



**T.C.**

**KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**GENETİK ALGORİTMA KULLANILARAK  
KOORDİNATÖR ÖĞRETMEN YERLEŞTİRME ÇİZELGESİNİN  
HAZIRLANMASI**

**İdris SARI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Kasım-2019  
KONYA  
Her Hakkı Saklıdır**

**TEZ KABUL VE ONAYI**

İdris SARI tarafından hazırlanan “Genetik Algoritma Kullanılarak Koordinatör Öğretmen Yerleştirme Çizelgesinin Hazırlanması” adlı tez çalışması 27/ 11 / 2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Jüri Üyeleri****Başkan**

Doç. Dr. Hasan Erdiñç KOÇER

**Danışman**

Doç. Dr. Halife KODAZ

**Üye**

Prof. Dr. Harun UĞUZ

**İmza**

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

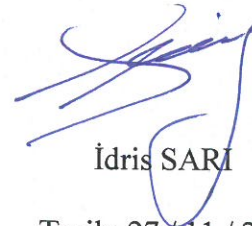
Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN  
Enstitü Müdürü

**TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezde yer alan bütün bilgilerin akademik kurallar ile etik davranış çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

**DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all the information contained in this thesis is obtained within the framework of academic rules and ethical behavior and that in this study which is prepared in accordance with the thesis writing rules, all references and sources of information that do not belong to me are fully cited.



İdris SARI

Tarih: 27 / 11 / 2019

**ÖZET****YÜKSEK LİSANS TEZİ****GENETİK ALGORİTMA KULLANILARAK KOORDİNATÖR ÖĞRETMEN  
YERLEŞTİRME ÇİZELGESİNİN HAZIRLANMASI****İdris SARI****Konya Teknik Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı****Danışman: Doç. Dr. Halife KODAZ****2019, 113 Sayfa****Jüri****Doç. Dr. Hasan Erdiç KOÇER  
Prof. Dr. Harun UĞUZ  
Doç. Dr. Halife KODAZ**

İnsanoğlunun var olması ile birlikte gelişen dünya kriterlerinin başında bilim ve teknoloji gelmektedir. Bilim ve teknoloji alanında gelen yenilikler insan hayatında yeni olgulara ve gelişimlere açık hale gelmiştir. Bu noktalardan biri de insanoğlunun eğitimi ve öğretimi kavramıdır. Bilişim alanında da bu yeniliklere özgü olarak sisteme entegre edilmektedir. Entegre edilen yapılardan birisi de ders dağıtım çizelgeleridir. Ders dağıtım programları da bu temel üzerine inşa edilerek eğitimin planlı ve programlı bir zemine oturtulmasını sağlamıştır. Eğitimin ülkemizde ve dünyada en önemli kademelerinden biri de mesleki eğitim veren kurumlardır. Meslek liselerinin ve mesleki eğitim düzeyinin işleyişinde de uygulanan adımlardan bir tanesi de İşletmelerde Beceri Eğitimi dersidir. Bu ders kapsamında öğrenciler okul hayatında öğrendikleri pratik bilgileri alanlarına uygun şirket, fabrika gibi uygulamaya açık alanlarda staj imkânı bulmaktadırlar. Bu staj sürecinde öğrencilerin pratik bilgilerinin uygulamaya tam olarak aktarılması konusunda öğrencilere alan öğretmenleri, koordinatör öğretmen olarak atanmaktadır. Bu atanmış koordinatör öğretmenler de alan öğrencilerinin eğitimi ve gelişimi konusunda eğitimden sorumlu işletme personeli ile koordineli olarak öğrencinin iş hayatına hazırlanmasını sağlamaktadır. Bu çalışma kapsamında genetik algoritma kullanılarak koordinatör öğretmen yerleştirme çizelgesinin optimize edilmesi için bir yazılım geliştirilmiştir. Böylelikle meslek lisesi veya mesleki eğitimde öğrenim gören öğrencilerin ilgili ders kapsamında hangi koordinatör öğretmenin atanacağı bu çalışma kapsamında belirli kısıtlar ve kısıtlar göz önünde bulundurularak belirlenmesi sağlanmış olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Genetik Algoritma, İşletmelerde Beceri Eğitimi, Koordinatör Öğretmen

**ABSTRACT****MS/PhD THESIS****PREPARATION OF COORDINATOR TEACHER PLACEMENT CHART  
USING GENETIC ALGORITHM****İdris SARI****Konya Technical University  
Institute of Graduate Studies  
Department of Computer Engineering****Advisor: Assoc.Prof. Dr. Halife KODAZ****2019, 113 Pages****Jury****Assoc.Prof. Dr. Hasan Erdiñ KOÇER****Prof. Dr. Harun UĞUZ****Assoc.Prof. Dr. Halife KODAZ**

With the existence of human beings, science and technology are the leading criteria in the developing world. Innovations in the field of science and technology have become open to new phenomena and developments in human life. One of these points is the concept of human education and training. In the field of informatics, these innovations are integrated into the system. One of the integrated structures is course distribution schedules. The course distribution programs were built on this basis and ensured that the education was placed on a planned and scheduled basis. One of the most important levels of education in our country and in the world is the institutions providing vocational education. One of the steps applied in the functioning of vocational high schools and vocational education level is Skill Training in Business. Within the scope of this course, students find internship opportunities in areas open to practice such as company and factory which are appropriate to the practical knowledge they learned in school life. During this internship process, the teachers who are assigned to the students are assigned as coordinator teachers in order to fully transfer the practical knowledge of the students to the practice. These assigned coordinator teachers are also prepared for the business life in coordination with the management personnel responsible for the education and development of the field students. In this study, a software has been developed to optimize the coordinator teacher placement schedule by using genetic algorithm. Thus, it will be ensured that the coordinator teacher to be assigned to the students in vocational high school or vocational education within the scope of the related course will be determined by considering certain criteria and constraints within the scope of this study.

**Keywords:** Coordinator Teacher, Genetic Algorithm, Skill Training in Business

## ÖNSÖZ

Bu çalışmamda bana yol gösteren ve her türlü bilimsel katkıyı sağlayan çok saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Halife KODAZ 'a teşekkürü bir borç bilirim.

İdris SARI  
KONYA-2019



Sevgili eşim Aynur SARI ve oğullarım Mustafa Kaan ile Ahmet Anıl ve yeğenim  
Zeynep Zümra 'ya ...

## İÇİNDEKİLER

<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>ÖNSÖZ .....</b>	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER.....</b>	<b>viii</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ.....</b>	<b>x</b>
<b>TABLolar LİSTESİ .....</b>	<b>xii</b>
<b>ÇİZELGELER LİSTESİ .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ŞİMGELER VE KISALTMALAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....</b>	<b>3</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>7</b>
3.1 Optimizasyon Kavramı.....	7
3.2 Optimizasyon Problemleri .....	9
3.3 Optimizasyon Algoritmaları .....	11
3.3.1 Sezgisel optimizasyon .....	13
3.3.2 Metasezgisel algoritmalar .....	14
3.4 Genetik Algoritma .....	17
3.5 Genetik Algoritma İle İlgili Temel Kavramlar.....	19
3.6 Genetik Algoritma Temel Çalışma Prensibi.....	21
3.7 Genetik Algoritma Aşamaları .....	24
3.8 Kodlama .....	27
3.8.1 İkili kodlama.....	28
3.8.2 Permütasyon kodlama.....	29
3.8.3 Değer kodlama.....	29
3.8.4 Ağaç kodlaması .....	29
3.8.5 Gray kodlama .....	30
3.9 Başlangıç Popülasyonunun Oluşturulması.....	30
3.10 Uygunluk Değerinin Hesaplanması .....	31
3.11 Çoğalma İşleminin Uygulanması.....	31
3.12 Çaprazlama İşleminin Gerçekleştirilmesi .....	32
3.13 Mutasyon İşleminin Gerçekleştirilmesi .....	32
3.14 Yeni Popülasyonun Meydana Gelmesi ve İterasyonun Sonlandırılması ....	32
3.15 Doğal Seçim.....	33
3.15.1 Elitizm .....	33
3.15.2 Rulet tekerleği.....	33
3.15.3 Turnuva seçimi .....	36
3.15.4 Sıralama seçimi.....	36
3.15.5 Sabit durum seçimi .....	37
3.15.6 Rasgele seçim .....	37
3.16 Genetik Algoritma Operatörleri .....	37
3.16.1 Üreme (Reproduction).....	38
3.16.2 Çaprazlama (Crossover) operatörü .....	39
3.16.3 Mutasyon operatörü .....	46
3.17 Genetik Algoritma Parametreleri .....	50
3.17.1 Popülasyon büyüklüğü .....	50
3.17.2 Çaprazlama oranı .....	51



3.17.3 Mutasyon oranı .....	51
3.17.4 Sonlandırma kriteri .....	52
3.18 Çizelgeleme Problemleri .....	53
3.18.1 Ders çizelgeleme problemleri .....	54
3.18.2 Ders çizelgeleme yöntemleri .....	55
3.18.3 Ders çizelgeleme programları .....	61
3.19 Mesleki Eğitim ve Koordinatörlük Görevi .....	66
3.19.1 İşletmelerde mesleki eğitim ve koordinatörlük görevi .....	66
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....</b>	<b>76</b>
4.1 Genetik Algoritma Kullanılarak Koordinatör Öğretmen Hazırlama Programı .....	76
4.1.1 Problemin açıklanması .....	77
4.1.2 Veri seti .....	80
4.1.3 Kısıtlar .....	81
4.1.4 Kromozom yapısı .....	82
4.1.5 Uygunluk değeri .....	84
4.1.6 Doğal seçim .....	87
4.1.7 GA operatörlerinin uygulanması işlemi .....	87
4.1.8 Çaprazlama operatörünün gerçekleştirilmesi .....	88
4.1.9 Mutasyon operatörünün gerçekleştirilmesi .....	89
4.2 Deneysel Sonuçlar .....	90
4.2.1 Deney 1 ve sonuçları .....	92
4.2.2 Deney 2 ve sonuçları .....	94
4.2.3 Deney 3 ve sonuçları .....	96
4.2.4 Deney 4 ve sonuçları .....	98
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>103</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>106</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>113</b>

