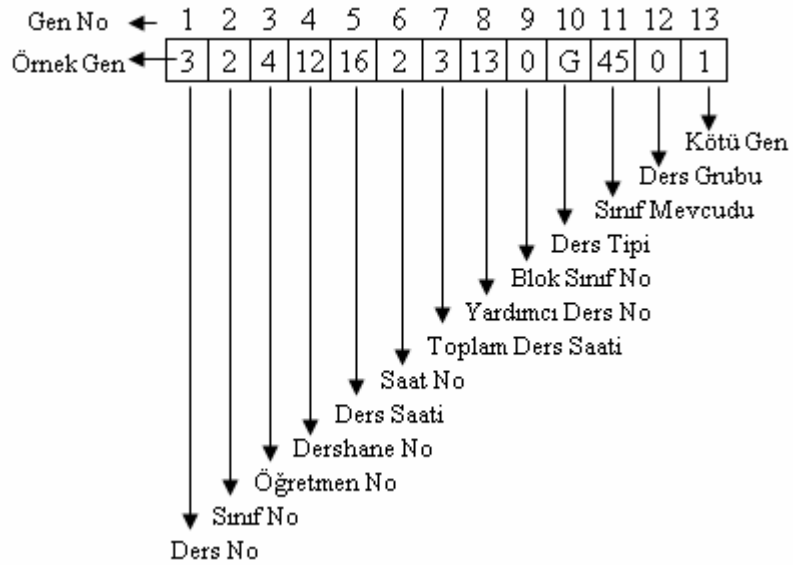
Uygunluk fonksiyonu, herhangi bir kısıta uymayan bir atamanın cezalandırılması yöntemiyle hesaplanmaktadır. Bu ifade içerisinde BKS bireyi meydana getiren kromozomların sayısını, N tanımlı olan kısıtları, Kisit_bul(K_x , N_y) fonksiyonu ceza puanlarının verildiği fonksiyonu ifade eder. K_x değeri ders buluşması-çizelge eşleşmesini, N_y değeri kısıtı ne kadar ihlal ettiğini belirtir.

$$\text{Birey Uygunluk Değeri (BUD)} = \sum_{x=1}^{\text{BKS}} \sum_{y=1}^N \text{Kisit_bul}(K_x, N_y) \quad (3.4)$$

III.2.8 Problemin Kromozom Tanımı

Haftalık ders programı çizelgelemesini tanımlayan en önemli yapı taşı kromozomdur. Literatürde yapılmış olan çalışmaların kromozom yapıları incelenmiş ve problemin çözümüne olan katkıları araştırılmıştır. Bu araştırmalar sonucunda kromozom yapısının, problemin ifade edilmesi biçiminde ve problemin çözümündeki performansında büyük etkisi olduğu gözlenmiştir.

Ders programı çizelgelemesi probleminin kromozomu, çözümü en iyi ifade edebilecek şekilde ve en iyi performansı alacak şekilde tasarlanmıştır. Kromozom yapısında problemi tanımlayan bilgiler bulunmaktadır. Bu bilgiler ders, sınıf, öğretmen, dershane, ders saati, dersin kaçınıcı saati, dersin toplam ders saati sayısı, dersin yardımcı dersinin tanımı, dersin iki sınıf tarafından ortak işlenmesi, dersin tipi, derse atanan sınıfın mevcudu, dersin grup numarası ve kötü gen tanımıdır. Şekil III.2’de kromozom yapısı gösterilmiştir.



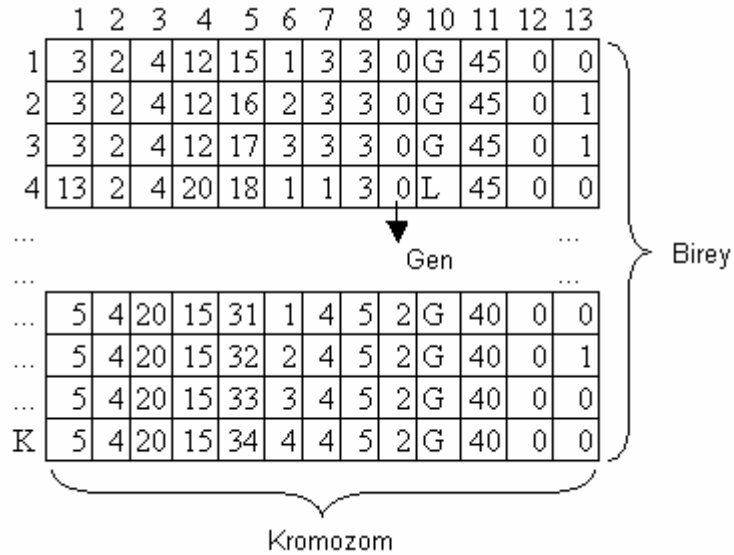
Şekil III.2 Örnek Kromozom Yapısı

Tablo III.2’de kromozomun iç yapısı oluşturan her genin işlevi örneklerle açıklanmıştır.

Tablo III.2 Örnek Kromozom Tanımı

1-Ders No	3	Bilgisayar 1
2-Sınıf No	2	1 BK
3-Öğretmen No	4	Vedat Topuz
4-Dershane No	12	D 205
5-Ders Saati	16	Salı 6. saat (13:10-13:50)
6-Saat No	2	15=>1 16=>2 17=>3
7-Toplam Ders Saati	3	Haftalık Ders Saati
8-Yardımcı Ders No	13	Bilgisayar Laboratuvar Dersi
9-Blok Sınıf No	0	Ortak ders işlenecek sınıf yok.
10-Ders Tipi	G	G: Genel Ders L: Laboratuvar
11-Sınıf Mevcudu	45	Sınıf mevcudunu belirtir.
12-Ders Grubu	0	0 = Tüm sınıf 1 = 1.Grup 2 = 2.Grup
13-Kötü Gen	1	0 = Kısıtlara uyuyor 1 = Kısıtlara uymuyor

Kromozomların sayısı formül 3.3 ‘de hesapladığımız ”Birey Kromozom Sayısı (BKS)” değerine bağlı olarak belirlenmektedir. Şekil III.3’ de ders programı çizelgelemesi için olası çözüm adaylarını temsil eden bireyin yapısı gösterilmiştir.



Şekil III.3 Bireyin Kromozom Dizisi

III.2.9 İlk Populasyonun Oluşturulması

İlk populasyonun oluşturulması işleminde, bireyleri meydana getiren kromozomlar tek tek uygun bir çözüml için oluşturulur. Kromozomlara işlenen verilerle, derslerin dershanelere ve haftanın zamanlarına en uygun şekilde yerleştirilmesi sağlanır.

Öncelikle tanımlı olan derslere, o dersi alacak sınıflar atanır. Atanan sınıflar ilgili dersin toplam ders saati kadar kromozomuna kopyalanır. Oluşturulan kromozoma dersin öğretmeni atanır. Eğer derse atanan öğretmen sayısı birden fazla ise kromozomdaki öğretmen atamaları sınıf bazında yapılır. Böylelikle bir dersin öğretmeni ve dersi alacak sınıfı belirlenmiş olur. Sonraki adımda dersin ilk saatine rastgele bir ders saati atanır ve toplam ders saati kadar, sıradaki kromozomlara dersin sonraki saatleri atanır. Bir sonraki adımda eğer ders için yardımcı ders tanımlıysa, zaman çizelgesinde bir yardımcı dersin ana dersinin ardındaki saatlere yerleştirilmesi sağlanır.

Bu adımlar tamamlanıp temel kromozomlar oluşturulduktan sonra dersane atama işlemi başlatılır. Ders için zorunlu bir dersane tanımlı ise belirtilen zorunlu dersane atanır. Dersin tipi "Genel Ders" olarak tanımlıysa, rastgele atanacak dersane, eğitim kurumundaki tüm dershaneler yerine sadece dersane tipi "Genel Ders" olan dershaneler arasından olacaktır. Zorunlu yada rastgele atanan dershaneler dersin ilk saatinden toplam ders saatine kadar olan kromozomlara da aynı dersane bilgileri atanmaktadır.

Bu koşullar göz önünde bulundurularak bütün kromozomlar oluşturulmaktadır. Oluşan kromozomlar bireyleri, bireylerde populasyonu oluşturmaktadır. Rastgele verilerden meydana gelen populasyonun her bireyinin temsil ettiği çözümlün optimal çözüme ne kadar yaklaştığını değerlendirmek, genetik algoritmanın bir sonraki adımıdır.

III.2.10 Uygunluk Değerinin Hesaplanması

Ders programı çizelgelemesi probleminin çözümünde bireylerin uygunluk değerlerini belirlemeye yarayan bir uygunluk fonksiyonu vardır. Uygunluk değeri herhangi bir zorunlu yada esnek kısıta uymayan bir atamanın, bireyin uygunluk puanının düşürölmesi yöntemiyle hesaplanır.

Uygunluk fonksiyonu, zorunlu ve esnek kısıtların tamamını, bireyin her bir kromozomu için tek tek değerlendirir. Uygunluk fonksiyonu kısıtların tamamını değerlendirebilmesi için alt fonksiyonlara ayrılmıştır. Bu alt fonksiyonlar Bölüm III’ de belirtilen zorunlu ve esnek kısıtları, bireyin kromozomlarını ele alarak değerlendirir. Eğer değerlendirilen kromozom, yani bireyin temsil ettiği bir ders saatlik çözüm, kısıtlardan herhangi birine uymuyorsa ceza puanı verilir. Her bir nesilde o popülasyonun en yüksek uygunluk değerine sahip birey, en iyi birey olarak seçilmiştir.

III.2.11 GA Operatörlerinin Uygulanması

Ders programı çizelgelemesi probleminin çözümünde kullanılan genetik algoritmanın, seçim, çaprazlama, mutasyon ve düzeltme operatörleri hakkında detaylı bilgi verilecektir.

III.2.12 Seçim Operatörü

Populasyondan birey seçim işleminde uygun değer orantılı bir seçim yöntemi olan rulet tekerleği yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde popülasyondaki bireylerin toplam uygunluk değeri rulet tekerliğinin büyüklüğünü verir. Her birey rulet tekerleğinde uygunluk değeri kadar yer kaplar. Bu yöntem bölüm II’de detaylı olarak açıklanmıştır.

Ders programı çizelgelemesi probleminin çözümünde öncelikle bir nesildeki tüm bireylerin uygunluk değerleri toplanarak, popülasyonun toplam uygunluk değeri bulunur. Bireyin uygunluk değeri popülasyonun toplam uygunluk değerine bölünerek, bireyin beklenen seçim olasılığı bulunmuş olunur. Bireylerin seçim olasılıkları bir araya gelerek rulet tekerleğini oluşturur. Bu işlem adımından sonra sıfır (0) ile toplam seçim olasılığı arasında rastgele bir sayı üretilir. Ardından sırasıyla bütün bireylere bakılarak üretilen sayının bulunduğu aralık belirlenir. Belirlenen aralığa denk gelen birey, ebeveyn olarak seçilir.

Populasyondaki iyi bireylerin seçilmeden kaybedilmesi ihtimali göz önünde bulundurularak sonraki nesile popülasyon içerisinde belli sayıda uygunluk değeri en yüksek olan bireyler geçirilir. (Elistik Model)

Şekil III.4’ te seçim operatörünün algoritma yapısının bilgisayar koduna dönüşmüş şekli görülmektedir.

```
for(m = 0; m < iBireySayisi; m++)
    iToplamPuan += Bireyler[m].iDogrulukPuan;

iAile[0] = Bireyle[0].iDogrulukPuan / iToplamPuan * 10000;

for(m = 1; m < iBireySayisi; m++){
    birey0 = (Birey) Bireyler[m];
    iAile[m] = iAile[m-1] Bireyle[0].iDogrulukPuan / iToplamPuan * 10000;
}

for (i = 0; i < 10; i++)
    yeniPopulasyon.Add(Bireyler[i]);

for (long j=i; j < iBireySayisi; j +=2 ){
    int iPuan1 = RastgeleBireyBul(0, iAile[iBireySayisi - 1]);
    int iPuan2 = RastgeleBireyBul (0, iAile[iBireySayisi - 1]);

    for(m = 0; m < iBireySayisi; m++)
        if (iPuan1 <= iAile[m]) break;

    iSayi1 = m;

    for(m = 0; m < iBireySayisi; m++)
        if (iPuan2 <= iAile[m]) break;

    iSayi2 = m;

    while (iSayi1 == iSayi2){
        iPuan2 = RastgeleBireyBul(0, iAile[iBireySayisi - 1]);
        for(m = 0; m < iBireySayisi; m++)
            if (iPuan2 <= iAile[m]) break;
        iSayi2 = m;
    }

    Birey birey1 = (Birey) Bireyler[iSayi1];
    Birey birey2 = (Birey) Bireyler[iSayi2];
    ...
}
```

Şekil III.4 Seçim Operatörü Kodu

III.2.13 Çaprazlama Operatörü

Bu çalışmada çaprazlama işlemi ile popülasyondan seçilen bireylerden yeni özelliklere sahip bireylerin oluşturulması hedeflenmiştir. Çaprazlama işlemine tabi tutulacak bireyler rulet tekerleği yöntemiyle seçilirler. Seçilen bireylere çaprazlama işlemini uygulamak için bireyin kromozomlarından iki farklı nokta seçilerek çaprazlama yöntemi uygulanır. Çaprazlama operatörü, oluşacak yeni bireylerin ebeveynlerinden daha iyi uygunluk değerine sahip olacağını garanti etmez.