## ŞEKİLLER LİSTESİ

<b>Şekil 2.1</b> Zaman çizelgeleme problemlerinin eğitimde sınıflandırılması (Schaerf, 1999).....	5
<b>Şekil 3.1</b> Bir tasarımın optimizasyonu.....	8
<b>Şekil 3.2</b> Optimizasyon problemlerinin sınıflandırılması (Yang, Xin-She, 2010).....	10
<b>Şekil 3.3</b> Optimizasyon algoritmalarının cinslerine göre sınıflandırılması (Weise,2009) .....	12
<b>Şekil 3.4</b> Metasezgisel yöntemlerin kullanıldığı optimizasyon algoritmaları .....	17
<b>Şekil 3.5</b> Genetik algoritmanın genel işleyişi ve genetik çevrim.....	23
<b>Şekil 3.6</b> Genetik algoritma akış diyagramı.....	26
<b>Şekil 3.7</b> Genetik algoritmanın temel yapısı (Sakawa, 2002) .....	27
<b>Şekil 3.8</b> Kromozomların uygunluğu ve şartların sağlanması.....	28
<b>Şekil 3.9</b> Rulet tekerleği metoduna ait bir örnek.....	35
<b>Şekil 3.10</b> Tek noktalı çaprazlama örnekleri.....	40
<b>Şekil 3.11</b> İki noktadan çaprazlama örneği.....	41
<b>Şekil 3.12</b> Uniform çaprazlama örneği .....	42
<b>Şekil 3.13</b> Çaprazlama çeşitlerine ait örnekler (Kaynak : Bolat ve ark., 2004).....	43
<b>Şekil 3.14</b> Kısmi planlı çaprazlama.....	43
<b>Şekil 3.15</b> Pozisyona dayalı çaprazlama (Kaya, 2006).....	44
<b>Şekil 3.16</b> Sıraya dayalı çaprazlama(Engin, 2001).....	45
<b>Şekil 3.17</b> Mutasyon işlemi örneği.....	47
<b>Şekil 3.18</b> Mutasyon çeşitleri örneği.....	49
<b>Şekil 3.19</b> Ders çizelgeleme problemleri ile ilgili çalışmalar (Kaynak: Altunay ve ark., 2017) .....	56
<b>Şekil 3.20</b> Tabu arama algoritması.....	58
<b>Şekil 3.21</b> Tavlama benzetim algoritması.....	59
<b>Şekil 3.22</b> Graf renklendirme algoritması.....	60
<b>Şekil 3.23</b> Dört iterasyondan oluşan aşamalı derinleşme algoritması.....	60
<b>Şekil 3.24</b> aSc Timetables yazılımı arayüzü.....	61
<b>Şekil 3.25</b> iMagic Timetable Master yazılımı arayüzü.....	62
<b>Şekil 3.26</b> Mimosa Scheduling Master yazılımı arayüzü.....	63
<b>Şekil 3.27</b> Lantiv Timetabler yazılımı arayüzü.....	63
<b>Şekil 3.28</b> Bilsa ders hazırlama programı.....	64
<b>Şekil 3.29</b> Kaşif ders dağıtım programı arayüzü.....	65
<b>Şekil 3.30</b> Yabil yazılımı arayüzü.....	65
<b>Şekil 4.1</b> Koordinatör öğretmen yazılımı (CTPCuGA).....	77
<b>Şekil 4.2</b> Veritabanları listesi.....	80
<b>Şekil 4.3</b> Çözüm uzayının çok boyutlu gösterimi.....	83
<b>Şekil 4.4</b> Yazılımda yer alan çaprazlama türleri.....	88
<b>Şekil 4.5</b> Çaprazlama yöntemleri.....	89
<b>Şekil 4.6</b> Yazılım içerisinde kullanılan mutasyon türleri.....	89
<b>Şekil 4.7</b> Mutasyon türleri.....	90
<b>Şekil 4.8</b> CTPCuGA koordinatör atama işlemi ve çözümü.....	91
<b>Şekil 4.9</b> Deney 1 sonuçları.....	93
<b>Şekil 4.10</b> Deney 2 sonuçları.....	95
<b>Şekil 4.11</b> Deney 3 sonuçları.....	97
<b>Şekil 4.12</b> Deney 4 sonuçları.....	99

**Şekil 4.13** Deney sonuçlarının karşılaştırılması.....100



**TABLolar LİSTESİ**

<b>Tablo 3.1</b> Evrim süreci ile genetik algoritma terimleri ve karşılıkları .....	22
<b>Tablo 4.1</b> Örnek gelişim tablosu .....	78
<b>Tablo 4.2</b> Koordinatör öğretmen atama zaman çizelgesi .....	79
<b>Tablo 4.3</b> CTPCuGA yazılımında kullanılan deney veri setleri .....	91
<b>Tablo 4.4</b> Deney 1 'e ait değerler .....	92
<b>Tablo 4.5</b> Deney 2 'ye ait değerler .....	94
<b>Tablo 4.6</b> Deney 3 'e ait değerler .....	96
<b>Tablo 4.7</b> Deney 4 'e ait değerler .....	98
<b>Tablo 4.8</b> Deney sonuçlarının çaprazlama türleri ve mutasyon oranlarına göre uygunluk değerleri .....	101



**ÇİZELGELER LİSTESİ**

<b>Çizelge 3.1</b> İkili kodlama ile oluşturulan kromozom yapısı .....	28
<b>Çizelge 3.2</b> Permütasyon kodlama ile oluşturulmuş kromozom yapısı .....	29
<b>Çizelge 3.3</b> Değer kodlaması ile oluşturulmuş kromozom yapısı .....	29
<b>Çizelge 3.4</b> Gray kodlama yöntemi .....	30
<b>Çizelge 3.5</b> Ters çevirme mutasyon örneği .....	48
<b>Çizelge 3.6</b> Yer değişikliği örneği .....	48
<b>Çizelge 3.7</b> Ekleme örneği .....	49
<b>Çizelge 3.8</b> Karşılıklı değişim örneği .....	49
<b>Çizelge 4.1</b> Program içerisinde oluşturulan kromozom yapısı .....	83
<b>Çizelge 4.2</b> Program içerisinde yer alan gen dizisi.....	84



## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

- $\mathfrak{R}$  : Tasarım alanı yada arama uzayı  
 $f(x)$  : Amaç fonksiyonu

### Kısaltmalar

- GA : Genetik Algoritmalar  
MEB : Milli Eğitim Bakanlığı  
MSB : Milli Savunma Bakanlığı  
ÇSGB : Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı  
AMP : Anadolu Meslek Programı  
ATP : Anadolu Teknik Programı  
CTPCuGA : Coordinator Teacher Placement Chart using Genetic Algorithm

## 1. GİRİŞ

İnsanoğlu, yaşadığı çevrenin özelliklerini benimseyerek yaşam çizgisini bu özellikler çerçevesinde Őekillendirmiřtir. Dünyanın varoluşundan bu yana çevresinde yaşadığı canlıları gözlemlemiş, canlıların gelişimi ve ortak uyum içerisindeki davranışlarının kaynağını merak etmiştir. Canlıların doğumundan, ölümüne kadar olan fizyolojik gelişmeler insanoğlunun merakını cezbetmekle kalmayıp, araştırmalar konusunda da ana kaynağı teşkil etmiştir.

Optimizasyon konusunda gelinen son nokta itibari ile baktığımızda, canlıların yaşamsal süreci halen tazeliğini koruyan dallardan birisi olagelmiştir. GA olarak günümüze gelecek ve halen araştırma konularının başında olan optimizasyon tekniğinin dayanağı evrimsel gelişim süreci olmuştur. Charles Darwin'in evrim teorisi, canlıların evrimsel sürecini açıklarken aynı zamanda günümüzün optimizasyon tekniklerinden birisinin olacağı düşünülemezdi.

Eğitim kurumlarının en önemli görevlerinden biri belirlenen ders programı bünyesinde akademik olarak en verimli Şekilde eğitim ve öğretimin optimum sonuçlara götürmesini sağlayacak planlamalardır. Bu kapsamda ele alınan problemin varlığı her akademik kurum için bir problem teşkil etmiş ve çeşitli varyasyonlarla çözüm yöntemleri elde edilmeye çalışılmıştır. Ders izelgeleme problemleri, zaman çizelgeleme problemleri kapsamında ele alınarak metasezgisel yöntemlerle sonuca en iyi Şekilde ulaşma başarısı elde etmişlerdir. Metasezgisel yöntemler içerisinde ise GA'nın optimum sonuca varmada ne çıktıkları ve çalışmaların bu yönde ağırlık kazandığı görülmektedir.

Bu tez kapsamında, yapılan çalışmalarla ilgili literatür çalışması ikinci bölümde yapılmıştır.

nc bölümde ise optimizasyon kavramı ve optimizasyon problemlerinin mantığı ve çözüm aşamaları hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca GA ve çalışma prensibi ile GA operatörleri geniş olarak anlatılmıştır. Zaman izelgeleme problemlerinden olan ders çizelgeleme mantığı ve yapılan çalışmalar aktarılmıştır. Yine aynı bölüm içerisinde, tez kapsamında hedef kitle olarak belirlenen meslek liseleri ve koordinatörlük görevi hakkında bilgiler verilmiştir.

Dördüncü bölümde, tez konusu ile ilgili olarak gerçekleştirilen GA tabanında, C# programı kullanılarak yapılan çalışmalar ve deneysel sonuçların elde edilmesi konusunda yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir. Bu noktada problemin ele alınması, problem

kapsamında oluşan kısıtlar, kısıtlara bağlı olarak program içerisinde olması zorunlu ve esnek durumlar işlenmiştir. Koordinat3r 3ęretmen atama yazılımı (CTPCuGA) hakkında çalışma prensipleri ve 3zellikleri aktarılmıştır.

Beşinci b3l3mde tez kapsamında gerçekleştirilen, yapılan çalışma ve yazılımla ilgili sonuç ve 3neriler verilmiştir.





## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Optimizasyon en iyileme anlamına gelmekte olup, bir probleme bağlı olarak belirli kısıtlar altında en iyi sonuca varmak için arama uzayında çözümler arasından uygun olanı seçme işlemi olarak adlandırılır. Optimizasyon konusunda literatürde yer alan ve problemlerin çözümü için geliştirilmiş optimizasyon yöntemleri mevcuttur. Bu yöntemlerin günümüzde en yaygın olarak kullanılanların başında sezgisel optimizasyon teknikleri ve algoritmaları yer almaktadır. Sezgisel algoritmalar, çok boyutlu optimizasyon problemlerin çözümünde, makul görülen zaman aralığında en iyiye yakın sonuçların elde edilmesini sağlayan algoritmalardır.

Evrimsel süreci ve evrim teorisi hakkında ilk kaynak, “Türlerin Kökeni (The Origin of Species)” adıyla yayımlanan Charles Darwin’ in kitabıdır. 1975 ’de “Adaptation in Natural and Artificial Systems” isimli yapıtında GA kavramını kazandıran Holland çalışmalarından bahsetmiştir (Holland, 1975).

Rosenberg, biyolojik simülasyonu gerçekleştiren bir çalışma yapmıştır. DeJong, matematiksel fonksiyonları GA ile çözmüştür (Goldberg, 1989).

“An Overview of Genetic Algorithms Part 1 & 2” adlı eserinde Beasley ve ark., GA ’nın uygulama alanlarını inceleyerek ana prensipler dışında farklı tekniklerin karşılaştırmasını gerçekleştirmiştir (Beasley, 1993).

GA üzerinde kullanılan tekniklerin evrimle olan stratejik bağlantılarını açıklayan kuramsal yapı, Evolutionary Computation: from Genetic Algorithms to Genetic Programming” isimli çalışmada bahsedilmektedir (Abraham ve ark., 2006).

Andrzej Osyczka (2002), evrimsel algoritmaların esas bakış açısını içeren bir metin ve özellikle klasik optimizasyon yöntemleri kullanılarak çözülemeyen tasarım optimizasyon problemlerini çözen ileri uygulamalar sunmuştur.

Sareni ve ark. (2000), sınırlandırılmış optimizasyon problemlerini çözecek birçok GA Stratejisini tasarlamışlardır. Erken yakınsamayı önleyecek çeşitli genetik işlemciler ele almışlar ve özellikle, hücrelendirme metotları, her birinin avantajlarını ve sakıncalarını gösteren bir karşılaştırma sunmuşlardır.

Goldberg (1989), GA konusunda doğal seçim mekanizmasına ve doğal genetiğe dayalı arama işlemleri hakkında geniş bilgiler vermiştir. GA ’ların matematiksel temelleri, bilgisayarda gerçekleştirim aşamaları, çeşitli örnekler, genetik aramada ileri

işlemci ve teknikler, genetik temelli makine öğrenmesi ve uygulamaları üzerinde detaylı bir şekilde incelemiştir. Ayrıca bazı dillerde yazılmış kodlarla örnekler vermiştir

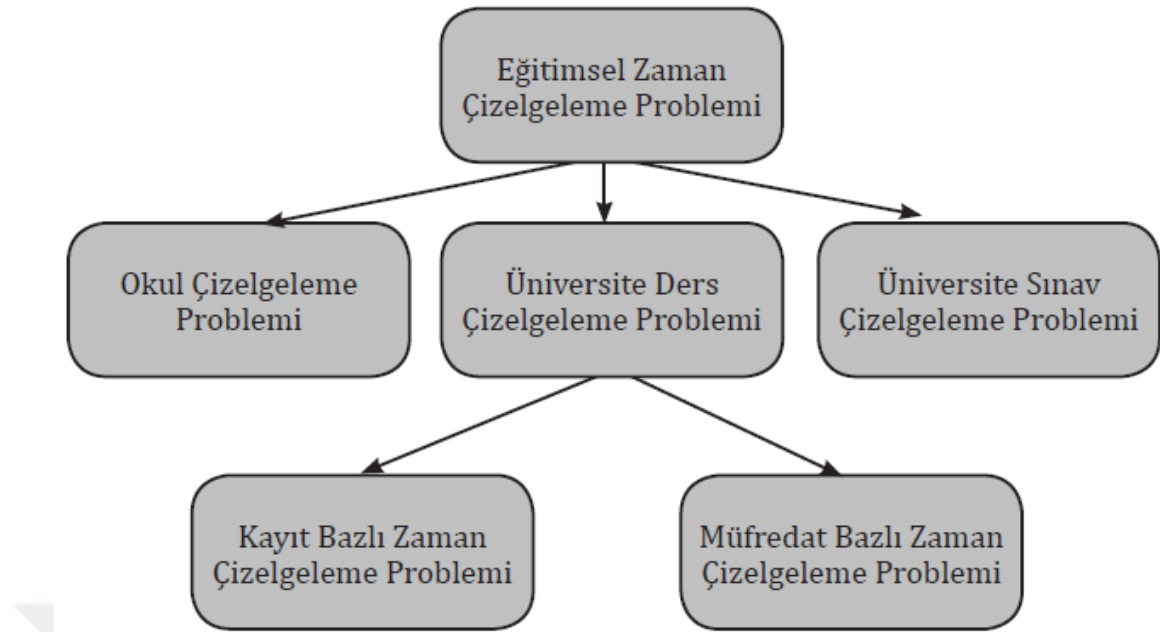
Sürekli fonksiyonların kullanımında, GA'nın entegre edilerek kullanılması yöntemi ile ilgili çalışmalar yapılmış ve "The Parallel Genetic Algorithm As Function Optimizer" isimli çalışmada bu yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir. Ayrıca büyük boyutlu optimizasyon problemlerinin çözümü noktasında uygulanan GA tasarımı "Multi-Objective Optimization Using Genetic Algorithms" isimli çalışmada, yazarlar tarafından özetlenmiştir (Coit ve ark., 2005).

Zaman çizelgeleme problemleri içerisinde yer alan ve eğitimsel süreç içerisinde değerlendirilen ders çizelgeleme problemleri her sınıf, öğretim elemanı, dersin özellikleri gibi kısıtlar altında optimum sonucun elde edilmesini sağlamak ve verimliliğin hedeflendiği ve çözüm arayışlarının ele alındığı problem türleridir. Elle çözümü çok zor olan bu problem türü için farklı yöntem ve teknikler uygulanarak çözüm arayışları elde edilmeye çalışılmıştır. Literatürde çok sayıda çalışmaya rastlamak mümkündür. Bu çalışmaların kıyaslanması mümkün değildir. Sebebi ise farklı algoritma tekniklerinin kullanıldığı çalışmaları hepsinde kısıtların farklılığı ve eğitim kademeleri ile ihtiyaçlarının farklılığıdır.

Çizelgeleme problemlerine çözüm arayışlarında yapılan ilk çalışma 1960'lı yıllarda grafik renklendirme tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelgeleme problemleri içerisinde yer alan bir diğer problem türü olarak verilen alanlardan biri de eğitim alanında ortaya çıkmıştır. Bu noktada eğitim kurumlarındaki ders faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi konusunda ortaya konan ders çizelgeleme problemleri de en zor problem sınıfında yer almakla birlikte, bu problemlerin çözümü konusunda da çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Çoruhlu, 2007).

Literatürde zaman çizelgeleme problemleri içerisinde yer alan eğitim kurumlarındaki ders çizelgeleme problemleri konusunda çok sayıda sınıflandırmakla yapılmakla birlikte en çok kullanılan sınıflandırma yöntemi Schaerf tarafından yapılan sınıflandırma olmuştur. Buna göre yapılan sınıflandırma Şekil 2.1 'de gösterilmektedir.



**Şekil 2.1: Zaman çizelgeleme problemlerinin eğitimde sınıflandırılması(Schaerf, 1999)**

Abramson, pascal programlama dilini kullanarak tavlama benzetim algoritması ve Monte Carlo yöntemini kullanarak altı farklı tavlama yöntemini karşılaştırmıştır. Raporunda öğretmen-derslik karşılaştırması ile yaptığı çalışmada sonucun zamansal olarak ne kadar sürede sonuçlandığı bilgisini de vermişlerdir. Sonuca göre en kısa süre 11, en uzun süre 14 saniye olarak ölçülmüştür (Abramson, 1991).

Hertz ve Schaerf, tabu arama yöntemi ile gerçekleştirdikleri ve üç okulda denedikleri çalışmayı C++ dilinde gerçekleştirmişlerdir (Hertz, 1992, Schaerf, 1996).

Evrimsel algoritmalarından olan GA yöntemini kullanarak ders çizelgesi hazırlama işlemi ilk olarak Colorni tarafından uygulanmıştır (Colorni, 1993).

Haftalık ders saatinin 30 olduğu ve 10 sınıf ile 20 öğretmen bilgileri kullanılarak yapılan çalışma gezgin satıcı ve sağlanabilirlik yöntemlerinin uygulandığı bir çalışma olmuştur. 1995 yılında Konstanz Üniversitesi'nde görevli Erben ve Kepler C ve prolog dillerini kullanarak 300 öğretmen, 1500 ders, 80 sınıf ve 100 dersliği baz alarak 2500 iterasyon ile GA tabanlı bir çalışma yapmışlardır (Erben ve Kepler, 1995).

Alvarez ve arkadaşları, tabu arama algoritmasını kullanarak ders çizelgeleme probleminin çözümü için paket programlar geliştirmişlerdir (Alvarez ve ark., 2002).

Dowland, Abramson, Dige, Elmohamed, Kostuch, Bai, Tuga, Aycan ve Ayav, Abdullah, Basir, Cura, Ceschia ve ark. gibi çalışmacılar, tavlama benzetimi tekniğini baz

arak ders çizelgeleme problemlerinin çözümlü konusunda çalışmalar yapmışlardır (H.Altunay ve ark., 2017).

Khonggamnerd ve Innet, GA kullanılarak gerçekleştirilen otomatik ders çizelgeleme problemlerinin çözümünde daha verimli sonuçların elde edildiği sonucuna vararak yeni bir model geliştirmişlerdir (Khonggamnerd P, Innet S., 2009).

Burke ve ark., Paechter ve ark., Carrasco ve Rato, Ueda ve ark., Yu ve Sung, Wang, Jat ve Yang, Asham ve ark., Alsmadi ve ark., Kohshori ve ark., gibi yazarlar ve araştırmacılar ders çizelgeleme problemlerinin çözümünde GA 'yı kullanarak çalışmalar yapmışlardır (H.Altunay ve ark., 2017).

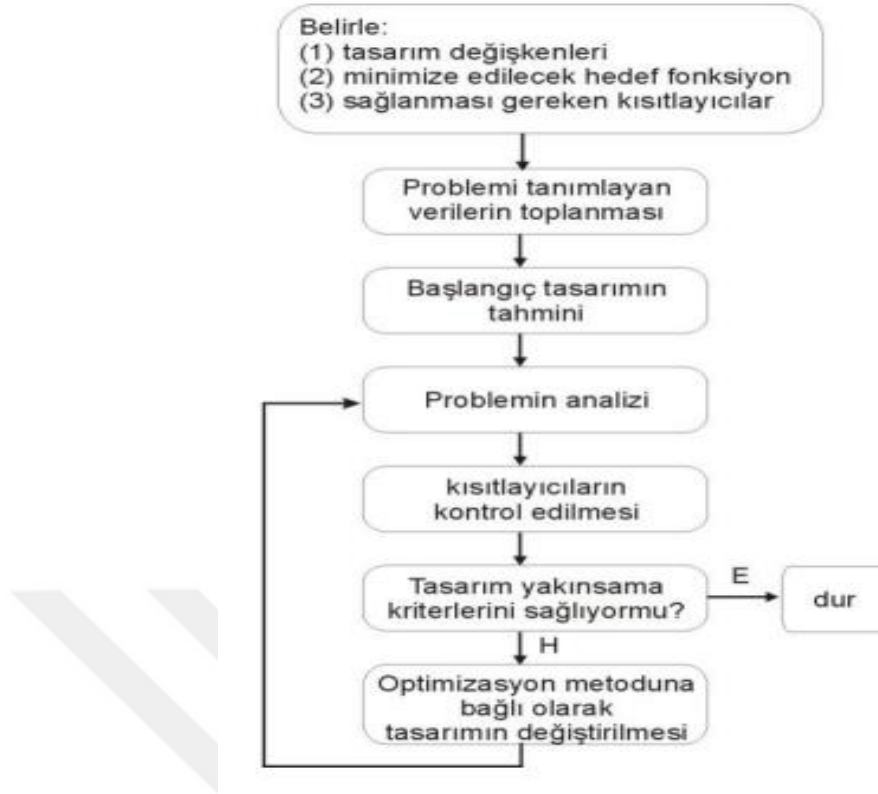
Meslek liselerinin, haftalık olarak belirlenen ders çizelgesinin oluşturulmasında, Yiğit (2006) tarafından yapılan çalışmada GA kullanılmıştır.



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1 Optimizasyon Kavramı

Optimum kelimesi latince bir kelime olup nihai ideal sonuç olarak bilinir. Optimizasyon, tasarımı gerçekleştirilmiş olan sistem içerisinde mevcut kaynakların (işgücü, süre, sermaye, süreçler, hammadde, kapasite, ekipman vb.) ergonomik yapıda verimliliği sağlamayı amaçlayan biçimde kullanılarak belirli hedeflere (maliyet azaltımı, kâr artırımı, kapasite kullanımının artırılması ve verimliliğin yükseltilmesi vb.) ulaşmayı sağlayan bir teknolojidir (Gass, 2000). Optimizasyon istenilen bir amaç için belirlenen kısıtlamalar doğrultusunda uygunluk değerlerinin elde edilerek en nihai çözümün belirlenmesi sürecinin bir göstergesidir. Günümüzde kısıtlamalar doğrultusunda birçok büyük ölçekli problemler bilgisayarlar tarafından yaklaşık olarak çözülebildiği için, optimizasyonun önemi daha da artmıştır. Optimizasyon kavramı iki temel bileşen üzerinde durmaktadır. Bunlar; modelleme ve çözümlerdir. Modelleme gerçek hayatta yer alan problemleri matematiksel olarak ifade edebilmek üzerinde yoğunlaşmıştır. Çözümleme ise modellenen gerçek hayat problemlerinin çözümünde en iyi sonuca varabilme üzerinde odaklanmıştır. Aşağıda verilen Şekil 3.1 'de bir tasarıma ait optimizasyonun algoritmik aşamaları verilmiştir.