Ders programı çizelgelemesinin çözümünde iki nokta çaprazlama operatörünün yanı sıra tek noktadan, üç noktadan çaprazlama yöntemleri denenmiştir. Bu yöntemler arasında en kısa zamanda en uygun çözümlere ulaşan iki noktadan çaprazlama yöntemi olarak bulunmuştur. Aşağıda iki noktadan çaprazlama yönteminin bu tez çalışmasındaki işlem basamakları anlatılmıştır.

1. Öncelikle seçilen bireyler için rastgele bir kromozom noktası seçilir. Seçilecek rastgele nokta (kromozom), bir dersin ilk saati değilse seçilen noktadan dersin ilk saatinin kromozomuna gidilir. Örneğin kromozom numarası 20 gelsin. 20 numaralı kromozom toplam 3 saatlik dersin 2. saatine denk gelmişse çaprazlama işlemini uygun bir şekilde yapabilmek için, dersin 1. saatinin olduğu kromozomu seçmemiz gerekir. Bu durumda 20 numaralı kromozom 2. saat ise 19 numaralı kromozom 1. saate denk gelmektedir. Şekil III.5’ te bu işlemin kromozom yapısı gösterilmiştir.

..	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
18	5	4	20	15	31	1	4	5	2	G	40	0	0	
19	3	2	4	12	15	1	3	3	0	G	45	0	0	
20	3	2	4	12	16	2	3	3	0	G	45	0	1	
21	3	2	4	12	17	3	3	3	0	G	45	0	1	
22	13	2	4	20	18	1	1	3	0	L	45	0	0	
..														...

} Ders

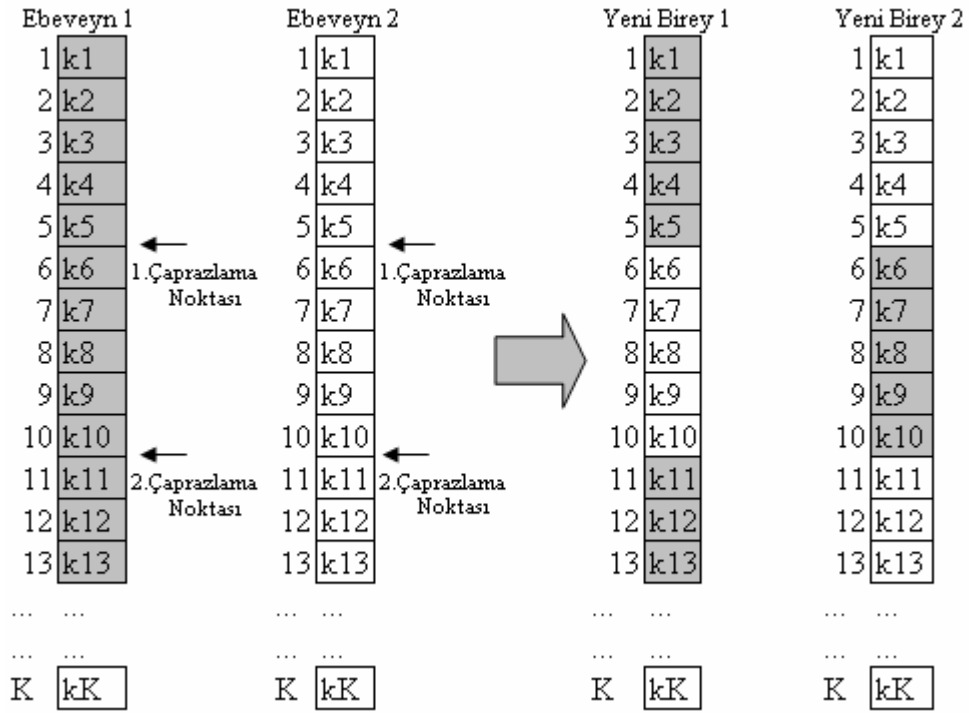
Şekil III.5 Çaprazlama İşlemi Uygulanan Kromozom

2. İlk kromozom noktası belirlendikten sonra ikinci kromozom noktası belirlenir. İkinci kromozom noktası ilk kromozomun bulunduğu yer ile bireyi

oluşturan toplam kromozom uzunluğu arasında herhangi bir yerde olabilir. İkinci kromozom noktası dersin toplam saatinin son saatine denk gelecek şekilde olmalıdır. Eğer seçilen kromozom, dersin son saatinden farklı bir saatte ise kromozom sayısı aradaki saat farkı kadar arttırılır.

3. Her iki kromozom noktası belirlendikten sonra bireyler bu noktalardan bölünerek kromozomları çapraz bir şekilde yer değiştirir.

Şekil III.6’ da ebeveyn bireylerin çaprazlanacak kromozom noktaları belirlenerek çaprazlama işlemine tabi tutulması ve yeni bireylerin oluşturulması süreci gösterilmiştir.



Şekil III.6 Çaprazlama İşlemi

Şekil III.7’ de iki noktadan çaprazlama operatörünün bilgisayar koduna dönüştürülmüş şekli verilmiştir.

```
CaprYeniBirey1 = new Birey();
CaprYeniBirey2 = new Birey();

CaprYeniBirey1.BireyGenleri = new Gen[iGenSayisi];
CaprYeniBirey2.BireyGenleri = new Gen[iGenSayisi];
```

```

for (m = 0; m < iIlkCaprYeri; m++){
    CaprYeniBirey1.BireyGenleri[m]= CaprazlanacakBirey.BireyGenleri[m];
    CaprYeniBirey2.BireyGenleri[m]= BireyGenleri[m];
}

for (i = iIlkCaprYeri; i <= iSonCaprYeri; i++){
    CaprYeniBirey1.BireyGenleri[i] = BireyGenleri[i];
    CaprYeniBirey2.BireyGenleri[i] = CaprazlanacakBirey.BireyGenleri[i];
}

for (j = i; j < iGenSayisi; j++){
    CaprYeniBirey1.BireyGenleri[j] = CaprazlanacakBirey.BireyGenleri[j];
    CaprYeniBirey2.BireyGenleri[j] = BireyGenleri[j];
}

```

Şekil III.7 Çaprazlama Operatörü Kodu

III.2.14 Mutasyon Operatörü

Çaprazlama işleminden geçen bireyler sonraki nesil için 2 adet yeni birey meydana getirmişlerdir. Yeni bireyler belli bir oranda mutasyona uğratılarak popülasyonda çeşitliliğe sebep olmaktadırlar. Ders programı çizelgelemesi çalışmasında tek noktadan, iki noktadan, sadece dersane geni mutasyonu, sadece ders saati geni mutasyonu ve kötü-kromozom gibi farklı mutasyon yöntemleri tek tek denenmiştir. Bu yöntemlerin dışında iki farklı mutasyon operatörünün aynı algoritma içinde birlikte kullanılmasında test edilmiştir. İki farklı mutasyon operatörünün kullanılması problem çözümünde daha fazla birey çeşitliliğine sebep olmuştur. Böylelikle istenilen çözüme ulaşmada daha az zaman harcanmıştır. Aşağıda bu tez çalışmasında kullanılan mutasyon yönteminin işlem basamakları anlatılmıştır.

1. Bireyin mutasyon işleminden geçip geçmeyeceğini belirlemek için rastgele bir sayı üretilir. Bu sayı, GA parametreleri içerisinde bulunan mutasyon olasılığı sınırları içerisinde bulunuyorsa birey mutasyon işlemine tabi tutulur.
2. Çaprazlama işleminde olduğu gibi bireyi oluşturan kromozomlardan biri rastgele seçilir. Seçilen rastgele kromozomun dersinin saati, toplam ders saatinin ilk saatine denk geliyorsa kromozom numarası mutasyon işlemi için kabul edilir. Eğer kromozomun ders saati ilk saate eşit değilse, ilk saati bulunacak şekilde kromozom numarası belirlenir. Şekil III.8’ de mutasyon işlemine uğrayacak bireyin kromozom yapısı gösterilmektedir.

..	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
18	5	4	20	15	31	1	4	5	2	G	40	0	0	
19	3	2	4	12	15	1	3	3	0	G	45	0	0	
20	3	2	4	12	16	2	3	3	0	G	45	0	1	
21	3	2	4	12	17	3	3	3	0	G	45	0	1	
22	13	2	4	20	18	1	1	3	0	L	45	0	0	
..														...

Şekil III.8 Mutasyon İşlemi Uygulanan Kromozom

3. Seçilen kromozoma rastgele bir ders saati atanır. Atanan ders saati toplam ders saati kadar kromozoma birer saat artırılarak yerleştirilir.
4. Bir sonraki adımda kromozoma dersane atanır. Dersin tipi “Genel Ders” olarak tanımlıysa rastgele bir dersane atanır. Dersin tipi “Laboratuar” olarak tanımlıysa herhangi bir dersane ataması yapılmaz. Bunun sebebi, dersin tipi “laboratuar” ise tanımlı olan zorunlu dershanesi zaten atanmıştır

Diğer bir mutasyon operatörü de “kötü-kromozom” mutasyondur. Uygunluk değerinin hesaplanması sırasında, zorunlu ve esnek kısıtlara uymayan yada çakışmalara sebep olan kromozomlara işaret konulmaktadır. Bu işaret, kromozomun düzeltilmesi gerektiği anlamına gelmektedir. Bir diğer ifade şekli ise kötü-kromozomdur. Kötü-kromozom mutasyon yönteminin, tek nokta mutasyon yönteminden farkı, rastgele kromozom numarası bulmak yerine, rastgele kötü-kromozom işareti olan kromozomları bulmaktır. Daha sonra bilinen mutasyon işlemlerini uygulamaktadır. Şekil III.9’da kötü kromozom işareti olan bireyin kromozom yapısı görülmektedir.

...	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
18	5	4	20	15	31	1	4	5	2	G	40	0	0	
19	3	2	4	12	15	1	3	3	0	G	45	0	1	
20	3	2	4	12	16	2	3	3	0	G	45	0	1	
21	3	2	4	12	17	3	3	3	0	G	45	0	1	
22	13	2	4	20	18	1	1	3	0	L	45	0	0	
...														
...														

Kötü Kromozom İşareti

Şekil III.9 Kötü-Kromozom Mutasyon Operatörü

Kötü kromozom mutasyon operatöründe uygulanan işlemler, bireyin hatalı bulunan kromozomlarının ders saati ve dersane bilgilerinin değişime uğratılmasıdır. Bu yöntem bireyin uygunluk değerinin daha iyi olacağı garantisini vermez. Çünkü atanan yeni ders saati ve dersane bilgileri de çakışmalara yada kısıtlara uymaması gibi koşullar ortaya çıkarabilir. Şekil III.10’ da tek noktadan mutasyon operatörünün bilgisayar koduna dönüştürülmüş şekli verilmiştir.

```
iSaat = SecDersSaati();
BireyGenleri[iMutYeri1].iDersSaati = iSaat;
iMutYeri1 += 1;
iSaat += 1;
iKontrolSaati = 2;

while ( iGecTopDersSaati >= iKontrolSaati ){
    if (iIlkTopDersSaati != 0){
        if (iIlkTopDersSaati >= iKontrolSaati)
            if (BireyGenleri[iMutYeri1].sDersTip == "G")
                BireyGenleri[iMutYeri1].iDershaneNo = Populasyon.iDhnDizi[iSayi1,0];
            else
                if (BireyGenleri[iMutYeri1].sDersTip == "G")
                    BireyGenleri[iMutYeri1].iDershaneNo =Populasyon.iDhnDizi[iSayi2,0];

        }else{
            if (BireyGenleri[iMutYeri1].sDersTip == "G")
                BireyGenleri[iMutYeri1].iDershaneNo = Populasyon.iDhnDizi[iSayi1,0];
        }

        BireyGenleri[iMutYeri1].iDersSaati = iSaat;
        iKontrolSaati += 1;
        iMutYeri1 += 1;
        iSaat += 1;
    }
}
```

Şekil III.10 Mutasyon Operatörü Kodu

III.2.15 Düzeltme Operatörleri

Ders programı çizelgelemesi probleminin çözümünde kullanılan çaprazlama ve mutasyon operatörleri, bazı kısıtların istenmeyen durumlarının oluşmasına sebep olmaktadır. Bu durum çözüm uzayının aşırı genişlemesine sebep olmaktadır.

Çözüm uzayının aşırı genişlemesini durdurmak ve bazı zorunlu kısıtların çözümde daha çabuk bulunabilmesi için düzeltme operatörleri kullanılmaktadır. Aşağıda bu düzeltme operatörlerinin işleyiş biçimleri ve probleme etkileri anlatılmıştır.

III.2.15.1 Düzeltme I Fonksiyonu

Zorunlu kısıtlar içerisinde “ Bir dersi iki farklı sınıf aynı zamanda ortak işleyecekse, bu iki sınıfın o ders için saatleri, öğretmenleri ve dershaneleri aynı olmalıdır” koşulu yer almaktadır. Çaprazlama ve mutasyon işleminde tabi tutulan bireyler işlemler sonrası bu kısıt için ders saati yada dershanesi değişmiş olarak yeni bireyler oluşturmaktadır. Böyle bir durumda düzeltme I fonksiyonu dersi ortak alacak sınıfları inceler. Saatleri ve dershanesi farklı olan sınıfları bulup ders bilgilerinin aynı olmasını sağlar.

III.2.15.2 Düzeltme II Fonksiyonu

Esnek kısıtlar içerisinde “Bir dersi alacak sınıf iki gruba ayrılmışsa, sınıfın 1. grubu dersi işlerken, 2. grup başka bir dershanede, yine iki gruba ayrılmış başka bir dersi işleyebilir. Böylece; aynı sınıfın iki grubu, aynı anda farklı dersleri alarak zamandan da kazanmış olur ” koşulu yer almaktadır. Çaprazlama ve mutasyon işleminde tabi tutulan bireyler işlemler sonrası bu esnek kısıt için ders saatleri değişmiş olarak yeni bireyler oluşturmaktadır. Böyle bir durumda düzeltme II fonksiyonu sınıfın 2. grubuna aynı saatlerde farklı derslerin farklı dershanelerinde ve farklı öğretmenlerle ders işlemesine sağlar.

III.2.15.3 Düzeltme III Fonksiyonu

Esnek kısıtlar içerisinde “Bir dersin toplam ders saati 5’ten fazlaysa, herhangi bir günün ilk saatine atanabilir “ koşulu yer almaktadır. Bireylerin genetik algoritma operatörleri sonucu yeni bireyler oluşturma işleminde ders saatlerinde istenmeyen durumlar oluşmaktadır. Bu durumlar genellikle toplam ders saati 5’in üzerinde olan derslerde görülmektedir. Düzeltme III fonksiyonu ile toplam ders saati 5’ten fazla olan ve kromozomu hatalı olarak işaretlenmiş olan derslerin saatlerini, haftanın herhangi bir günün ilk saatine atama işlemini gerçekleştirir.

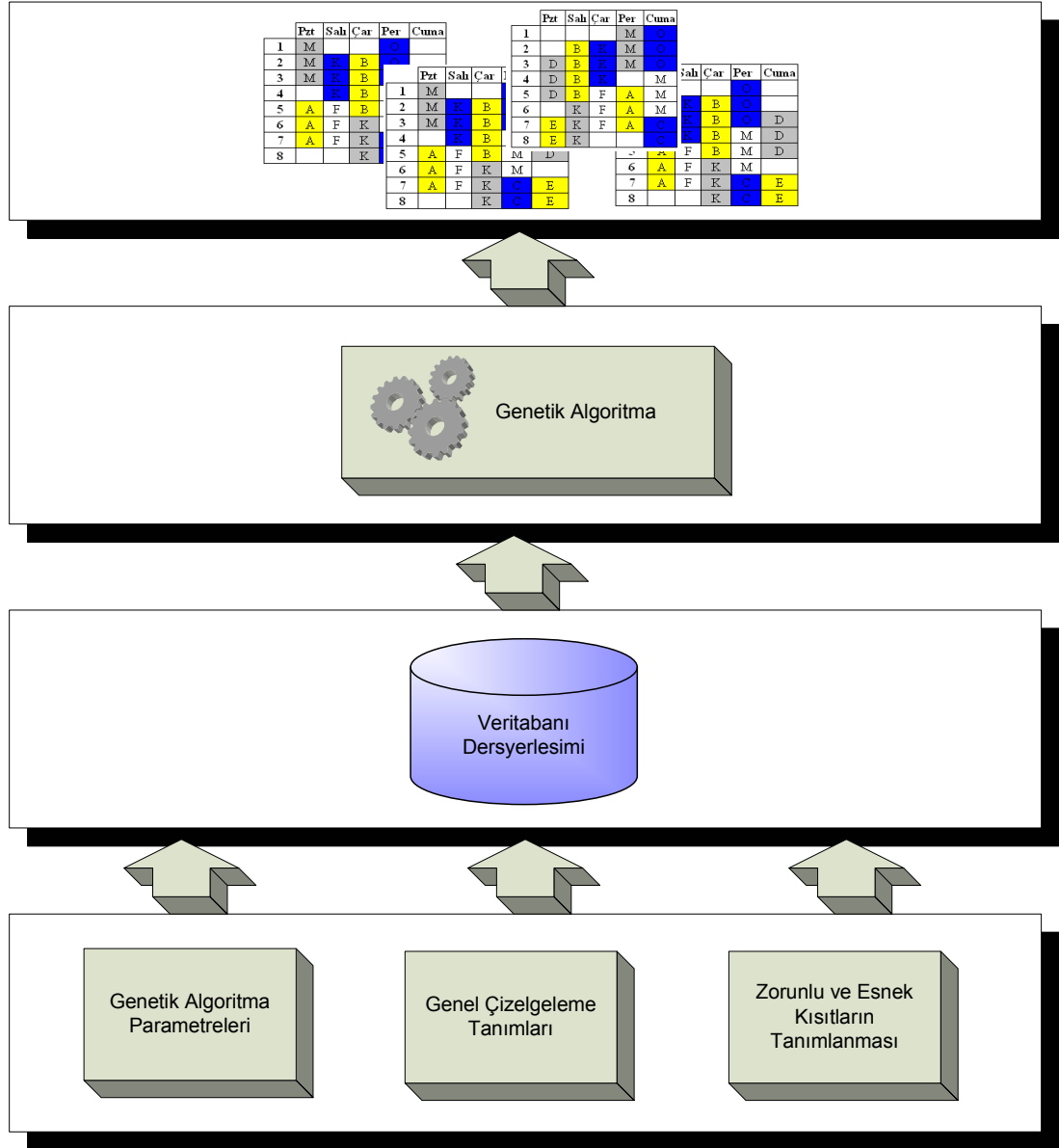
BÖLÜM IV

DERS ÇİZELGELEME YAZILIMI

IV.1 YAZILIM TANITIMI

Eğitim kurumlarındaki ders, dersane, sınıf ve öğretmen bilgilerinin tanımlandığı bir yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılım genetik algoritma aracılığıyla eğitim kurumlarının haftalık ders programlarını hazırlayabilmektedir. Programa "Okul Ders Programı " kelimelerinden oluşan ODEP ismi verilmiştir. Bu bölümde öncelikle yazılımın ana yapısı ve tanımlama pencereleri açıklanacaktır. Daha sonra yazılımın verileri sakladığı veritabanı yapısı açıklanacaktır.

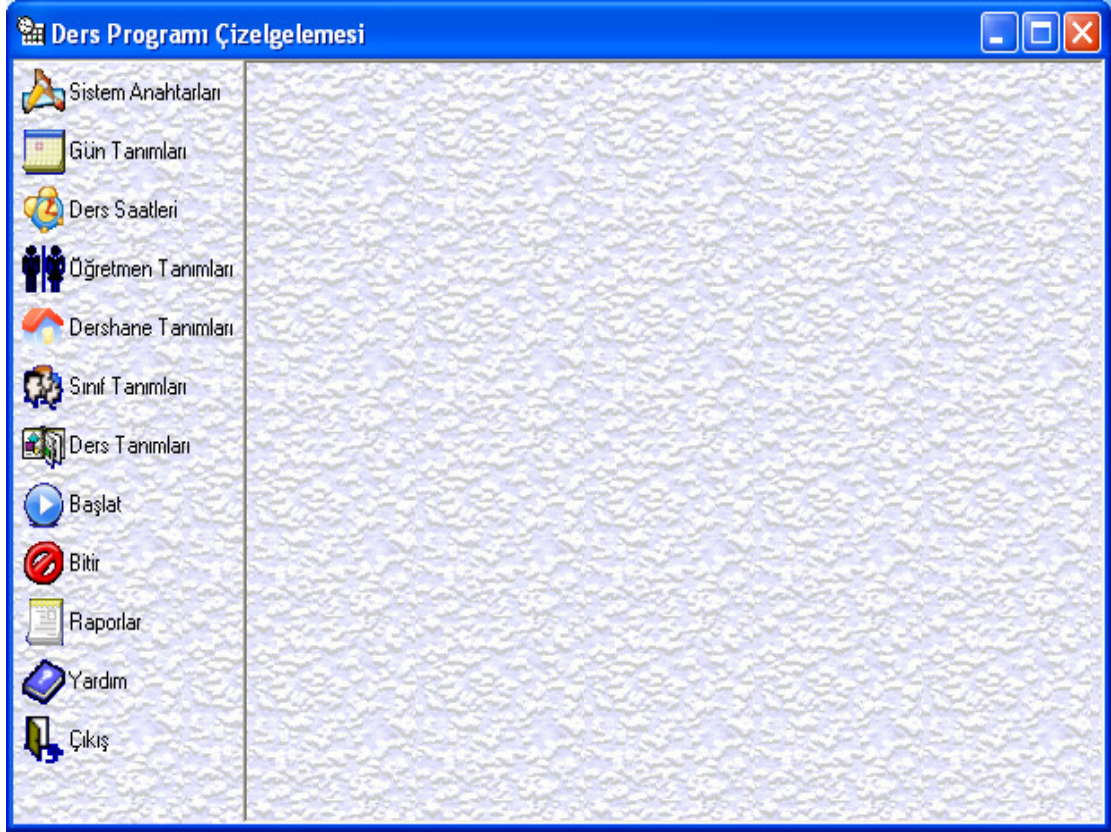
ODEP yazılımı Microsoft firmasının Visual Studio .NET geliştirme ortamında bulunan C#.NET dilinde geliştirilmiştir [21, 22]. Programda hazırlanan ara yüz pencereleri aracılığıyla genetik algoritmanın parametreleri, ders, dersane, sınıf ve öğretmen bilgileri ve tüm kısıtlar tanımlanabilmektedir. Bu bilgilerin saklandığı ortam için Microsoft firmasının SQL Server 2000 veritabanı seçilmiştir [23]. Genetik algoritmanın seçim, çaprazlama, mutasyon ve düzeltme operatörleri yardımıyla haftalık ders programının hazırlanması sağlanmaktadır. Algoritmanın belli koşullar altında sonlandırılmasından sonra çözümlerin ekrandan alınması bölümü yer almaktadır. Bu bölümde öğretmen, sınıf, dersane seçenekleriyle istenilen haftalık ders programı çizelgelemesine erişmek mümkündür. Şekil IV.1' de ODEP programının şeması görülmektedir.



Şekil IV.1 Programın Şeması

ODEP programı 9 ana pencereden oluşmaktadır. Bu pencereler GA parameterlerinin ve program işleyişinin belirlendiği "Sistem Anahtarları" penceresi, haftalık ders programının hangi günler olduğunu belirleyen "Gün Tanımları" penceresi, eğitim kurumlarında bir gün içerisindeki derslerin başlangıç ve bitiş saatlerinin tanımlandığı "Ders Saatleri" penceresi, öğretmen bilgilerinin girildiği "Öğretmen Tanımları" penceresi, eğitim kurumundaki dershane ve laboratuvar bilgilerinin girildiği "Dershane Tanımları" penceresi, sınıf bilgilerinin girildiği "Sınıf Tanımları" penceresi, Ders bilgilerinin girildiği "Ders Tanımları" penceresi, haftalık ders programı hazırlama için algoritmayı çalıştırarak en uygun çözümü aramaya

yarayan bölüm ve son olarak elde edilen haftalık ders çizelgelemesinin sınıf, öğretmen ve dersane bazında raporlarının alınması sağlayan "Raporlar" penceresi yer almaktadır. Şekil IV.2' de ODEP yazılımının ana penceresi görülmektedir.



Şekil IV.2 ODEP Yazılımı Görünümü

ODEP yazılımında veri giriş pencereleri aracılığıyla tanımlanan bilgiler, GA parametreleri ve tüm kısıtlar veritabanına taşınmaktadır [24, 25, 26]. Bu veriler algoritmanın uygun çözümü bulmak için çalıştırılması esnasında veritabanındaki ilgili tablolardan bilgisayarın hafızasına yerleştirilmektedir. Böylelikle algoritma çalışmaya başladığında her yeni nesil için kısıtların ve parametrelerin değerlerini veritabanından öğrenmek zorunda kalınmaz. Günümüzde bir işlemin hafıza üzerinden erişilmesi veritabanı üzerinden erişilmesinden çok daha fazla hızlıdır. Bu yöntem uygun çözümü bulmak için harcanan zamanı çok kısaltmaktadır.

Bu bölümde ODEP programı için temel olan pencerelerin işlevleri ve amaçları belirtilerek detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

IV.1.1 Sistem Anahtarları Penceresi

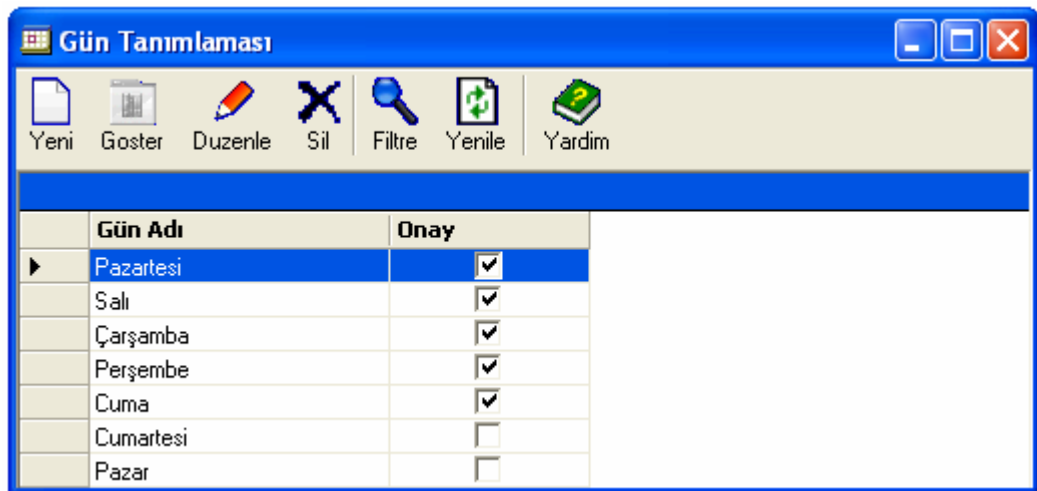
Sistem anahtarları penceresi yazılımın kullanımında kolaylık sağlayan seçenekleri, GA parametre bilgilerini ve algoritmanın çalışmasında deneylerde bulunan farklı yöntemleri seçme imkanı tanımaktadır. Şekil IV.3'te sistem anahtarları penceresi görülmektedir.