Şekil 3.1: Bir tasarımın optimizasyonu

Optimum değerleri bulmak için kullanılan metotlar içerisinde matematiksel yöntemler yani modelleme ele alınmıştır. Matematiksel yöntemlerin temel amacı istenilen yada hedeflenmiş olan optimum değerini maksimize yada minimize edilme işlevidir.

Optimizasyon problemleri genellikle Denklem 3.1, Denklem 3.2 ve Denklem 3.3 'te gösterildiği şekilde matematiksel olarak ifade edilmektedir.

$$\text{Minimize } X \in \mathfrak{R} \quad f_i(x), (i = 1, 2, \dots, M), \quad (3.1)$$

$$\text{Amaç} \quad h_j(x) = 0, (j = 1, 2, \dots, J), \quad (3.2)$$

$$g_k(x) \leq 0, (k = 1, 2, \dots, K), \quad (3.3)$$

Burada;  $f_i(x)$ , hedef fonksiyonu,  $h_j(x)$  eşitlik kısıtlayıcıları ve  $g_k(x)$  eşitsizlik kısıtlayıcıları olarak adlandırılan tasarım vektörünün fonksiyonlarıdır. Denklem 3.4 'te tasarımın değişkenleri formülize edilmiştir.

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T \quad (3.4)$$

Burada;  $x$ 'in  $x_i$  bileşenleri tasarımın değişkenleridir ve bunlar sürekli, kesikli yada her iki şekilde olabilirler.  $f_i(x)$  fonksiyonundaki  $i=1,2\dots M$  amaç fonksiyonu yada basitçe

maliyet fonksiyonu olarak tanımlanır ve  $M=1$  olması halinde, yalnız tek amaçlı,  $M>1$  olması durumunda ise bunun çok amaçlı olduğunu göstermektedir. Gerçek dünya problemleri genellikle çok amaçlıdır.  $\mathcal{R}$  tasarım alanı yada arama uzayıdır. Optimizasyon problemlerin alt ve üst limitleri bulunmaktadır bunlar;  $L_i \leq x_i \leq U_i$ ,  $1 \leq i \leq n$  tanımlamasında  $L_i$  ve  $U_i$   $x_i$  'nin  $i$  ninci değerinin alt ve üst limitleridir.

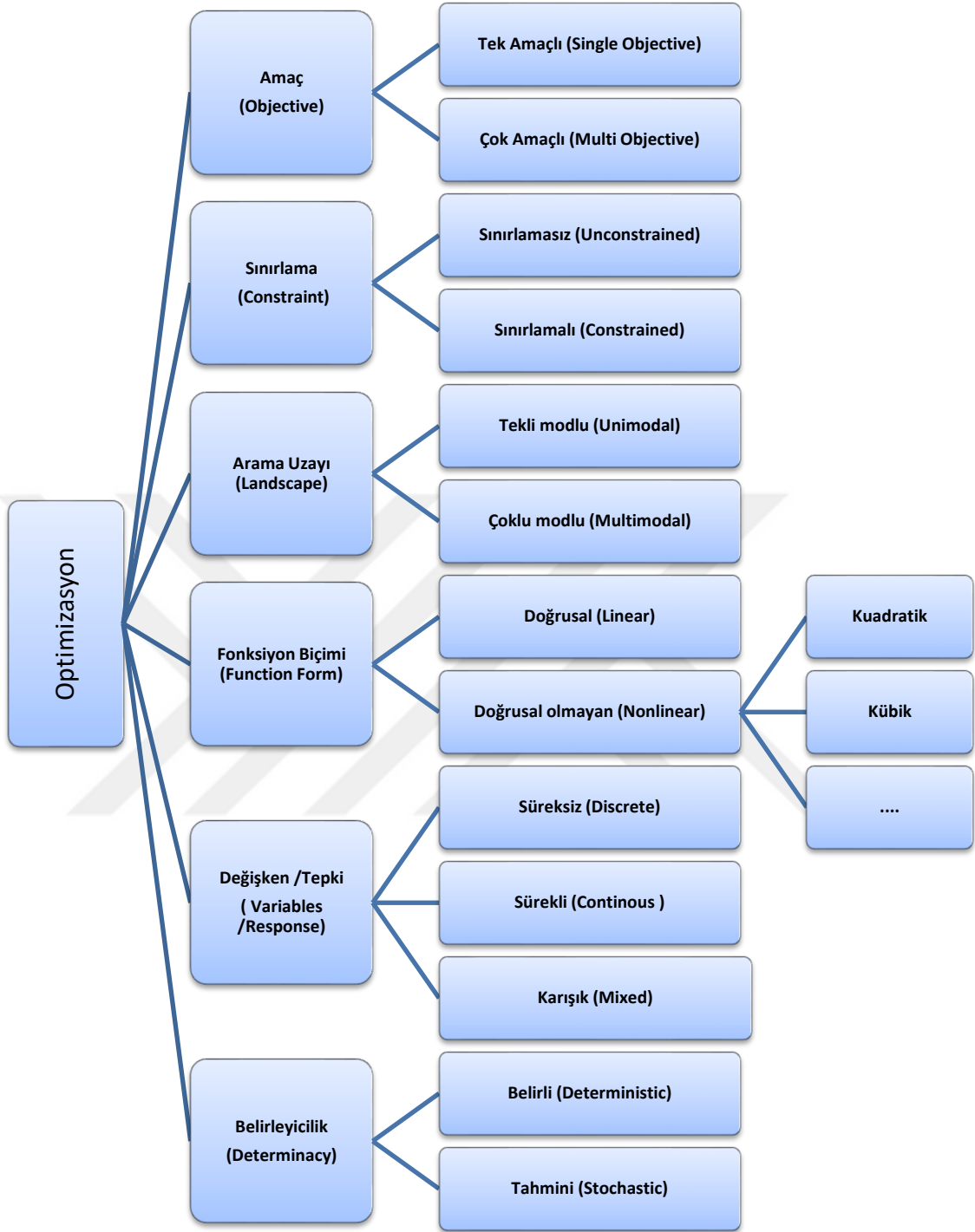
### 3.2 Optimizasyon Problemleri

Optimizasyon problemleri karakteristik özelliklerine bağlı olarak birçok şekilde sınıflandırılabilir. Tasarım değişkenlerinin sayısına bağlı olarak bir yada birden çok amaca bağlı bir sınıflandırma ilk sınıflandırma aşaması olarak karşınıza çıkmaktadır. Gerçek dünya problemlerinde, tek amaçtan ziyade birden fazla değişkene bağlı olan çok amaçlı optimizasyon problemleri yer almakta ve bunların çözümünde optimum değerlerin nicelikleri araştırılmaktadır.

Optimizasyon problemlerinin sınıflandırılmasında diğer bir sınıflandırma şekli ise tasarım değişkenlerinin türüne bağlı olarak yapılan sınıflandırmadır. Değişkenlerin alabildiği değerler göz önüne alındığında sürekli değer alan bir durumdan söz edilebilir. Gerçek dünya problemlerinde birden fazla değişken olduğu düşünülürse alınabilecek değerler de süreklilik gösterecektir. Değişkenlerin aldığı değerler tamsayı yada karışık tamsayı türünde olabilmektedir. Tamsayı değerler net ifade edilebilen sonuçlar ile ilgilenirken, karışık tamsayı değerlerinde hem tamsayı hem de gerçel sayıların beraber kullanıldığı görülür.

Bir diğer sınıflandırma türü ise, hedef ve kısıtlayıcı fonksiyonlara bağlı olarak gerçekleştirilen sınıflandırma türüdür. Bu sınıflandırma türünde; doğrusal, kuadratik ve doğrusal olmayan fonksiyonlar üzerinde optimizasyon işlemlerinin gerçekleştirilmektedir.

Optimizasyon ilkeleri ve fonksiyonları ele alındığında bir diğer sınıflama şekli problem formülasyonu üzerine gerçekleştirilebilmektedir. Problemin içeriğine bağlı olarak herhangi bir kısıtlayıcının olup olmaması üzerine de bir grupta gerçekleştirilebilmektedir. Bu sınıflandırmaların dışında optimizasyonun aldığı değerlere bağlı olarak sürekli, süreksiz ve karışık olarak sınıflandırılabilir. Optimizasyon problemlerinin sınıflandırılmış biçimi Şekil 3.2 'de verilmiştir.

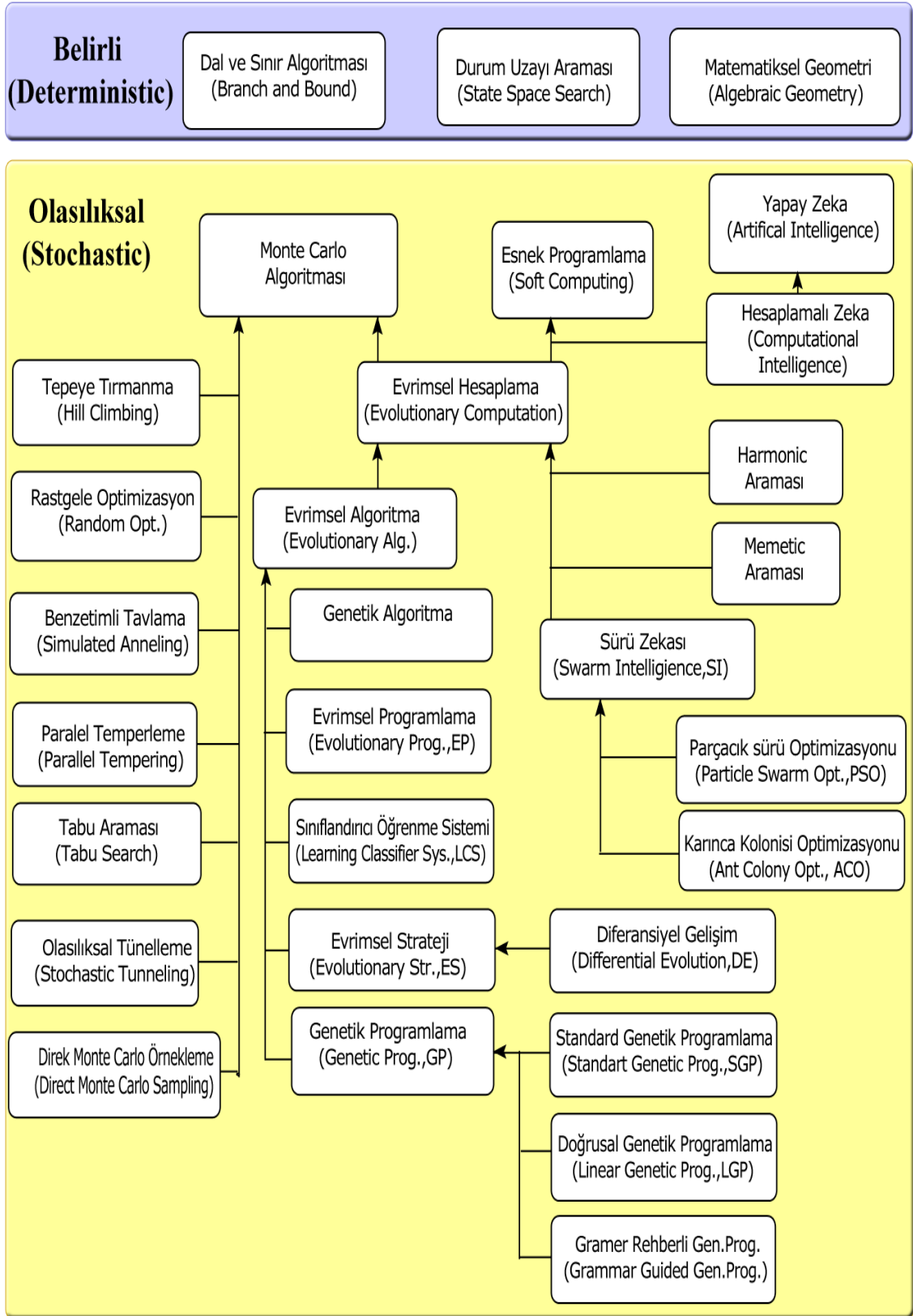


Şekil 3.2: Optimizasyon problemlerinin sınıflandırılması (Yang, Xin-She, 2010)