Şekil IV.3 Sistem Anahtarları Penceresi

IV.1.2 Gün Tanımları Penceresi

Gün tanımları penceresi eğitim kurumunun ders programında haftanın hangi günlerinde ders işleneceği bilgilerinin girildiği bölümdür. Şekil IV.4'te gün tanımları penceresi görülmektedir.



Şekil IV.4 Gün Tanımları Penceresi

IV.1.3 Ders Saatleri Penceresi

Ders saatleri penceresi eğitim kurumunun ders programında bir gün içerisinde işlenen derslerin başlangıç ve bitiş saatlerinin bilgilerinin girildiği bölümdür. Şekil IV.5’ te ders saatleri penceresi görülmektedir.



	Ders Numarası	Başlangıç Saati	Bitiş Saati
	1	08:40	09:20
	2	09:20	10:00
	3	10:10	10:50
▶	4	10:50	11:30
	5	12:30	13:10
	6	13:10	13:50
	7	14:00	14:40

Şekil IV.5 Ders Saatleri Penceresi

IV.1.4 Öğretmen Tanımları Penceresi

Öğretmen tanımları penceresi, ders programı çizelgelemesinde yer alacak öğretmenlerin tanımlandığı penceredir. Şekil IV.6’ da öğretmen tanımları penceresi görülmektedir.



	Kodu	Öğretmen Adı	Açıklama	Aktif
	LB	Lütfü Bilgiç		☒
▶	MG	Melda Genç	Eğitim Öğretmeni	☒
	MM	Mustafa Meral	Eğitim	☒
	MO	Mustafa Onat		☒
	MU	Mehmet Utkan	İngilizce Okutman	☒
	NA	Nuran Akkul	Eğitim Öğretmeni	☒

Şekil IV.6 Öğretmen Tanımları Penceresi

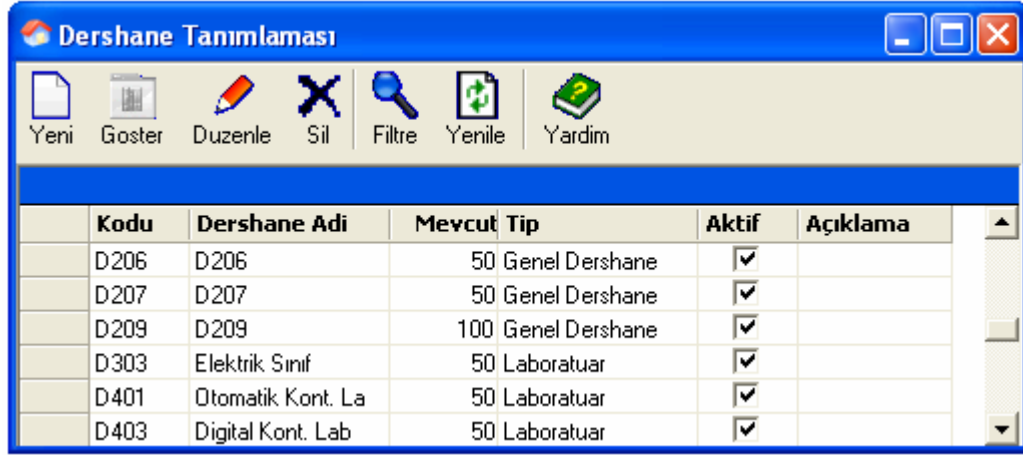
Bu bölümde ayrıca öğretmenin haftalık ders saatleri içerisinde kendisi için uygun olmayan zamanları belirleme imkanı bulunmaktadır. Bunun için öğretmen tanımlarının düzenlenmesi bölümünde “Öğretmenin İstemediği Zamanlar” tanımlama penceresi bulunmaktadır. Bu pencere yardımıyla haftalık ders programı içerisinde öğretmen için uygun olmayan ders saatleri belirtilerek, genetik algoritma aracılığıyla öğretmenin o ders saatlerine ataması yapılmamaya çalışılmaktadır. Şekil IV.7’ de “Öğretmenin İstemediği Zamanlar“ penceresi görülmektedir.

Unique	Öğr No	Öğr. Ko	Öğretmen Adı	İstenmeyen Zamanlar
17	22	AA	Aynur Akar	2
18	22	AA	Aynur Akar	11
19	22	AA	Aynur Akar	12
20	22	AA	Aynur Akar	21
21	22	AA	Aynur Akar	22

Şekil IV.7 Öğretmenin İstemediği Zamanlar Penceresi

IV.1.5 Dershane Tanımları Penceresi

Dershane tanımları penceresi ders programı çizelgelemesinde yer alacak dershanelerin tanımlandığı penceredir. Dershanenin ”Genel Dershane” yada ”Laboratuar” tipinde seçenekleri mevcuttur. Dershane için zorunlu bir ders tanımlamak isteniyorsa bu pencereden yapabilmektedir. Ayrıca dershanenin öğrenci kapasitesi de tanımlanarak sınıfların dershaneye uygun bir şekilde atanıp atanamayacağı belirlenmektedir. Şekil IV.8’de dershane tanımları penceresi görülmektedir.



Şekil IV.8 Dershane Tanımları Penceresi

IV.1.6 Sınıf Tanımları Penceresi

Sınıf tanımları penceresi ders programı çizelgelemesinde yer alacak sınıfların tanımlandığı penceredir. Sınıfların haftalık ders saatleri içerisinde uygun olmayan zamanları belirleme imkanı bulunmaktadır. Bunun için sınıf tanımlarının düzenlenmesi bölümünde “Sınıf için Uygun Olmayan Zamanlar” tanımlama penceresi bulunmaktadır. Bu pencere yardımıyla haftalık ders programı içerisinde sınıf için uygun olmayan ders saatleri belirtilerek, sınıfın o ders saatlerinde ataması yapılmamaktadır. Şekil IV.9’da “Sınıf için Uygun Olmayan Zamanlar“ penceresi görülmektedir.



Şekil IV.9 Sınıf için Uygun Olmayan Zamanlar Penceresi

Ayrıca sınıfın toplam öğrenci mevcudu da bu pencereden belirtilmektedir. Böylelikle sınıfların dershaneye uygun bir şekilde atanıp atanamayacağı belirlenmektedir. Şekil IV.10’da sınıf tanımları penceresi görülmektedir.



Sınıf Kodu	Sınıf Açıklaması	Mevcut	Aktif
1BK	Bilgisayar ve Kontrol 1	41	☒
2BK	Bilgisayar ve Kontrol 2	42	☒
3BK	Bilgisayar ve Kontrol 3	43	☒
4BK	Bilgisayar ve Kontrol 4	44	☒
1BH	Elektronik ve Haberleşme 1	45	☒
2BH	Elektronik ve Haberleşme 2	46	☒

Şekil IV.10 Sınıf Tanımları Penceresi

IV.1.7 Ders Tanımları Penceresi

Ders Tanımları penceresi ders programı çizelgelemesinde yer alacak derslerin tanımlandığı penceredir. Bu pencerede öncelikle ders bilgileri girilmektedir. Dersin bir hafta içindeki toplam ders saati sayısı, başka bir dersin yardımcı ders konumunda olması gibi özellikleri mevcuttur.

Bunun yanında dersin "Genel Ders" yada "Laboratuar" tipinde seçenekleri mevcuttur. Bu seçenek algoritma çalışırken çözüme yardımcı olmaktadır. Dersin tipi "Genel Ders" olarak tanımlıysa; rastgele atanacak dersane, okuldaki tüm dershaneler yerine sadece dersane tipi "Genel Ders" olan dershaneler arasından olacaktır. Dersin tipi "Laboratuar" ise kromozom yapısına, tanımlı olan zorunlu dershanesi atanmaktadır.

Ayrıca bölüm III’te bahsedildiği gibi, dersi iki gruba ayırarak tanımlama imkanı bulunmaktadır. Böylelikle dersi alacak sınıf iki gruba ayrılmışsa, sınıfın 1. grubu dersi işlerken, 2. grup başka bir dershanede, yine iki gruba ayrılmış başka bir dersi işleyebilir. Böylece; aynı sınıfın iki grubu, aynı anda farklı dersleri alarak zamandan da kazanmış olur

Dersin temel özellikleri girildikten sonra ders için "Öğretmen Seçimi" penceresinden o derse atanacak öğretmen(ler) tanımlanır. Sonraki adımda ders için

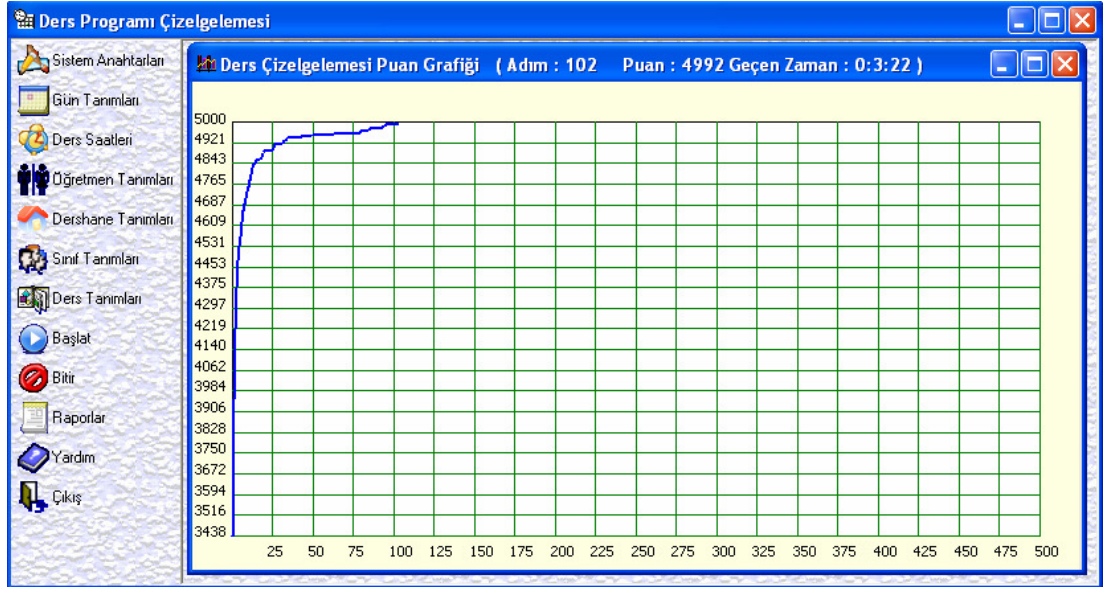
“Sınıf Seçimi” penceresinden o derse atanacak sınıf(lar) tanımlanır. Eğer derse atanan öğretmen sayısı birden fazlaysa o ders için öğrenenlerin atanacağı sınıfları tek tek seçebilme imkanı bulunmaktadır. Sonraki adımda derse atanacak bir yardımcı ders varsa bu ders tanımlanabilir. Derse yalnızca bir yardımcı ders tanımlama izni verilmiştir. Sonraki adımda ders için uygun olmayan zamanların girilebilmesini sağlayan “Ders Saati Seçimi” penceresi bulunmaktadır. Son adımda da dersin tipine göre zorunlu dershanesinin tanımlandığı “Zorunlu Dershane” ve istenmeyen dershanesinin tanımlandığı “İstenmeyen Dershane” pencereleri mevcuttur. Eğer ders için zorunlu dershane atanmışsa bu derse istenmeyen dershane atanamaz. Şekil IV.11’ de ders tanımları penceresi görülmektedir.

Ders Kodu	Ders Adi	Açıklam	Saat	Yrd. Ders	Aktif	Ders Tipi	Ders Grup
ELC432_1	Indus. Electron.		3	☐	☒	Genel Ders	Tüm Sınıf
ELC432_2	Industrial Elec. Lab	lab	2	☐	☒	Laboratuar	Tüm Sınıf
ELC434_1	Computer Sys.		3	☐	☒	Genel Ders	Tüm Sınıf
ELC434_2	Comp. Sys (A)	1. Grup	2	☐	☒	Laboratuar	1. Grup
ELC434_3	Comp. Sys.(B)	2.Grup	2	☐	☒	Laboratuar	2. Grup
ELC438	Desktop Public.		4	☐	☒	Laboratuar	Tüm Sınıf
ELC442_1	Automatic Cont II		3	☐	☒	Genel Ders	Tüm Sınıf
ELC442_2	Auto. Cont II(A)	1. Grup	2	☐	☒	Laboratuar	1. Grup
ELC442_3	Auto. Cont II(B)	2. Grup	2	☐	☒	Laboratuar	2. Grup

Şekil IV.11 Ders Tanımları Penceresi

IV.1.8 Genetik Algoritmanın Başlatılması

ODEP programındaki “Başlat” butonuna basıldığına veri giriş pencereleri tarafından girilmiş olan tüm bilgiler ve kısıtlar kullanılarak, uygun bir haftalık ders programı çizelgelemesini elde etmek için işlem başlatılır. Bu esnada genetik algoritma tarafından oluşan; olası çözümleri temsil eden bireylerin uygunluk puanları ve genetik algoritmanın nesil sayısı ”Ders Çizelgelemesi Puan Grafiği” tarafından çizilerek gösterilmektedir. Şekil IV.12’de ders çizelgelemesi puan grafiği görülmektedir.