### 3.3 Optimizasyon Algoritmaları

Literatürde çok fazla sayıda optimizasyon algoritmaları mevcuttur. Optimizasyon algoritmaları incelendiğinde temel olarak iki sınıfta incelendiği görülebilmektedir. Bunlar; deterministik ve stokastik yöntemler. Deterministik optimizasyon yöntemleri, en alt ve en üst noktada yerel yakınsama sağlayan algoritmalarıdır. Stokastik optimizasyon algoritmaları rassal değişkenleri üretilen algoritmalar olarak bilinirler. Bu yöntemler genel olarak bakıldığında biyoloji, fizik, kimya, doğa ve spor kavramlarından ilham aldığı görülmektedir. Özellikle son yıllarda doğanın bir taklidi ile esinlenilmiş optimizasyon algoritmaları azımsanamayacak ölçütlere ulaşmıştır. Bu algoritmalara örnek verecek olursak; canlıların yaşamından ilham alan Parçacık Sürü Optimizasyonu, Yapay Alg Algoritması, doğal olaylardan esinlenen Yıldırım Arama Algoritması, Orman Optimizasyonu Algoritması, fiziksel yasaları temel alan Benzetim Tavlama, Yerçekim Arama, biyolojik tabanlı GA sayılabilir. Bu yöntemlerin dışında ikisinin bir birleşimi olan melez yöntemlerin varlığından söz edilebilir. Optimizasyon algoritmalarının cinslerine göre sınıflandırılmış görünümü Şekil 3.3 'de gösterilmektedir.



Şekil 3.3: Optimizasyon algoritmalarının cinslerine göre sınıflandırılması (Weise, 2009).

### 3.3.1 Sezgisel optimizasyon

Sezgisel kelimesi Yunanca heuriskin kelimesinden gelmekte olup, problemleri geliştirmede yeni yöntemler üretme, problem çözme anlamına gelmektedir. Sezgisel algoritmalar, belirlenen ve istenilen makul zaman aralığında çok boyutlu optimizasyon problemlerinin çözümünde en iyiye yakın sonuçların elde edilmesini sağlayan algoritmalarlardır. Bu tür algoritmaları sezgiye dayanarak optimum çözüme yakınsama yapan algoritmalarda olarak ta tanımlanabilmektedir. Sezgisel algoritmalar tam ve kesin bir çözümü garanti edememektedirler.

Net ve kesin bir çözümün geniş bir arama uzayında ve karmaşık problemlerde uygulanabilmesi çok zordur. Özellikle gerçek hayat problemleri söz konusu olduğunda çözüm uzayının sonsuz olduğu düşünülürse ve günümüzün en mükemmel bilgisayarlarında bile değerlendirilmesi ve çözülebilmesi bile yıllar aldığı göz önüne alındığında sezgisel optimizasyon için geliştirilen algoritmalara ihtiyacın ne denli zorunlu olduğu görülecektir. Bu noktadan hareketle sezgisel optimizasyonların varlığına gereksinim duyulmasının sebeplerini şu şekilde açıklayabiliriz:

- Problemin varlığı kesin ve net bir çözümü içermeyebilir.
- Karar verme noktasında daha basittir.
- Öğrenme amaçlı kesin çözümü bulmanın bir parçasıdır.
- Matematiksel formüllerin gerçek hayat kısıtlarına indirgemedeki sorun teşkil edebilir.

Sezgisel algoritmaların değerlendirilmesi için belirlenen ilkeler şunlardır (Karaboğa, 2011):

**Çözümlerin Kalitesi ve Hesaplama Süresi:** Algoritmaların etkinliğinin belirlenmesi noktasında var olan kriterlerden ilki çözüm kalitesi ve hesaplama zamanıdır. Algoritma yapısı içerisinde maliyet hesabı ve elde edilen sonucun kalitesinin belirlenmesinde kullanıcıya olanaklar sunabilecek ve etkinliğini artırabilecek değiştirilebilir parametre setlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sayede maliyet hesabı ve elde edilen çözümün kalitesi arasındaki ilişkinin kontrolü sağlanabilmektedir.

**Algoritmanın Basitliği ve Gerçeklenebilir Olması:** Algoritma yapısının oluşturulmasında algoritmanın basit olarak hazırlanabilmesi ve uygulanabilir özelliğinin olması gerekmektedir. Bu durumun en önemli avantajı hem az bilgisi olan kullanıcıların

kullanımına açık hale gelmesini hem de algoritmanın istenildiğinde farklı alanlara ve problemlere uygulanmasını sağlamada etkin bir rol oynamasıdır.

**Esnek Olması:** Algoritma yapısı ve tasarımında, kısıtlamalara bağlı olarak gerçekleştirilen tasarım ile oluşturulan modelin, amaç fonksiyonunda gerçekleştirilen değişikliklere kolayca adaptasyonunu sağlamalıdır.

**Sağlamlık:** Algoritma metot ve yöntemi bakımından, kalite olarak en yüksek ve üretilen çözümler açısından ise en iyi çözümü elde edebilme yeteneğine sahip olmalı ve bu durum ilk etapta verilen çözümden bağımsız olabilmelidir.

**Basit ve Analiz Edilebilir Olması:** Kompleks yapıya sahip algoritmalar, basit algoritmalarla kıyaslandığında elde edilen çözümün kalitesi ve esneklik özelliklerine bağlı olarak, kıyasla daha zor analiz edilebilmeyi gerektirmektedirler. Bu noktada oluşturulan algoritma yapı olarak basit ve kolay analiz edilebilir özelliklerine sahip olmalıdır.

**Etkileşimli Hesaplama ve Teknoloji Değişimleri:** Kullanıcı ile makine arasındaki etkileşimin artırılması ve oluşturulan sistem içerisinde kullanma arzusu, çözümlerin grafiksel olarak elde edilmesini sağlamak amacıyla bir kullanıcı arayüzü ile gerçekleştirilmesi algoritma yapısında temel olarak kullanılabilmesini ve teknolojik değişimlere ayak uydurabilmesini esas almalıdır.

### 3.3.2 Metasezgisel algoritmalar

Metasezgisel kavramından ilk defa 1986 'da, Fred Glover tarafından yayınlanan "Future paths for integer programming and links to artificial intelligence" adlı makalesinde bahsetmiş ve daha sonra literatüre geçmiştir. Metasezgisel algoritmalar, üst düzey değişik stratejilerin kullanımında lokal arama yöntemleri ile oluşturulabilen algoritmalarlardır. Bir metasezgisel metodun, değerlendirme aşamasında, değerlendirme şartları baz alınarak üst yapısal işlemlerle, elde edilen sonuç yada sonuçlardan bir diğer sonucun elde edilmesini sağlayan olası yapısal hareketlerdir (C.R.Reeves, 1993). Glover ve Laguna, metasezgisel yöntemleri üç ana aşamada sınıflandırmışlardır.

1. Uyarlanabilir bellek kullanımı
2. Komşuluk buluşunun çeşitleri
3. Bir iterasyondan diğerine geçildiğinde yer alan çözümlerin sayısı

Metasezgisel metotlar farklı yapılar içerisinde yer alan alt aşama sezgisel algoritmaların birleştirilip bir araya getirilmesiyle, iteratif yapıya sahip yani tekrarlama özelliği sunan ve çözüm uzayı içerisinde etken bir arama yapabilen problem çözme adımlarıdır. Algoritma içerisinde kullanılarak her iterasyonda oluşturulan bir çözüm veya çözüm kümesi içerisinde, yeni çözümler üretilmesini sağlayan yöntemlerdir (Blum ve Roli, 2003).

Metasezgisel algoritmalar, kombinasyonel problemlerin çözümü için oluşturulmuş global optimizasyon teknikleri olarak tanımlanabilir. Metasezgisel algoritmaların, en önemli özelliği belirli bir yapıdaki problemler sınırlı olmayıp, tüm kombinasyonel problemlere uygulanabilir olacak kadar esnek bir yapıya sahip olmasıdır. Bir metasezgisel algoritmanın uygulanabilecek olan problemin ana unsurlarına bağlı olarak tasarlanması ve uyarlanabilir, adaptif bir yapıya sahip olması, iyi sonuçların elde edilmesini sağlamada ilk adımdır (Hertz ve Widmer, 2003).

Lokal optimuma yakınsama sağlamasını önleyerek, arama uzayı içerisinde optimum sonuca yakın çözümlerin elde edilebilmesini sağlama çabası metasezgisel algoritmanın amaçlarından biridir. Tabiatın türetilmiş şekli olarak belirlenen metasezgisel algoritmalar, klasik sezgisel algoritmalarla kıyaslandığında hesaplama zamanı ve maliyetinin daha yüksek olduğu ancak optimum sonuca yakın sonuçların elde edilmesini gerçekleştirdiği metotlardan biridir (Laporte ve ark., 2000).

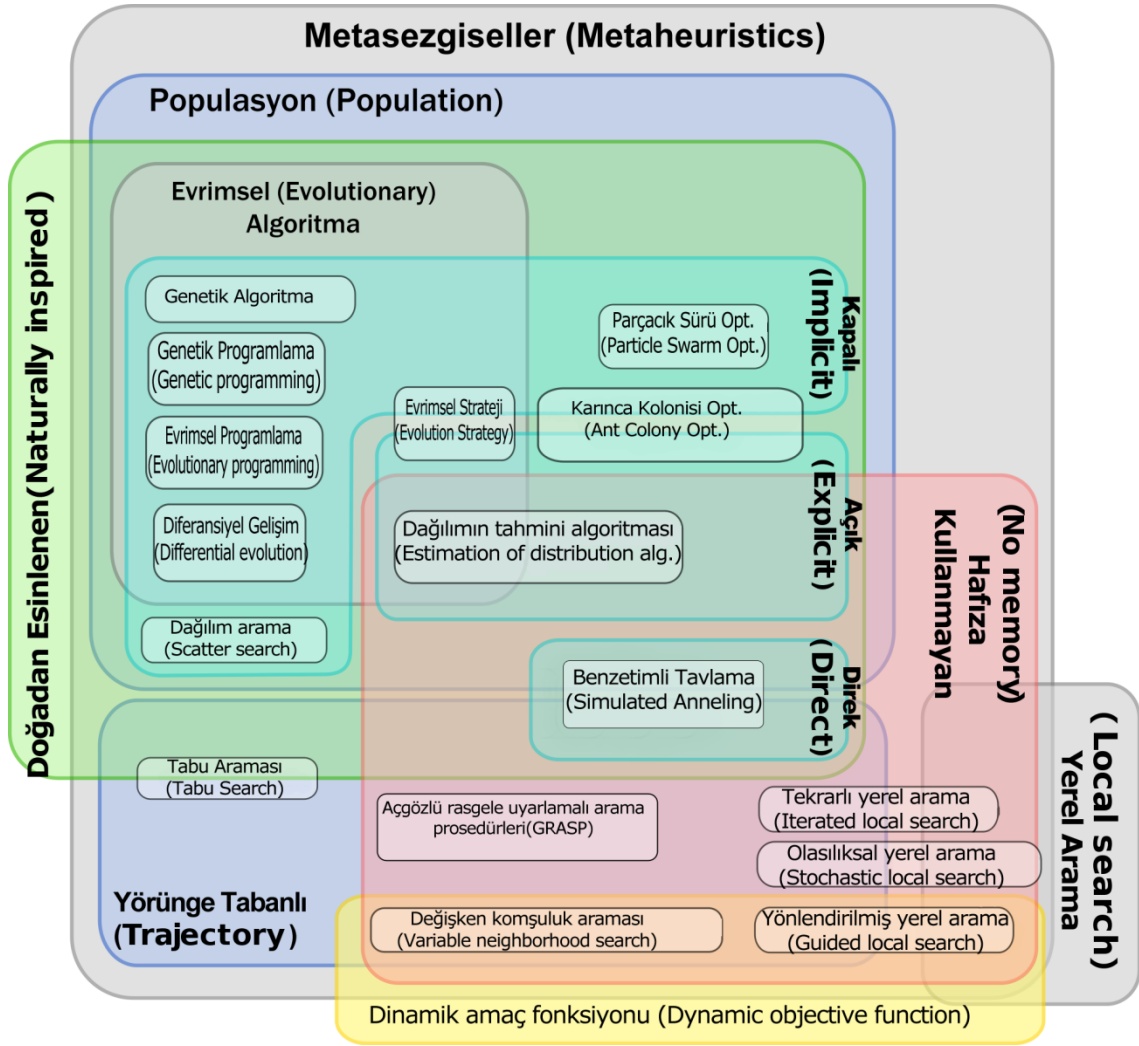
Sezgisel algoritmaların birçoğu probleme dayalı olan algoritmalarlardır. Bu algoritmalar, bir problemde en iyi performansı gösterebilirken başka bir problemde aynı oranda başarılı bir çözüm üretebilmeleri mümkün olmamaktadır. Bu noktadan hareketle her duruma ve probleme uyarlanabilme özelliğine sahip algoritmaların oluşturulması noktasında yapılan çalışmaların sayısı her geçen zaman içerisinde artış göstermektedir. Sosyal, biyolojik, zoolojik, fizik, bilgisayar ile buna bağlı olarak karar verme gibi bilimlerin baz alınarak türetilmesinde, bu yaklaşımların ve ihtiyaçların varlığı söz konusu olabilmektedir. Oluşturulan bu yaklaşım ve yöntemlere günümüzde “yapay zeka” ya da “modern sezgisel yaklaşımlar” olarak isimlendirilmeler verilmiştir (Karaboğa, 2004).

Metasezgisel algoritmaların temel özellikleri şu şekilde sıralanabilir (Blum ve Roli, 2003):

- Arama süreçlerinde yol gösteren stratejilerdir.

- Arama uzayında en iyi çözüme veya en yakın çözüme ulaşmak amacı ile verimli keşif yaparlar.
- Metasezgisel algoritmaları oluşturan metotlar, basit lokal arama süreçlerinden başlayarak kompleks öğrenme adımlarına kadar devam ederler.
- Metasezgisel algoritmalar tahmine dayalıdır ve genelde belirleyici değildirler.
- Lokal Optimum noktalarda takılmayı önlemek için mekanizmalar ihtiva ederler.
- Probleme özgü değildirler.
- Sezgisel biçimde bölgeye özgü bilgilerle yüksek seviyeli stratejiler ile kontrol sağlayabilirler.
- Farklı metotlar kullanarak arama uzayını keşfeden yüksek düzeyli stratejilerdir.

Etkin bir keşif süreci, çok yüksek bir arama uzayında gerçekleştirilmiş ve sezgisel yöntemler bir araya getirilerek metasezgisel yöntemleri oluşturmuştur. Şekil 3.4 'te Weise' a göre optimizasyon algoritmalarının sınıflandırılması gösterilmektedir.



Şekil 3.4: Metasezgisel yöntemlerin kullanıldığı optimizasyon algoritmaları

Bu sınıfta yer alan algoritmalarından bazıları şunlardır;

- Karınca Kolonisi Optimizasyonu (Ant Colony Optimization, ACO),
- Evrimsel Hesaplama (Evolutionary Computation, EC),
- Genetik Algoritma (Genetic Algorithms, GA),
- Benzetilmiş Tavlama (Simulated Annealing, SA),
- Yapay Arı Kolonisi (Artificial Bee Colony, ABC),
- Tabu Araması (Tabu Search, TS)

### 3.4 Genetik Algoritma

GA, yaşamdaki biyolojik evrim teorisini bilgisayar ortamında modelleyen stokastik düşünceyi baz alan populasyon temelli global bir arama yöntemidir. GA,

“Türlerin Kökeni (The Origin of Species)” isimli yapıtında Charles Darwin’ in bahsettiği üzere, en iyi olanın hayatta kalması prensibine dayanan biyolojik sistemlerin gelişimini modelleyen evrimsel algoritmadır. GA, ilk olarak Breemerman tarafından 1958 yılında geliştirilmiştir. Bu alanda ilk yayını 1967 yılında Bagley tarafından yapıldığını görmekteyiz. 1975 yılına geldiğimizde ise bu alanda ilk çalışmanın John Holland - Michigan Üniversitesi Psikoloji ve Bilgisayar Uzmanı- , “Doğal ve Yapay Sistemlerin Uygulanması(Adaptation in Naturel and Artificial Systems)” ismini verdiği kitabında yapıldığı görülmektedir. Holland, bu kitabında Katar-Plan teoremine öncülük edecek olan evrimsel süreçten faydalanarak canlıların genetik yapılarını bilgisayar ortamına taşımaya çalıştığını aktarmıştır. Holland’ın öğrencilerinden olan Goldberg 1989 yılında, GA ile ilgili olarak “Genetic Algorithm in Search Optimization and Machine Learning” isimli yayımlanan eserinde, çeşitli alanlarda pratik kullanımının sağlanmasını ele almıştır.

GA, evrimsel teori içerisinde doğal genetik biliminin yapısından bilgisayar bilimine geçişin adıdır. Evrimsel süreç içerisinde bakıldığında yaşam döngüsü içerisinde yer alan canlıların hayatta kalma yarışı ön planda yer almaktadır. Hayatta kalma yarışında güçlü olan bireylerin başarılı oldukları, yeni ve güçlü bireylerin oluşumunda nesillerini devam ettirdikleri, zayıf olanların ise yaşama şanslarının oldukça az oldukları gözlenmiştir. Evrimsel süreç ile ortaya çıkan GA ’nın ana fikri burada ortaya çıkmaktadır: verilen bir problemde popülasyon içerisinde yer alan en güçlü bireylerin seçilimi ile en optimum sonuca ulaşarak toplumsal yapının değişmesi prensibine dayanır.

GA, optimum sonuca ulaşmada rassal arama tekniği ve parametre ilkelerini kullanan optimizasyondur. Günümüzde GA ’nın birçok formu oluşmuştur. Oluşan yeni formların Holland’ın orijinal formülasyonuna çok az benzediği görülmektedir. Oluşan yeni formların farklı formülasyonlarla ifade edilebilse bile temel olarak geleneksel araştırma ve optimizasyon tekniklerinden ayrıştığı görülmektedir. GA ’yı diğer optimizasyonlardan ayıran temel özellikler Chipperfield (1997) ’a göre şu şekilde belirtilmiştir.

- GA, tek bir alanda arama ve araştırma yapmayıp, popülasyonda paralel olarak arama gerçekleştirirler.
- GA, deterministik kuralları kullanmayıp, olasılık ekseninde var olan geçiş kurallarını kullanmaktadırlar.



- GA, parametre setini kullanırken bu setlerin orijinallerini kullanmayıp, şifrelenmiş şekilleri üzerinde işlem gerçekleştirirler. Ancak reel değere sahip olan bireylerin ele alındığı problem yapıları için geçerli olmamaktadır.
- GA, algoritma içerisinde bilgi olarak, amaç fonksiyonlarına bağlı olmak kaydıyla uygunluk seviyelerini kullanarak araştırmanın sonuçları üzerinde etki etmesini sağlarlar. Bunun dışında farklı olarak ekstra bilgiye ihtiyaç duymamaktadırlar.

### 3.5 Genetik Algoritma İle İlgili Temel Kavramlar

GA evrimsel süreci biyolojik olarak modelleyen bir algoritmadır. GA'nın daha iyi anlaşılabilmesi açısından evrimsel süreç kavramlarının daha net bir şekilde öğrenilebilmesi gereklidir.

#### **Gen**

Bir organizmaya ait olan, genetik özelliklerinde yer alarak karakteristiğini belirleyen ve anlamlı en küçük bilgi taşıyan yapıdır. Organizmaya ait genlerden her biri, özel bir fonksiyon üstlenen kromozomların belirli bir konum içerisinde yer alan dizi veya değer yapılarından oluşmaktadır. Temsil edilen değişkenler ve değişkenlerin tuttuğu değerler, kromozomlar üzerinde yer alan ve belirli bir konumda bulunan genler olarak anılan yapılar ile ifade edilmektedir (Koza,1995). Burada temsil edilen karar değişkenlerin sayısı adedince gen mevcuttur.

Bir genin içerdiği yapı yani kodlama işlemi ikili, onlu, onaltılı tabanda, gray kodlama veya değer kodlama yapısına bağlı olarak GA'nın programlaması gerçekleştirilmektedir. Bu kodlama yapısına bağlı olarak genlerin başlangıç değer yapılarının değiştirilmemesi önem arz etmektedir.

#### **Kromozom**

Genlerin bir araya gelerek oluşturduğu topluluğa kromozom adı verilir. Alternatif aday çözümleri olarak tanımlanan kromozomlar GA problemlerin çözümünde başlangıcı oluşturan yapılardır. Çözüm uzayında en iyi sonucun elde edilebilmesini sağlamak amacıyla GA içerisinde yer alan kromozomların taşıdığı bilgi ve veriler en iyi biçimde kodlanmaları gerekmektedir (Mori ve Tseng, 1997). Kromozomlar, popülasyonda yer

alan bireylere karşılık gelmektedir. GA yapısı içerisinde yer alan kromozomlara ait bilgilerin tasarlanmasında, çözüm uzayında optimum çözümü verecek şekilde oluşturulması gerekmektedir.

### **Popülasyon**

Kromozomlardan oluşan yapıya popülasyon denir. Popülasyon, olası çözümlere ait olan kromozomların bir araya gelerek arama uzayı içerisinde bulunan olası çözüm kümesidir.