Şekil IV.12 Genetik Algoritmanın Uygunluk Değeri Grafiği

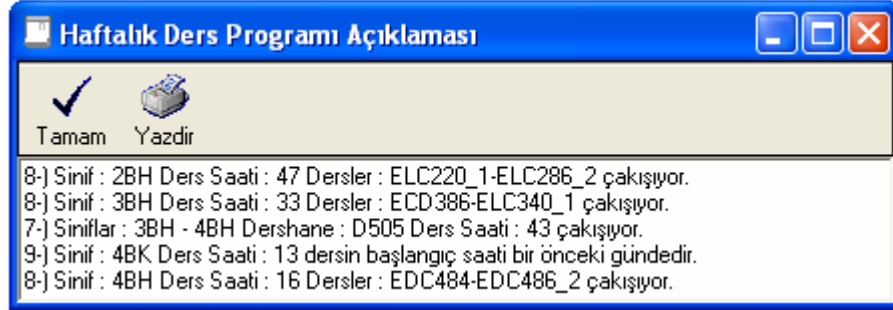
IV.1.9 Raporlar Penceresi

Raporlar penceresi elde edilen eğitim kurumları için haftalık ders programı çizelgelemesinin sınıf, öğretmen ve dershane bazında raporlarının alınması sağlayan penceredir. Şekil IV.13'te ders programı raporları penceresi görülmektedir.

Şekil IV.13 Raporlar Penceresi

Raporlar penceresinde "Sonuç Açıklama" penceresi bulunmaktadır. Açıklama penceresi haftalık ders programı çizelgelemesi için genetik algoritma sonlandığında istenilen zorunlu yada esnek kısıtların tamamını sağlamamış olabilir. Bu durumda

çizelgelemede gerçekleşmeyen kısıtların yada oluşan hatalı çakışmaların listesini bu pencereden izleme imkanı bulunmaktadır. Şekil IV.14’ te sonuç açıklama penceresi görülmektedir.



Şekil IV.14 Haftalık Ders Programı Sonuç Açıklama Penceresi

Şekil IV.15, şekil IV.16 ve şekil IV.17’de eğitim kurumlarının haftalık ders çizelgelemesinin genetik algoritma ile bulunmasından sonra sonuçların sınıf, öğretmen ve dersane bazında raporlarından örnekler görülmektedir.

Haftalık Ders Programı					
Tamam Yazdır					
1BK DERS PROGRAMI					
	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma
08:40 - 09:20		(EDC184_2)- School Practice BOS1-DKL1		(ELC136_1)- Int. Elect. Tech (A) HK0-D501	
09:20 - 10:00	(ELC134_1)- Int. To. Obj. Or. Pr EA-C201	(EDC184_2)- School Practice BOS1-DKL1		(ELC136_1)- Int. Elect. Tech (A) HK0-D501	(CUL134)- Türk Dili HA-D203
10:10 - 10:50	(ELC134_1)- Int. To. Obj. Or. Pr EA-C201	(EDC184_2)- School Practice BOS1-DKL1	(CUL132)- Foreign Language 1 MU-DLAB	(ELC136_3)- Int. To. Elect. Tech HK0-D108	(CUL134)- Türk Dili HA-D203
10:50 - 11:30		(EDC184_2)- School Practice BOS1-DKL1	(CUL132)- Foreign Language 1 MU-DLAB	(ELC136_3)- Int. To. Elect. Tech HK0-D108	
12:30 - 13:10	(ELC136_2)- Int. Elect. Tech (B) HK0-D501	(EDC184_2)- School Practice BOS1-DKL1	(CUL132)- Foreign Language 1 MU-DLAB	(ELC136_3)- Int. To. Elect. Tech HK0-D108	(ELC134_2)- Int. To. Obj. Or. Pr EA-D405
13:10 - 13:50	(ELC136_2)- Int. Elect. Tech (B) HK0-D501	(EDC184_2)- School Practice BOS1-DKL1	(CUL136)- H&P Atatürk OG-C207		(ELC134_2)- Int. To. Obj. Or. Pr EA-D405
14:00 - 14:40	(ELC132)- Computer Hardware YÇ-D107	(EDC184_2)- School Practice BOS1-DKL1	(CUL136)- H&P Atatürk OG-C207		(SCI132)- Mathematics NR-D203
14:40 - 15:20	(ELC132)- Computer Hardware YÇ-D107	(EDC184_2)- School Practice BOS1-DKL1		(SCI134)- Physics II EE-B209	(SCI132)- Mathematics NR-D203
15:30 - 16:10	(SCI136)- Chemistry NS-D205	(EDC184_2)- School Practice BOS1-DKL1		(SCI134)- Physics II EE-B209	(SCI132)- Mathematics NR-D203
16:10 - 16:50	(SCI136)- Chemistry NS-D205		(EDC184_1)- School Practice NA-D108	(SCI134)- Physics II EE-B209	(SCI132)- Mathematics NR-D203

Şekil IV.15 Sınıf için Haftalık Ders Programı Raporu

Haftalık Ders Programı					
☒ Tamam ☐ Yazdır					
BURHANETTİN CAN - DERS PROGRAMI					
	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma
08:40 - 09:20				4BK-(ELC482_2) Digital Cont. (A) D403	
09:20 - 10:00				4BK-(ELC482_2) Digital Cont. (A) D403	2BK-(ELC220_1) Logic Circuits II (A) D503
10:10 - 10:50				2BK-(ELC220_1) Logic Circuits II (A) D503	2BK-(ELC220_1) Logic Circuits II (A) D503
10:50 - 11:30	4BK-(ELC482_3) Digital Cont. (B) D403		2BK-(ELC220_3) Logic Circuits II (B) D503	2BK-(ELC220_1) Logic Circuits II (A) D503	2BK-(ELC220_1) Logic Circuits II (A) D503
12:30 - 13:10	4BK-(ELC482_3) Digital Cont. (B) D403	4BK-(ELC482_1) Digital Cont. D102	2BK-(ELC220_3) Logic Circuits II (B) D503	2BK-(ELC220_1) Logic Circuits II (A) D503	2BK-(ELC220_1) Logic Circuits II (A) D503
13:10 - 13:50		4BK-(ELC482_1) Digital Cont. D102	2BK-(ELC220_3) Logic Circuits II (B) D503	2BK-(ELC220_1) Logic Circuits II (A) D503	
14:00 - 14:40		4BK-(ELC482_1) Digital Cont. D102	2BK-(ELC220_3) Logic Circuits II (B) D503	2BK-(ELC220_3) Logic Circuits II (B) D503	
14:40 - 15:20	2BK-2BK-(ELC220_2) Logic Circuit D102			2BK-(ELC220_3) Logic Circuits II (B) D503	
15:30 - 16:10	2BK-2BK-(ELC220_2) Logic Circuit D102			2BK-(ELC220_3) Logic Circuits II (B) D503	
16:10 - 16:50	2BK-2BK-(ELC220_2) Logic Circuit D102			2BK-(ELC220_3) Logic Circuits II (B) D503	

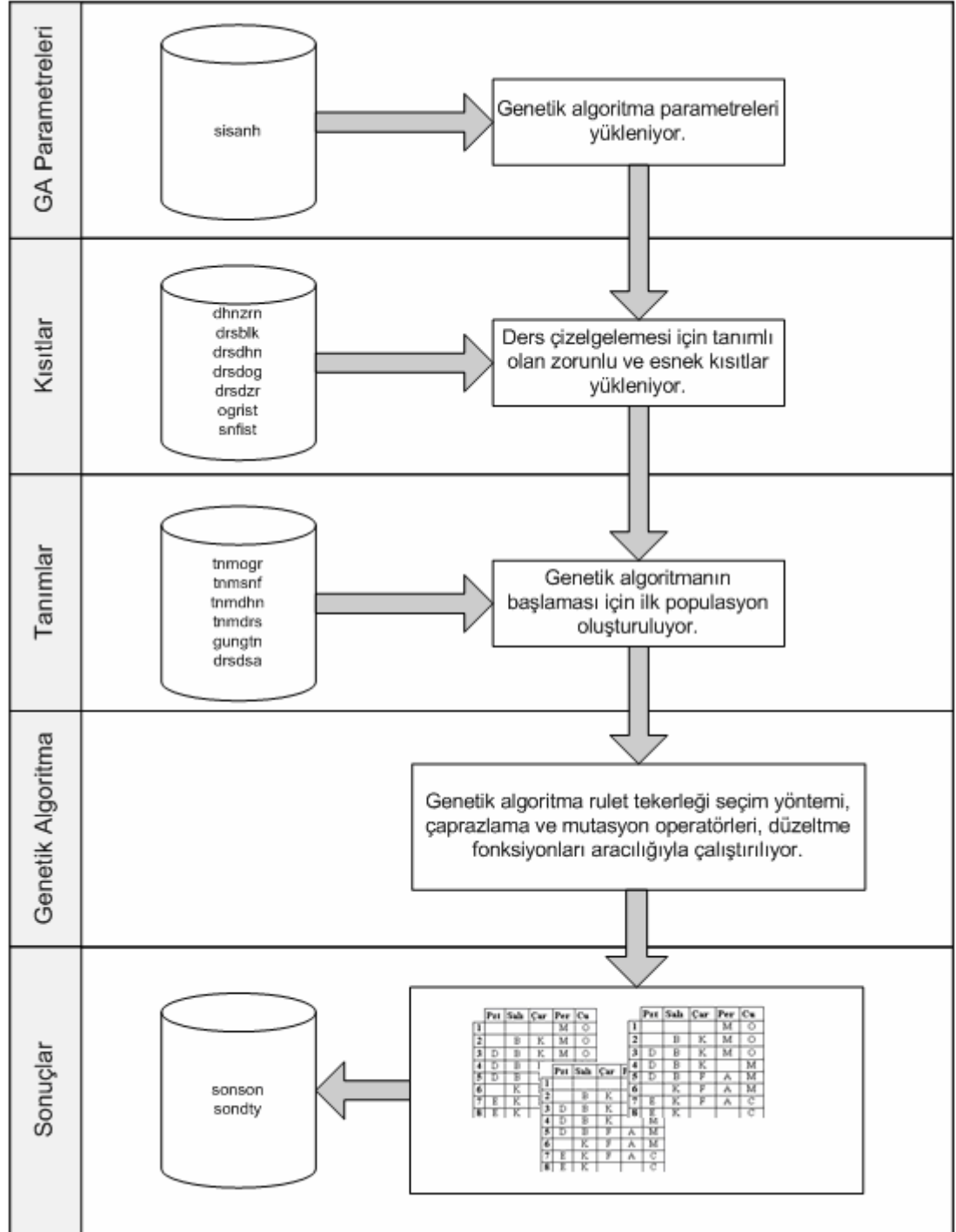
Şekil IV.16 Öğretmen için Haftalık Ders Programı Raporu

Haftalık Ders Programı					
☒ Tamam ☐ Yazdır					
D407 - BİLGİSAYAR LAB DERS PROGRAMI					
	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma
08:40 - 09:20				3BK (ELC346) Database EA	
09:20 - 10:00				3BK (ELC346) Database EA	
10:10 - 10:50		4BK (ELC470_3) Network Sys. (B) YÇ		3BK (ELC346) Database EA	4BK (ELC438) Desktop Public. FBO
10:50 - 11:30		4BK (ELC470_3) Network Sys. (B) YÇ		3BK (ELC346) Database EA	4BK (ELC438) Desktop Public. FBO
12:30 - 13:10					4BK (ELC438) Desktop Public. FBO
13:10 - 13:50	4BK (ELC470_2) Network Sys (A) YÇ				4BK (ELC438) Desktop Public. FBO
14:00 - 14:40	4BK (ELC470_2) Network Sys (A) YÇ				
14:40 - 15:20					
15:30 - 16:10		4BK (ELC434_3) Comp. Sys. (B) YÇ		4BK (ELC434_2) Comp. Sys (A) YÇ	
16:10 - 16:50		4BK (ELC434_3) Comp. Sys. (B) YÇ		4BK (ELC434_2) Comp. Sys (A) YÇ	

Şekil IV.17 Dershane için Haftalık Ders Programı Raporu

IV.2 ODEP YAZILIMININ ÇALIŞMA ŞEKLİ

Kullanıcı arayüzü pencereleri aracılığıyla tanımlanıp, veritabanında tutulan genetik algoritma parametrelerinin, kısıtlarının ve tanımlamalarının, algoritmanın çalışması esnası ve sonuçların bulunması bölümündeki iş akış şeması şekil IV.18’ de gösterilmiştir.



Şekil IV.18 ODEP Yazılımının İş Akış Diyagramı

IV.3 VERİTABANI TABLO YAPISI

IV.3.1 Dershane Tanımları (Tnmdhn) Tablosu

Dershane bilgilerinin tutulduğu tablodur. Dershane hakkında bilgi, kapasitesi, dershanenin tipinin "Genel Dershane " yada "Laboratuar" belirlenmesi ve son olarak dershanenin aktif kullanımda olup olmadığı bilgisini tutar.

Tablo IV.1 Dershane Tanımları Tablosu

Kolon Adı	Kolon Tipi	Kolon Açıklaması
dhnunq	bigint	Kayıt numarası
dhnkod	nvarchar	Dershane kodu
dhnadi	nvarchar	Dershane adı
dhnack	nvarchar	Dershane açıklaması
dhnakf	bit	Dershane aktif kontrol
dhnmvc	bigint	Dershane öğrenci kapasitesi
dhntip	char	Dershane tipi

IV.3.2 Ders Tanımları (Tnmdrs) Tablosu

Ders bilgilerinin tutulduğu tablodur. Dersin bir hafta içerisindeki toplam ders saati, başka derslere yardımcı bir ders olabilmesi seçeneği, dersin tipinin "Genel Ders" yada "Laboratuar " belirlenmesi, derse atanan sınıfların gruplar halinde derse işleyebilmesi imkanını tanıyan ve son olarak dersin aktif kullanımda olup olmadığı bilgisini tutar.