GA'nın optimum çözümlere en kısa süre içerisinde ulaşabilmesini sağlayan ve problemin çözümünde elde edebileceği başarı oranını etkileyen en önemli bileşen popülasyon yapısının büyüklüğüdür. GA'da popülasyon büyüklüğü yani kromozom sayısı için iterasyon sayısının azalması diğer bir ifade ile popülasyon içerisinde oluşturulan kromozom sayısının artması, genel bir şart niteliği taşımamakla birlikte elde edilebilecek çözümlerin oluşması noktasında zamansal bir azalışa yani çözüm için oluşabilecek sürenin kısalmasına sebep olmaktadır (Eiben ve Smith, 2003). Kromozom sayısının artması ile çözüm için elde edilecek zaman arasında ters bir orantı mevcuttur.

### **Uygunluk Fonksiyonu**

Popülasyon içerisinde bulunan kromozomların hangilerinin bir sonraki nesile aktarma işlemi yapılacağını belirleyen değerlendirme kriteridir. Burada uygunluk fonksiyonu maliyeti ve kaybı minimum, kar ve verimliliği en maksimum seviyede belirleyebilen bir değer seçilmelidir. Uygunluk fonksiyonu, problemin çözümünde ilk etapta belirlenmeli ve her bir kromozomun uygunluk değerleri hesaplanmalıdır. GA'da uygunluk değerlendirmesi, probleme dayalı olarak seçilen bir uygunluk fonksiyonu üzerinden varılan ve sonucu elde edilen uygunluk değeri  $f_i$  ile gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır.  $f_i$  uygunluk fonksiyonu olmak üzere, popülasyon içerisinde yer alan  $n$  elemanlı kromozom sayısı için  $f_1, f_2, \dots, f_n$  tane uygunluk değeri hesaplanır. Uygunluk fonksiyonlarının istenildiği üzere oluşturulmasında, herhangi bir analitik işlemin veya türev alma özelliklerinin varlığının gerekmemesidir (Chen ve Zalzal, 1997). Her birey için uygunluk değerleri hesaplanarak, bu değerlere bağlı olarak GA operatörleri olarak bilinen üreme, çaprazlama yada mutasyon işlemleri uygulanmaktadır (Koza, 1995). Problemin optimum çözümü için uygunluk değeri yüksek olan kromozom en büyük

etkiye sahip olan kromozomdur. Uygunluk değerinin yüksek olması kromozomun kalitesi üzerinde en önemli etkiye sahiptir (Mori ve Tseng, 1997). GA 'nın en önemli yapısal gücünü oluşturan ve baş faktör olarak belirlenen etken, yeni oluşturulacak nesile yani popülasyona aktarılacak olan kromozomların seçilmesinde uygunluk değerinin yüksek olmasının rolüdür (Buckles ve Petry, 1992).

### **Allel**

Bir genin temsil ettiği özelliklere bağlı olarak alabileceği değerlerdir.

### **Locus**

Kromozom üzerinde yer alan her bit için verilen isimdir.

### **Genotip**

Kodlama işlemi ile şifrelenmiş çözümün eski haline döndürülmüş çözümüdür.

### **Fenotip**

Kodlanan çözümdür (Cengiz, 2004).

## **3.6 Genetik Algoritma Temel Çalışma Prensipleri**

GA 'nın işleyiş sürecinin anlaşılabilmesi için evrimsel sürecin bilgisayar ortamına modellenmesi sürecinde kullanılan terimlerin, terimler arasındaki ilişkilerin iyi bilinmesi gereklidir. Bu terimler aşağıda yer alan Tablo 3.1 'de açıklanmıştır.

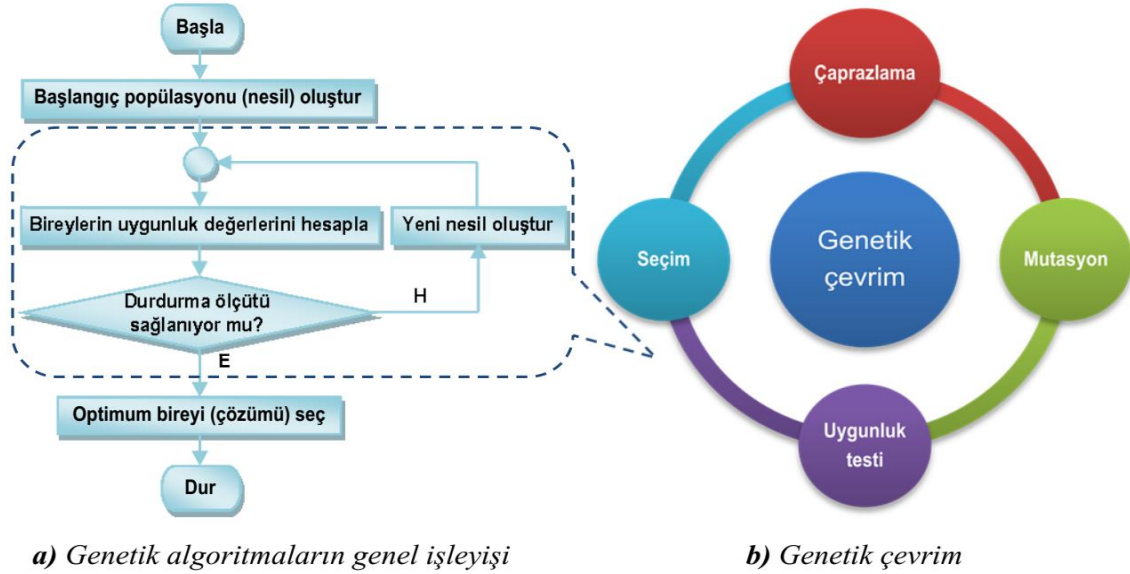
**Tablo 3.1: Evrim süreci ile genetik algoritma terimleri ve karşılıkları**

Doğal Süreçteki Terim	GA 'daki Karşılığı	Tanımı
Gen (Bit)	Özellik	Kromozomlar üzerinde yer alarak, problemlerin çözümünde bulunan parametrelerinin şifrlenmesini sağlayarak organizmanın karakterisel özelliklerine etki eden kalıtsal birimdir.
Kromozom	Dizi	Taşıdıkları şifrelenmiş parametreler ile çözümlerin üzerinde etkin rol oynayan genlerin bir araya gelmesi ile oluşan yapıdır.
Allel	Özelliğin değeri	Kromozomlar üzerinde yer alan genlerin her birine ait alabileceği parametre değerlerine bağlı olarak oluşturdukları değerler kümesidir.
Locus	Özelliğin pozisyonu	Dizi üzerinde problemin bir parametresinin bulunduğu pozisyon.
Popülasyon	Çözüm topluluğu	Kompleks yada kombinasyonel yapıda ele alınan problemin sonlu alt küme sayısına bağlı olarak elde edilen çözümlerdir.
Genotip	Yapı / Birey	GA içerisinde yer alan kromozomların her biri aday çözüm olarak ele alınmakta ve yeni oluşturulacak olan popülasyon içerisine belirli genetik işlemler neticesinde aktarılmaktadır. Böylelikle evrimsel değişimin gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır. Verilen problem içerisinde her biri aday çözüm olarak kabul edilen kromozomların popülasyon içerisindeki elemanlarının her birine genotip adı verilir.
Fenotip	Deşifre edilmiş çözüm	Çevresel etkileşimin genotip üzerinde etki ederek oluşturduğu canlıya fenotip adı verilir.
Uygunluk fonksiyonu	Amaç fonksiyonu	Çevresel etkileşime bağlı olarak uyum sağlamada en etken rolü üstlenen yapıdır. Uygunluk fonksiyonu yüksek olan bireylerin çevresel etkileşimde en çok uyum sağlayarak hayatta kalma şansı yüksek olan bireylerin sağlanmasında etkilidir.

GA içerisinde kullanılan terimsel yapılar doğal genetik terimler olmakla birlikte problem için her biri var olan aday çözümlerin temsil ettiği genotipler yani diğer bir ifade ile bireylerin oluşmasında etken olan kromozomların varlığı, GA içerisinde tabiatta yaşam şansı bulan bireylerden farklı olarak tek bir kromozomdan meydana gelmektedir (Michalewicz, 1992).

GA temel prensibi popülasyon içerisinde yer alan bireylerden en güçlü olanları bir sonraki nesile aktarmak yani amaç değerine sahip dizi elemanlarından yeni bireyler yaratma ve neslin döngüsünü sağlamaktır. GA aynı zamanda popülasyonda yer alan gen dizilimleri üzerinde karar değişkenlerinin şifrelenmesini temel alan bir çözüm sunmaktadır.

GA 'ya ait genel işleyiş adımları ile genetik çevrim döngüsü Şekil 3.5 'te verilmektedir.



Şekil 3.5: Genetik algoritmanın genel işleyişi ve genetik çevrim

Michalewicz 'e göre GA beş temel unsurdan oluşmaktadır:

1. Problem veya problemlerin çözümünde genetik yapıda gösterimin sağlanması.
2. Elde edilmesi düşünülen çözümlere ait bir başlangıç popülasyonunun oluşturulması.
3. Kromozomların, uygunluk değerlerinin belirlenebilmesi noktasında evrimsel süreç içerisindeki değerlendirmeyi sağlayacak olan fonksiyonu tespit etme aşaması.
4. Yavru genleri oluşturma aşamasında genetik çeşitliliğin sağlanması amacı ile genetik operatörlerin kullanılması
5. GA 'nın parametre değerlerini tespit etmek (Michalewicz, 1996).

GA, problemlerin çözümünde global optimum çözümü garanti etmemelerine rağmen, arama uzayında çok yönlü ve rassal arama tekniklerini kullanmasından

dolayı kabul edilebilir iyi sonuçların bulunmasında çok başarılıdırlar. Bu noktada GA'nın avantajlarını şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Sürekli ve ayrık parameteleri optimize edebilmektedir.
- Türevsel bilgileri içermez.
- Maliyet fonksiyonu geniş bir yelpazede hesaplanabilir.
- Birden fazla parametre ile çalışma imkanı vardır.
- Paralel PC'lerin kullanımına imkan verir.
- Karmaşık maliyetlere ait fonksiyon parametrelerinin yerel minimum ve maksimum değerlerine takılmasını önleyerek hesaplanmasını sağlayabilir.
- Birden fazla parametreye ait birden çok çözüm elde edilebilmesini sağlar.

Hemen hemen çoğu alanlarda uygulanış şekli ve yapısı vücut bulan GA'ların işlemsel olarak gerçekleştirilen adımları şu şekildedir (Engin, 2001):

- Dizi veya kromozamlar, arama uzayı içerisinde gerçekleşen bütün olası çözümleri belirtecek biçimde kodlanırlar.
- Başlangıç popülasyonunun oluşturulması adımı, rassal olarak belirlenebilen bir çözüm kümesi kararlaştırılır.
- Muhtemel çözümler üzerinde çözümün kalitesini etkileyen uygunluk fonksiyonu her bir dizi/kromozom için ayrı ayrı hesaplanır.
- Rassal olarak belirlenen bir grup dizi/kromozom önceden belirlenmiş olasılıklar çerçevesinde çoğalma işlemine tabi tutulurlar.
- Çoğalma işlemi ile oluşan yeni diğer bir ifade ile yavru fertler, sonrasında, çaprazlama ve mutasyon işlemlerinden geçirilirler.
- Yukarıda bahsedilen bu işlemler öncesinde belirlenmiş olan durdurma kriterine bağlı olarak oluşturulması planlanan jenerasyon sayısı kadar devam eder.
- İterasyon sayısı kadar işlem devam eder. Hedeflenen jenerasyon değerine ulaştığı anda işlemin sona erdirilmesi sağlanır. Amaç fonksiyonu bakımından en ideal olan dizi/kromozom seçilir.