Tablo IV.2 Ders Tanımları Tablosu

Kolon Adı	Kolon Tipi	Kolon Açıklaması
drsunq	bigint	Kayıt numarası
drskod	nvarchar	Ders kodu
drsadi	nvarchar	Ders adı
drsack	nvarchar	Ders açıklaması
drssat	bigint	Dersin haftalık toplam ders saati
drsakf	bit	Ders aktif kontrol
drsbkl	bit	Dersin yardımcı ders tanımı
drstip	char	Ders tipi
drsgrp	bigint	Dersin grup dersi bilgisi

IV.3.3 Öğretmen Tanımları (Tnmogr) Tablosu

Öğretmen bilgilerinin tutulduğu tablodur. Ayrıca öğretmenin aktif olup olmadığı bilgisini tutar.

Tablo IV.3 Öğretmen Tanımları Tablosu

Kolon Adı	Kolon Tipi	Kolon Açıklaması
ogrunq	bigint	Kayıt numarası
ogrkod	nvarchar	Öğretmen kodu
ogradi	nvarchar	Öğretmen adı
ograck	nvarchar	Öğretmen açıklaması
ograkf	bit	Öğretmen aktif kontrol

IV.3.4 Sınıf Tanımları (Tnmsnf) Tablosu

Sınıf bilgilerinin tutulduğu tablodur. Sınıfın aktif olup olmadığı bilgisini ve sınıfta bulunan toplam öğrenci mevcudu bilgisini tutar.

Tablo IV.4 Sınıf Tanımları Tablosu

Kolon Adı	Kolon Tipi	Kolon Açıklaması
snfunq	bigint	Kayıt numarası
snfkod	varchar	Sınıf kodu
snfack	varchar	Sınıf açıklaması
snfakf	bit	Sınıf aktif kontrol
snfmvc	bigint	Sınıf öğrenci mevcudu

IV.3.5 Gün Tanımları (Gungtn) Tablosu

Eğitim kurumlarının ders programında haftanın hangi günlerinde ders işleneceği bilgilerinin tutulduğu tablodur.

Tablo IV.5 Gün Tanımları Tablosu

Kolon Adı	Kolon Tipi	Kolon Açıklaması
gtnunq	bigint	Kayıt numarası
gttnum	tinyint	Gün numarası
gtnadi	nvarchar	Gün adı
gtnony	bit	Gün aktif kontrol

IV.3.6 Ders Saatleri Tanımı (Drdsda) Tablosu

Eğitim kurumlarının ders programında bir gün içerisinde işlenen derslerin başlangıç ve bitiş saatlerinin bilgilerinin tutulduğu tablodur.

Tablo IV.6 Ders Saatleri Tanımı Tablosu

Kolon Adı	Kolon Tipi	Kolon Açıklaması
dsaunq	bigint	Kayıt numarası
dsanum	smallint	Ders saati numarası
dsabas	char	Ders Saati başlangıcı
dsabit	char	Ders Saati bitişi

IV.3.7 Zorunlu Dershane Tanımları (Dhnzrn) Tablosu

Dersin yapılacağı zorunlu bir dershane yada laboratuvar varsa bu bilgilerinin tutulduğu tablodur.

Tablo IV.7 Zorunlu Dershane Tanımları Tablosu

Kolon Adı	Kolon Tipi	Kolon Açıklaması
zrnunq	bigint	Kayıt numarası
zrndhn	bigint	Dershane kayıt numarası
zrndrk	bigint	Ders kayıt numarası

IV.3.8 Yardımcı Ders Tanımları (Drslk) Tablosu

Derse atanan yardımcı bir dersin bilgisinin tutulduğu tablodur. Bu tablo ile bir ders işlendikten sonra dersin sonrasındaki saatlere yardımcı ders atanma imkanı bulunmaktadır.

Tablo IV.8 Yardımcı Ders Tanımları Tablosu

Kolon Adı	Kolon Tipi	Kolon Açıklaması
blkunq	Bigint	Kayıt numarası
blkdrs	Bigint	Ana dersin kayıt numarası
blkdru	Bigint	Yardımcı dersin kayıt numarası

IV.3.9 İstenmeyen Dershane Tanımları (Drsdhn) Tablosu

Ders için istenmeyen dershanelerin ve laboratuvarların bilgilerinin tutulduğu tablodur.

Tablo IV.9 İstenmeyen Dershane Tanımları Tablosu

Kolon Adı	Kolon Tipi	Kolon Açıklaması
dhnunq	bigint	Kayıt numarası
dhndrs	bigint	Ders kayıt numarası
dhndhn	bigint	İstenmeyen dershane kayıt numarası

IV.3.10 Dersin Öğretmen Tanımları (Drsgog) Tablosu

Derse atanacak öğretmenlerin bilgilerinin tutulduğu tablodur. Bu tablo ile derse birden fazla öğretmen atayabilme olanağı bulunmaktadır.

Tablo IV.10 Dersin Öğretmen Tanımları Tablosu

Kolon Adı	Kolon Tipi	Kolon Açıklaması
dogunq	bigint	Kayıt numarası
dogdrs	bigint	Ders kayıt numarası
dogogr	bigint	Derse atanacak öğretmenin kayıt numarası

IV.3.11 Dersin Sınıf Tanımları (Drdsdf) Tablosu

Derse atanacak sınıfların bilgilerinin tutulduğu tablodur. Ayrıca derse birden fazla öğretmen atanmışsa, sınıf bazında hangi öğretmenin hangi sınıfa ders vereceği bilgileride saklanabilmektedir.

Tablo IV.11 Dersin Sınıf Tanımları Tablosu

Kolon Adı	Kolon Tipi	Kolon Açıklaması
dsfunq	bigint	Kayıt numarası
dsfdrs	bigint	Dersin kayıt numarası
dsfsnf	bigint	Derse atanacak sınıfın kayıt numarası
dsfogr	bigint	Derse atanacak olan öğretmenin kayıt numarası
dsfsat	bigint	Ders saati
dsfbsf	bigint	Dersi ortak işleyeceği sınıfın kayıt numarası

IV.3.12 Ders için İstenmeyen Saatler (Drsdzr) Tablosu

Ders için istenmeyen ders saatlerinin bilgilerinin tutulduğu tablodur.

Tablo IV.12 Ders için İstenmeyen Saatler Tablosu

Kolon Adı	Kolon Tipi	Kolon Açıklaması
Dzrunq	bigint	Kayıt numarası
dzrdrs	bigint	Ders kayıt numarası
dzrzmn	bigint	Ders için istenmeyen saatler

IV.3.13 Öğretmen için İstenmeyen Saatler (Ogrist) Tablosu

Öğretmen için istenmeyen ders saatlerinin bilgilerinin tutulduğu tablodur.

Tablo IV.13 Öğretmen için İstenmeyen Saatler Tablosu

Kolon Adı	Kolon Tipi	Kolon Açıklaması
istunq	bigint	Kayıt numarası
istogr	bigint	Öğretmen kayıt numarası
istzmn	int	Öğretmenin istemediği saatler

IV.3.14 Sistem Anahtarları (Sisanh) Tablosu

Programın kullanım yöntemlerinin seçildiği ve genetik algoritmanın parametrelerinin değerlerinin belirlendiği tablodur. Örneğin mutasyon olasılığı, popülasyon büyüklüğü gibi bilgiler bulunmaktadır.

Tablo IV.14 Sistem Anahtarları Tablosu

Kolon Adı	Kolon Tipi	Kolon Açıklaması
anhunq	bigint	Kayıt numarası
anhpar	nvarchar	Sistem anahtarı parametresi
anhack	nvarchar	Sistem anahtarı açıklaması
anhdeg	nvarchar	Sistem anahtarı değeri

IV.3.15 Sınıf için İstenmeyen Saatler (Snfist) Tablosu

Sınıf için istenmeyen ders saatlerinin bilgilerinin tutulduğu tablodur.

Tablo IV.15 Sınıf için İstenmeyen Saatler Tablosu

Kolon Adı	Kolon Tipi	Kolon Açıklaması
İstunq	bigint	Kayıt numarası
İstsnf	bigint	Sınıf kayıt numarası
İstzmn	int	Sınıf için istenmeyen saatler

IV.3.16 Sonuçlar (Sonson) Tablosu

Genetik algoritmanın çalışması esnasında istenen çözüm bulunduğunda, GA'nın başlangıcında tanımlanan toplam nesil sayısına ulaşıldığında veya uygunluk değeri sürekli olarak sabit kaldığında, bulunan en iyi bireyin temsil ettiği çözüm, problem için bulunmuş en uygun çözüm olarak sunulur Olası çözümlerden en iyisi bulunduğunda bu ders programı çizelgelemesinin parametre bilgileri “sonson” tablosuna transfer edilir. Bu tabloda bulunan çözüm için çözüm tarihi, çözüm süresi, çözüm için toplam nesil sayısı, çözüm puanı, genetik algoritma parametrelerinden olan mutasyon olasılığı, populasyon birey sayısı, elitizm birey sayısı gibi bilgiler saklanmaktadır.

Tablo IV.16 Sonuçlar Tablosu

Kolon Adı	Kolon Tipi	Kolon Açıklaması
sonunq	bigint	Kayıt numarası
sontrh	smalldatetime	Kayıt tarihi
sonpua	bigint	GA uygunluk değeri
sonack	varchar	GA açıklaması
sonalg	bigint	GA'nın sonlandırılacağı nesil sayısı
sonbry	bigint	GA'nın birey sayısı
sonite	bigint	GA'nın iterasyon sayısı
sonelt	bigint	GA'nın elitizm sayısı
sonmts	numeric	GA'nın mutasyon olasılığı
sonzmn	datetime	GA'nın sonucu bulma zamanı
sonadm	bigint	GA'nın adım sayısı
sonnes	bigint	GA'nın sonucu bulduğu nesil sayısı

IV.3.17 Sonuç Detayları (Sondty) Tablosu

Olası çözümlerden en iyisi bulunduğunda bu ders programı çizelgelemesinin her ders için olan bilgileri (bireyin kromozom bilgileri) bu tabloya transfer edilir.

Tablo IV.17 Sonuç Detayları Tablosu

Kolon Adı	Kolon Tipi	Kolon Açıklaması
dtynq	bigint	Kayıt numarası
dtynum	bigint	Sonson tablosundaki kayıt numarası
dygno	bigint	Kromozom numarası
dydrs	bigint	Ders kayıt numarası
dytnf	bigint	Sınıf kayıt numarası
dyogr	bigint	Öğretmen kayıt numarası
dydhn	bigint	Dershane kayıt numarası
dydsa	bigint	Dersin işlendiği saat
dytaa	bigint	Dersin bulunduğu ders saati
dytsa	bigint	Dersin toplam ders saati
dyblk	bigint	Dersin yardımcı dersinin kayıt numarası
dybsf	bigint	Dersi ortak işleyecek sınıfın kayıt numarası

BÖLÜM V

DENEYLER VE SONUÇLAR

V.1 DENEYLER

Bölüm III’te tanımlanan zorunlu ve esnek kısıtları dikkate alarak hazırlanan haftalık ders programı çizelgelemesi Microsoft Windows XP kurulu 512 MB hafızası olan P4 - 3 GHz işlemcili bir bilgisayar üzerinde deneyleri yapılmıştır.

Deneyler, en uygun genetik algoritma operatörlerinin ve parametre değerlerinin seçilmesi için yapılmıştır. Deneylerde kullanılan veri büyüklüğü Marmara Üniversitesi haftalık ders programı çizelgelemesinde kullanılan verilerle birebir örtüşmektedir. Böylelikle elde edilen sonuçlar operatörlerin ve parametrelerin değerlerinin gerçek performanslarını göstermiştir. Genetik algoritma kullanılarak çözümü bulunan ders programı çizelgelemesi Elektronik-Haberleşme ve Bilgisayar-Kontrol bölümlerinin 2005 – 2006 yılı bahar dönemine aittir. Çizelgeleme haftanın 5 günü, 10 adet ve süresi 40 dakika olan derslerden saatlerinden oluşmaktadır.

Elektronik-Haberleşme ve Bilgisayar-Kontrol bölümlerinin ders programı hazırlanırken, bölümlerin ihtiyaçları göz önünde bulundurularak zorunlu ve esnek kısıtlar oluşturulmuştur. Bazı deneylerde de sadece “Dersler arası boş saatler mümkün olduğunca azaltılır” esnek kısıtı kapatılmıştır. Bu kısıt hariç geri kalan kısıtlar bütün deneylerde açık tutulmuştur. Deney verilerinin büyüklüğü ile ilgili veriler Tablo V.1’de gösterilmiştir.

Tablo V.1 Deney Verilerinin Büyüklüğü Tablosu

Toplam öğretmen adedi	35
Toplam sınıf adedi	8
Toplam dersane adedi	37
Toplam ders adedi	82
Haftalık toplam ders saati	50
Öğretmenlerin toplam kısıt sayısı	82
Dersin toplam kısıt sayısı	726
Toplam ders saati	317

Deneylerde rulet tekerleği seçim operatörü kullanılmıştır. Üreme işleminde önceki nesilden belli sayıda birey aktarma (elitizm) yönteminin kullanılması yanı sıra eski ve yeni nesilleri birleştirip en iyi 50 bireyi sonraki nesile aktarma yöntemi de denenmiştir. Mutasyon olasılığının %5 veya %20 olduğu kabul edilerek deneyler yapılmıştır. Ayrıca her 20 nesil boyunca popülasyondaki en iyi bireyin uygunluk değeri değişmezse mutasyon olasılığı %5 oranında artırılmaktadır.

Deneylerde nesil sayısı 10.000 adet olarak belirtilmiştir. Genetik algorithma olası çözüm bulunurken eğer tüm kısıtlar yerine getirilirse ve hiç bir çakışma olmazsa en yüksek puan olan 5.000 verilmektedir. Algoritmanın çalışması esnasında 5.000 puana ulaşırsa, başka çözümlerin bulunma işlemine devam edilmez. Arama işlemi genetik algoritma tarafından sonlandırılır.

Arama uzayında, 10.000 nesil geçmesine rağmen halen istenilen sonuçlar bulunamazsa algoritmanın çalışması durdurulur. 10.000 nesil sonrası çakışmaları bulunan ve bazı kısıtları yerine getiremeyen çözüm, tüm hata kodlarıyla veritabanına kayıt edilir. Böylelikle sonuçlarda esnek kısıtlara izin verilecek bir durum söz konusuysa, istenilen çözüm eğitim kurumu tarafından o dönemin ders programı çizelgelemesi olarak kullanılabilir.

Yaptığımız tez çalışmasında deneylere, belli bir anlamı olan deney numarası verilmiştir. Üç haneli numaralar ile temsil edilen sonuçların ilk rakamı çaprazlama operatörünün numarasını belirtmektedir. İkinci rakam mutasyon operatörlerinin numarasını belirtmektedir. Son rakam da yapılan deneye ait özel durumları belirtmektedir. Örneğin deney numarası “251” olduğunu varsayarsak “2” rakamı fonksiyon numarası iki olan çaprazlama operatörünün kullanıldığını, bir diğer deyişle

iki noktadan çaprazlama yönteminin kullanıldığını, “5” rakamı fonksiyon numarası beş olan mutasyon operatörünün yani “kötü-kromozom” mutasyon operatörünün kullanıldığını ifade etmektedir. Son olarakta “1” rakamı elitizm işleminde belli sayıda bireyin bir sonraki nesile geçeceğini belirtmektedir.

V.1.1 Deney 1 (161)

Bu deneyde birey sayısı 50, elitizm sayısı 10 birey ve mutasyon olasılığı %5 olarak seçilmiştir. Eğer 20 nesil boyunca en iyi bireyin uygunluk değeri değişmez ise mutasyon olasılığı %5 oranında arttırılmaktadır. Deneyde tek noktadan çaprazlama operatörü kullanılmıştır. Mutasyon operatörü için tek noktadan mutasyon ve kötü-kromozom mutasyon operatörleri birlikte kullanılmıştır.

V.1.2 Deney 2 (210)

Bu deneyde birey sayısı 50, elitizm sayısı 50 birey ve mutasyon olasılığı %5 olarak seçilmiştir. Elitizm işleminde eski ve yeni nesilleri birleştirip en iyi 50 bireyi sonraki nesile aktarma yöntemi seçilmiştir. Eğer 20 nesil boyunca en iyi bireyin uygunluk değeri değişmez ise mutasyon olasılığı %5 oranında arttırılmaktadır. Deneyde iki noktadan çaprazlama operatörü ve tek noktadan mutasyon operatörü kullanılmıştır.

V.1.3 Deney 3 (211)

Bu deneyde birey sayısı 50, elitizm sayısı 10 birey ve mutasyon olasılığı %5 olarak seçilmiştir. Eğer 20 nesil boyunca en iyi bireyin uygunluk değeri değişmez ise mutasyon olasılığı %5 oranında arttırılmaktadır. Deneyde iki noktadan çaprazlama operatörü ve tek noktadan mutasyon operatörü kullanılmıştır.

V.1.4 Deney 4 (260)

Bu deneyde birey sayısı 50, elitizm sayısı 50 birey ve mutasyon olasılığı %5 olarak seçilmiştir. Elitizm işleminde eski ve yeni nesilleri birleştirip en iyi 50 bireyi sonraki nesile aktarma yöntemi seçilmiştir. Eğer 20 nesil boyunca en iyi bireyin

uygunluk değeri değışmez ise mutasyon olasılığı %5 oranında arttırılmaktadır. Deneyde iki noktadan çaprazlama operatörü kullanılmıştır. Mutasyon operatörü için tek noktadan mutasyon ve kötü-kromozom mutasyon operatörleri birlikte kullanılmıştır.

V.1.5 Deney 5 (261)

Bu deneyde birey sayısı 50, elitizm sayısı 10 birey ve mutasyon olasılığı %5 olarak seçilmiştir. Eğer 20 nesil boyunca en iyi bireyin uygunluk değeri değışmez ise mutasyon olasılığı %5 oranında arttırılmaktadır. Deneyde iki noktadan çaprazlama operatörü kullanılmıştır. Mutasyon operatörü için tek noktadan mutasyon ve kötü-kromozom mutasyon operatörleri birlikte kullanılmıştır.

V.1.6 Deney 6 (261)

Bu deneyde birey sayısı 100, elitizm sayısı 10 birey ve mutasyon olasılığı %5 olarak seçilmiştir. Eğer 20 nesil boyunca en iyi bireyin uygunluk değeri değışmez ise mutasyon olasılığı %5 oranında arttırılmaktadır. Deneyde iki noktadan çaprazlama operatörü kullanılmıştır. Mutasyon operatörü için tek noktadan mutasyon ve kötü-kromozom mutasyon operatörleri birlikte kullanılmıştır.

V.1.7 Deney 7 (261)

Bu deneyde birey sayısı 25, elitizm sayısı 10 birey ve mutasyon olasılığı %5 olarak seçilmiştir. Eğer 20 nesil boyunca en iyi bireyin uygunluk değeri değışmez ise mutasyon olasılığı %5 oranında arttırılmaktadır. Deneyde iki noktadan çaprazlama operatörü kullanılmıştır. Mutasyon operatörü için tek noktadan mutasyon ve kötü-kromozom mutasyon operatörleri birlikte kullanılmıştır.

V.1.8 Deney 8 (261)

Bu deneyde birey sayısı 50, elitizm sayısı 10 birey ve mutasyon olasılığı %20 olarak seçilmiştir. Eğer 20 nesil boyunca en iyi bireyin uygunluk değeri değışmez ise mutasyon olasılığı %5 oranında arttırılmaktadır. Deneyde iki noktadan

Çaprazlama operatörü kullanılmıştır. Mutasyon operatörü için tek noktadan mutasyon ve kötü-kromozom mutasyon operatörleri birlikte kullanılmıştır.

V.1.9 Deney 9 (264)

Bu deneyde birey sayısı 50, elitizm sayısı 20 birey ve mutasyon olasılığı %20 olarak seçilmiştir. Eğer 20 nesil boyunca en iyi bireyin uygunluk değeri değişmez ise mutasyon olasılığı %5 oranında arttırılmaktadır. Deneyde iki noktadan çaprazlama operatörü kullanılmıştır. Mutasyon operatörü için tek noktadan mutasyon ve kötü-kromozom mutasyon operatörleri birlikte kullanılmıştır.

V.1.10 Deney 10 (262)

Bu deneyde birey sayısı 50, elitizm sayısı 10 birey ve mutasyon olasılığı %5 olarak seçilmiştir. Eğer 20 nesil boyunca en iyi bireyin uygunluk değeri değişmez ise mutasyon olasılığı %5 oranında arttırılmaktadır. Deneyde iki noktadan çaprazlama operatörü kullanılmıştır. Mutasyon operatörü için tek noktadan mutasyon ve kötü-kromozom mutasyon operatörleri birlikte kullanılmıştır. Bu deneyde E2 kısıtı aktif durumdadır.

V.1.11 Deney 11 (262)

Bu deneyde birey sayısı 100, elitizm sayısı 10 birey ve mutasyon olasılığı %5 olarak seçilmiştir. Eğer 20 nesil boyunca en iyi bireyin uygunluk değeri değişmez ise mutasyon olasılığı %5 oranında arttırılmaktadır. Deneyde iki noktadan çaprazlama operatörü kullanılmıştır. Mutasyon operatörü için tek noktadan mutasyon ve kötü-kromozom mutasyon operatörleri birlikte kullanılmıştır. Bu deneyde E2 kısıtı aktif durumdadır.

V.1.12 Deney 12 (263)

Bu deneyde birey sayısı 50, elitizm sayısı 10 birey ve mutasyon olasılığı %20 olarak seçilmiştir. Mutasyon olasılığı tüm deney boyunca sabit tutulmuştur. Deneyde iki noktadan çaprazlama operatörü kullanılmıştır. Mutasyon operatörü için tek

noktadan mutasyon ve kötü-kromozom mutasyon operatörleri birlikte kullanılmıştır. Bu deneyde E2 kısıtı aktif durumda değildir.

V.1.13 Deney 13 (251)

Bu deneyde birey sayısı 50, elitizm sayısı 10 birey ve mutasyon olasılığı %5 olarak seçilmiştir. Eğer 20 nesil boyunca en iyi bireyin uygunluk değeri değişmez ise mutasyon olasılığı %5 oranında arttırılmaktadır. Deneyde iki noktadan çaprazlama operatörü ve kötü-kromozom mutasyon operatörü kullanılmıştır.

V.1.14 Deney 14 (250)

Bu deneyde birey sayısı 50, elitizm sayısı 50 birey ve mutasyon olasılığı %5 olarak seçilmiştir. Elitizm işleminde eski ve yeni nesilleri birleştirip en iyi 50 bireyi sonraki nesile aktarma yöntemi seçilmiştir. Eğer 20 nesil boyunca en iyi bireyin uygunluk değeri değişmez ise mutasyon olasılığı %5 oranında arttırılmaktadır. Deneyde iki noktadan çaprazlama operatörü ve kötü-kromozom mutasyon operatörü kullanılmıştır.

V.1.15 Deney 15 (263)

Bu deneyde birey sayısı 50, elitizm sayısı 10 birey ve mutasyon olasılığı %5 olarak seçilmiştir. Mutasyon olasılığı tüm deney boyunca sabit tutulmuştur. Deneyde iki noktadan çaprazlama operatörü kullanılmıştır. Mutasyon operatörü için tek noktadan mutasyon ve kötü-kromozom mutasyon operatörleri birlikte kullanılmıştır.

V.1.16 Deney 16 (265)

Bu deneyde birey sayısı 50, elitizm sayısı 5 birey ve mutasyon olasılığı %20 olarak seçilmiştir. Eğer 20 nesil boyunca en iyi bireyin uygunluk değeri değişmez ise mutasyon olasılığı %5 oranında arttırılmaktadır. Deneyde iki noktadan çaprazlama operatörü kullanılmıştır. Mutasyon operatörü için tek noktadan mutasyon ve kötü-kromozom mutasyon operatörleri birlikte kullanılmıştır.

Deneyler sonucunda, en kısa zamanda ve en az nesil sayısında tüm zorunlu ve esnek kısıtları destekleyen, hiçbir çakışma durumu olmayan ders programı çizelgelemesi 16 numaralı (265) deney elde edilmiştir. Şekil V.1’de deneylerin uygunluk değeri puan grafiği görülmektedir. Şekil üzerindeki en iyi çözümün uygunluk değerini ve nesil sayısını gösteren grafikteki değerler deney numarasını ifade etmektedir.

Şekil V.1 Deneylerin Uygunluk Değeri Puan Grafiği

Tablo V.2 Deney Sonuçları

Deney No	Birey Sayısı	Elitizm Sayısı	Mutasyon Olasılığı	Toplam Deney Adedi	Çözümli Deney Adedi	Çözümli Deney Adedi	Çözümli Deney Adedi	Çözümli Deney Adedi	Çözümli Deney Adedi	En Kısa Çözüm Ulaşılan Nesil Sayısı	En Uzun Çözüm Ulaşılan Nesil Sayısı	Başarı (%)	En Kısa Çözüm Ulaşılan Zaman	Deney Açıklaması
1. (161)	50	10	0.05	20	20	0	4080	2620	6400	100	00:03:22	100	00:03:22	A.M.O. Elitizm 10 birey
2. (210)	50	50	0.05	20	17	3	4540	2420	8100	85	00:04:21	85	00:04:21	A.M.O. Tüm birey elitizm
2. (211)	50	10	0.05	20	18	2	5040	3860	6380	90	00:05:06	90	00:05:06	A.M.O. Elitizm 10 birey
4. (260)	50	50	0.05	20	20	0	4140	2260	6780	100	00:04:03	100	00:04:03	A.M.O. Tüm birey elitizm
5. (261)	50	10	0.05	20	20	0	3940	2040	5560	100	00:02:46	100	00:02:46	A.M.O. Elitizm 10 birey
6. (261)	100	10	0.05	20	20	0	3160	1140	9140	100	00:03:24	100	00:03:24	A.M.O. popülasyon 100 birey
7. (261)	25	10	0.05	20	18	2	5960	3460	9060	90	00:01:40	90	00:01:40	A.M.O. popülasyon 25 birey
8. (261)	50	10	0.2	20	20	0	3040	1580	7960	100	00:02:01	100	00:02:01	A.M.O. Elitizm 10 birey
9. (264)	50	20	0.2	20	19	1	3760	1760	8660	95	00:01:41	95	00:01:41	A.M.O. Elitizm 20 birey
10. (262)	50	10	0.05	20	8	12	6140	4800	7700	40	00:08:43	40	00:08:43	A.M.O. E2 kısıt aktif
11. (262)	100	10	0.05	20	7	13	6160	3100	7640	35	00:13:57	35	00:13:57	A.M.O. E2 kısıt aktif
12. (263)	50	10	0.2	20	12	8	4460	1600	8860	60	00:02:06	60	00:02:06	S.M.O. Elitizm 10 birey
13. (251)	50	10	0.05	20	0	20	100000	10000	10000	0	00:12:25	0	00:12:25	A.M.O. Tüm birey elitizm
14. (250)	50	50	0.05	20	0	20	100000	10000	10000	0	00:15:37	0	00:15:37	A.M.O. Tüm birey elitizm
15. (263)	50	10	0.05	20	0	20	100000	10000	10000	0	00:12:31	0	00:12:31	S.M.O. Elitizm 10 birey
16. (265)	50	5	0.2	20	20	0	3180	1220	5740	100	00:01:53	100	00:01:53	A.M.O. Elitizm 5 birey

V.2 DENEY SONUÇLARI

Deneyleri sadece çaprazlama operatörlerini kullanarak veya sadece mutasyon operatörlerini kullanarak yaptığımızda çözüm zamanının ve nesil sayısının çok arttığı gözlenmiştir. Bunun yanında çaprazlama ve mutasyon operatörleri birlikte kullanıldığında başarının arttığı görülmüştür. İlk defa kullanılmış olan kötü-kromozom mutasyon operatörü, çözümün bulunmasında, tek noktadan mutasyon operatörü ile birlikte kullanıldığında daha başarılı sonuçlar elde ettiği gözlenmiştir.

Yapılan deneylerin sonucunda en kısa zamanda, tüm kısıtları sağlayarak çözüme ulaşan deneyin 16 numaralı deney (265) olduğu görülmüştür. Bu deneyde seçilen genetik algoritma parametrelerinin değerleri ve genetik algoritmanın seçim, çaprazlama, mutasyon ve düzeltme operatörlerinin hangileri olduğu aşağıda açıklanmıştır.

1. Populasyondaki en uygun birey sayısı 50'dir.
2. Elitizm birey sayısı 5'dir.
3. Mutasyon olasılığının %20 olup, eğer 20 nesil boyunca en iyi bireyin uygunluk değeri değişmez ise mutasyon olasılığı %5 oranında arttırılmaktadır.
4. En iyi çaprazlama operatörü 2 noktadan çaprazlama operatörüdür.
5. En iyi mutasyon operatörü tek noktadan ve kötü-kromozom mutasyon operatörlerinin birlikte kullanıldığı durumdur.
6. Düzeltme I, Düzeltme II fonksiyonlarının kullanıldığı durumdur.

ODEP yazılımı tarafından hazırlanan eğitim kurumları ders programı çizelgelemesi 2 dakikadan az bir sürede tüm kısıtları yerine getirerek doğru çözüme ulaşmaktadır. Yazılım, kullanıcıların istedikleri zaman algoritmayı durdurabilmelerine, genetik algoritma parametrelerini yeniden belirleyip tekrar çalıştırabilmesine ve çözüm sonucunda oluşan çizelgelemeleri tarihsel kronolojide tutarak veritabanında saklamasına izin vermektedir. Sonuçların sınıf, öğretmen ve dersane seçeneklerinde raporlarının yazıcıdan çıktı olarak alınmasına izin vermektedir. 16 numaralı (265) deneyinin Şekil V.2'de sınıf için haftalık ders programı raporu, şekil V.3'te öğretmen için haftalık ders programı raporu ve şekil V.4'te dersane için haftalık ders programı raporu gösterilmiştir.

Haftalık Ders Programı					
☒ Tamam ☐ Yazdır					
1BK DERS PROGRAMI					
	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma
08:40 - 09:20	(ELC132)- Computer Hardware YÇ-C201		(EDC184_2)- School Practice B0S1-OKL1	(SCI136)- Chemistry NS-D205	(CUL132)- Foreign Language 1 MU-DLAB
09:20 - 10:00	(ELC132)- Computer Hardware YÇ-C201		(EDC184_2)- School Practice B0S1-OKL1	(SCI136)- Chemistry NS-D205	(CUL132)- Foreign Language 1 MU-DLAB
10:10 - 10:50	(EDC184_1)- School Practice NA-D105		(EDC184_2)- School Practice B0S1-OKL1	(ELC136_2)- Int. Elect.Tech (B) HKO-D501	(CUL132)- Foreign Language 1 MU-DLAB
10:50 - 11:30	(ELC136_3)- Int.To. Elect. Tech HKO-D202	(SCI134)- Physics II EE-D107	(EDC184_2)- School Practice B0S1-OKL1	(ELC136_2)- Int. Elect.Tech (B) HKO-D501	
12:30 - 13:10	(ELC136_3)- Int.To. Elect. Tech HKO-D202	(SCI134)- Physics II EE-D107	(EDC184_2)- School Practice B0S1-OKL1	(CUL194)- Türk Dili HA-D209	
13:10 - 13:50	(ELC136_3)- Int.To. Elect. Tech HKO-D202	(SCI134)- Physics II EE-D107	(EDC184_2)- School Practice B0S1-OKL1	(CUL194)- Türk Dili HA-D209	(CUL196)- H&P Atatürk OG-D102
14:00 - 14:40	(SCI132)- Mathematics NR-D202		(EDC184_2)- School Practice B0S1-OKL1	(ELC134_2)- Int. To. Obj. Or. Pr EA-D405	(CUL196)- H&P Atatürk OG-D102
14:40 - 15:20	(SCI132)- Mathematics NR-D202	(ELC134_1)- Int. To. Obj. Or. Pr EA-D203	(EDC184_2)- School Practice B0S1-OKL1	(ELC134_2)- Int. To. Obj. Or. Pr EA-D405	
15:30 - 16:10	(SCI132)- Mathematics NR-D202	(ELC134_1)- Int. To. Obj. Or. Pr EA-D203	(EDC184_2)- School Practice B0S1-OKL1		(ELC136_1)- Int Elect.Tech (A) HKO-D501
16:10 - 16:50	(SCI132)- Mathematics NR-D202				(ELC136_1)- Int Elect.Tech (A) HKO-D501

Şekil V.2 Deney 16 (265) Sınıf için Haftalık Ders Programı Raporu

Haftalık Ders Programı					
☒ Tamam ☐ Yazdır					
YILMAZ ÇAMURCU - DERS PROGRAMI					
	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma
08:40 - 09:20	1BK-(ELC132) Computer Hardware C201			4BK-(ELC470_2) Network Sys (A) D407	
09:20 - 10:00	1BK-(ELC132) Computer Hardware C201			4BK-(ELC470_2) Network Sys (A) D407	
10:10 - 10:50					
10:50 - 11:30	4BK-(ELC434_1) Computer Sys. D107	4BK-(ELC434_2) Comp. Sys (A) D407	4BK-(ELC470_3) Network Sys.(B) D407	4BK-(ELC434_3) Comp. Sys.(B) D407	
12:30 - 13:10	4BK-(ELC434_1) Computer Sys. D107	4BK-(ELC434_2) Comp. Sys (A) D407	4BK-(ELC470_3) Network Sys.(B) D407	4BK-(ELC434_3) Comp. Sys.(B) D407	
13:10 - 13:50	4BK-(ELC434_1) Computer Sys. D107		4BK-(ELC470_1) Network Sys. D410		
14:00 - 14:40			4BK-(ELC470_1) Network Sys. D410		
14:40 - 15:20			4BK-(ELC470_1) Network Sys. D410		
15:30 - 16:10					
16:10 - 16:50					

Şekil V.3 Deney 16 (265) Öğretmen için Haftalık Ders Programı Raporu

Haftalık Ders Programı					
Tamam Yazdır					
D505 - HABERLEŞME LAB. DERS PROGRAMI					
	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma
08:40 - 09:20					3BH (ELC338_2) Telecom Tec.II(A) AA
09:20 - 10:00		4BH (ELC466_3) Telephone exo (B) AA			3BH (ELC338_2) Telecom Tec.II(A) AA
10:10 - 10:50		4BH (ELC466_3) Telephone exo (B) AA		3BH (ELC340_2) Trans. Line (A) SV	3BH (ELC338_2) Telecom Tec.II(A) AA
10:50 - 11:30				3BH (ELC340_2) Trans. Line (A) SV	4BH (ELC466_2) Telephone exo (A) AA
12:30 - 13:10					4BH (ELC466_2) Telephone exo (A) AA
13:10 - 13:50		3BH (ELC338_3) Telecom Tec.II(B) AA			4BH (ELC464_2) Data Com (A) HKA
14:00 - 14:40		3BH (ELC338_3) Telecom Tec.II(B) AA			4BH (ELC464_2) Data Com (A) HKA
14:40 - 15:20		3BH (ELC338_3) Telecom Tec.II(B) AA	4BH (ELC464_3) Data Com (B) HKA		
15:30 - 16:10	3BH (ELC340_3) Trans. Line (B) SV		4BH (ELC464_3) Data Com (B) HKA		
16:10 - 16:50	3BH (ELC340_3) Trans. Line (B) SV				

Şekil V.4 Deney 16 (265) Dershane için Haftalık Ders Programı Raporu

KAYNAKLAR

- [1] Nedjah, N.; Mourelle, L. M.: "*Evolutionary Time Scheduling*", Proceedings of the International Conference on Information Technology: Coding and Computing (ITCC'04), State University of Rio de Janeiro, Brazil, **(2004)**.
- [2] Bağış, A.: "*Genetik Algoritma Kullanılarak Çözülen Ders Programı Probleminde Genetik Operatörlerin Çözümüne Etkisi*", Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 8.Ulusal Kongresi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye, **(1996)**.
- [3] Özcan. E.; Alkan. Alpay.: "*Timetabling using a Steady State Genetic Algorithm*", Proceedings of the 4th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling (PATAT02), Yeditepe University, İstanbul, Turkey, **(2002)** 104-107.
- [4] Zervoudakis. K.; Stamatopoulos. P.: "*A Genetic Object-Oriented Constraint-Based Model For University Course Timetabling*", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, University of Athens, Athens, Greece, **(2001)** 28-27.
- [5] Erben. W.; Keppler. J.: "*A Genetic Algorithm Solving a Weekly Course-Timetabling Problem*", Proceedings of the First International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling (ICPTAT), Napier University, Edinburg, **(1995)** 21-32.
- [6] Caldeira. JP.; Rosa. AC.: "*School Timetabling using Genetic Search*", PATAT'97, **(1997)** 115-122.
- [7] Sandhu. K. S.: "*Automating Class Schedule Generation in the Context of a University Timetabling Information System*", Griffith University, Australia, **(2001)** 71-75
- [8] Fernandes. C.; Caldeira. JP.; Melicio F.; Rosa. AC.: "*High School Weekly Timetabling by Evolution Algorithm*", SAC'99, Protugal, **(1999)**.
- [9] Fernandes. C.; Caldeira. JP.; Melicio F.; Rosa. AC.: "*Infected Genes Evolutionary Algorithm for School Timetabling*", Protugal, **(1999)**.
- [10] Kanoh. H.; Sakamoto. Y.: "*Interactive Timetabling System Using Knowledge-Based Genetic Algorithms*", IEEE Transactions on Computer Science, 4 **(2004)**.

- [11] Burke, E.; Elliman. D.; Weare. R.: “A *Genetic Algorithm Based University Timetabling System*”, Proceeding of the 2nd East-West International Conference on Computer Technologies in Education, University Park, Nottingham, (1994) 35-40.
- [12] Yu. E.; Sung. K.: “A *Genetic Algorithm for a University Weekly Courses Timetabling Problem*”, International Federation of Operational Research Societies, Published by Blackwell Publishers Ltd., 9 (2002) 703-717.
- [13] Adamidis. P.; Arapakis. P.: “*Evolutionary Algorithms in Lecture Timetabling*”, IEEE Transactions on Computer Science, 99 (1999).
- [14] Goldberg. D. E.: “*Genetic Algorithm in Search, Optimization and Machine Learning*”, Addison Wesley Publishing Inc., NJ, USA, (1975).
- [15] Colomi. A.; Dorigo. M.; Maniezzo. V.: “*Genetic Algorithms: A New Approach to the Time-Table Problem*”, Published in Lecture Notes Computer Science., Springer Verlag, 82 (1992) 235-239.
- [16] Michalewicz, Z.: “*Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs*”, Springer Verlag, USA, (1996).
- [17] Gülcü, Ayla.: “*Yapay Zeka Tekniklerinden Genetik Algoritma ve Tabu Arama Yöntemlerinin Eğitim Kurumlarının Haftalık Ders Programlarının Hazırlanmasında Kullanımı*”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2006) 6-26
- [18] Biroğul, S.: “*Genetik Algoritma Yaklaşımıyla Atölye Çizelgeleme*”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, (2005) 28-47
- [19] Grefenstette. J.J.: “*A User’s Guide to GENESIS versiyon 5.0*”, (1990).
- [20] Topuz, V.: “*Bulanık Genetik Proses Kontrolü*”, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2002) 13-38
- [21] www.yazgelistir.com (Erişim tarihi: Ocak 2006)
- [22] www.csharpnedir.com (Erişim tarihi: Nisan 2006)
- [23] msdn.microsoft.com (Erişim tarihi: Ekim 2005)
- [24] www.planetsourcecode.com (Erişim tarihi: Şubat 2006)
- [25] www.codeproject.com (Erişim tarihi: Mayıs 2006)
- [26] www.csharphelp.com (Erişim tarihi: Nisan 2006)

ÖZGEÇMİŞ

Kadir Can TAÇ, 1980 yılında İstanbul’da doğdu. İlk ve orta öğretimini İstanbul’da tamamladı. 1996 yılında Maçka Endüstri Meslek Lisesi Bilgisayar Bölümü’nden, 2003 yılında Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi İngilizce Bilgisayar ve Kontrol Eğitimi Bölümü’nden mezun oldu. 2003 yılında Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim dalında Yüksek Lisans’a başladı. 2002 - 2004 yıllarında Mikrohost Kontrol Sistemleri A.Ş. şirketinde otomasyon uygulamalarına yönelik yazılımlar geliştirdi. 2005 yılından beri finans sektörüne hizmet veren Globis Bilişim Hizmetleri A.Ş. firmasında bankacılık ve borsa üzerine yazılımlar geliştirmektedir.