### 3.7 Genetik Algoritma Aşamaları

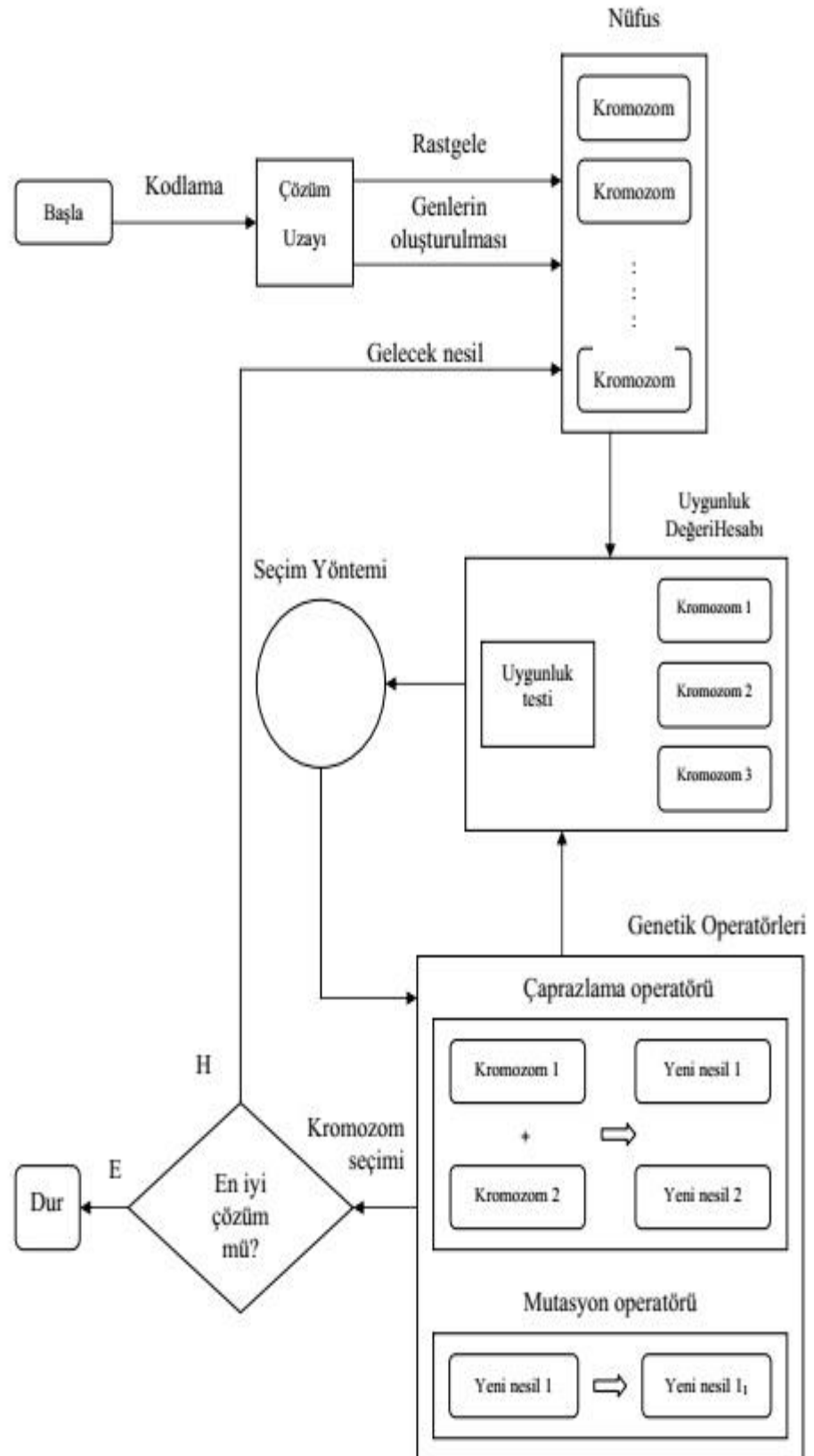
Temel bir GA'ya ait aşamaları şu adımlardan meydana gelmektedir:

- 1. Probleme bağlı olarak belirlenen popülasyonun başlangıç sayısı belirleme (Start).
- 2. Uygunluk değeri, her bir dizi/kromozom için tek tek hesaplama (Fitness).
- 3. Aşağıdaki tüm adımlar mevcut popülasyon içerisinde yeni bir popülasyon oluşturulana kadar tekrar tekrar devam etme (New Population).
  - ✓ 3.1. Hesaplanan uygunluk değerleri ölçüsünde popülasyon içerisinde herhangi iki kromozomu seçme (Selection).
  - ✓ 3.2. Belirlenen çaprazlama oranı ölçütü doğrultusunda yeni bireylerin oluşturulması açısından N adet bireyin çaprazlama işlemine tabi tutma. Çaprazlamanın olmaması oluşacak olan bireyler ile ebeveynlerin birebir aynı olmasına neden olur (Crossover).
  - ✓ 3.3 Çeşitliliği sağlamak adına belirlenmiş olan mutasyon oranı ölçüsünde mutasyona uğrat (Mutation).
  - ✓ 3.4 Oluşan yeni bireyi popülasyon içerisine aktar (Accepting).
- 4. Mevcut popülasyonu, yeni oluşan popülasyonla değiştir (Replace).
- 5. Sonlandırma kriterine uygunluğun olup olmasını test edip, şart sağlandığında çalışmayı durdur (Test).
- 6. Adım 2'ye geri dön (Loop).

Standart bir GA'nın genel işleme prosedürü şu şekilde gerçekleşmektedir (Xiao, 2008);

1.  $t=0$  Başlangıç adımı.
2.  $P(t)$  olarak matematiksel gösterimi verilen popülasyonu meydana getir.
3. Repeat ... until {Sonlandırma şartına kadar döngü oluştur}
4.  $P(t)$  ile oluşturulan popülasyondaki bireylerin hepsini değerlendir.
5.  $P(t)$  içerisindeki değerlendirmeye alınan bireyleri popülasyona dahil et.
6. Oluşan yeni bireyi  $P(t)$  popülasyonu içerisine dahil et.
7.  $t=t+1$  Adımı 1 arttır.

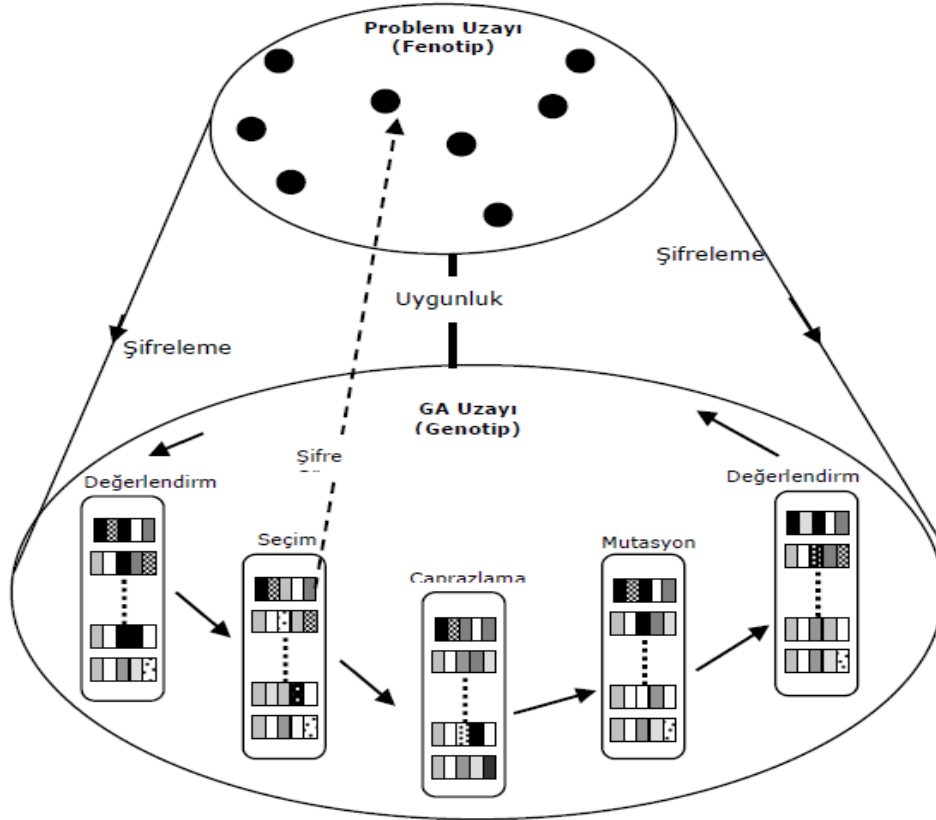
GA işleme adımlarına ait genel akış şeması Şekil 3.6 'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6: Genetik algoritma akış diyagramı



Olası çözümler olarak belirlenen kromozomların kodlanması, her bir kromozoma ait uygunluk değerlerinin hesaplanması ile çoğalma sonucu oluşan yeni bireylerin çaprazlama ve mutasyon operatörlerine tabi tutulması işlemleri GA'nın içerdiği konular arasındadır (Jang, 1997). GA'ya ait temel yapının görünümü Şekil 3.7'de gösterilmektedir.



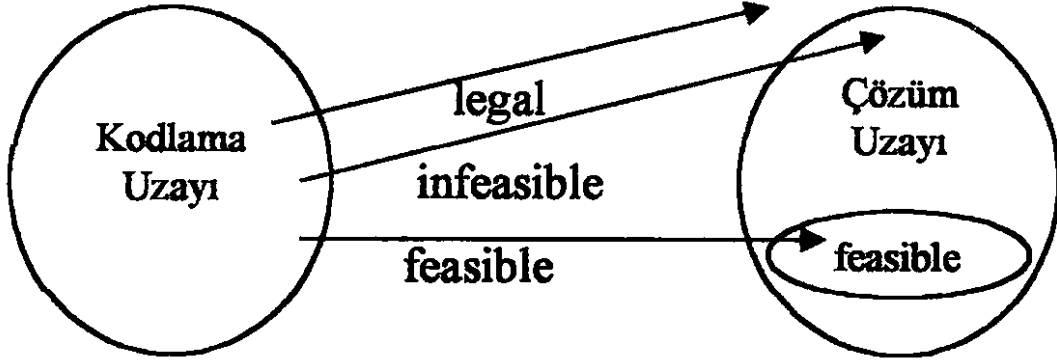
Şekil 3.7: Genetik algoritmanın temel yapısı(Sakawa, 2002)

### 3.8 Kodlama

DNA üzerinde yer alan kodlanmış genetik bilgiler sonraki nesillere aktarılabilir. GA ile modellenmesi planlanan algoritmaların da belirli genetik işlevler ile parametrelerin kodlanabilmesi sağlanır. Optimize edilmesi gereken parametrelerin optimizasyon döngüsüne girilmeden önce belirlenen şekle dönüştürülmesi işlemine kodlama (encoding) denir. Kromozomların kodlanması aşamasında üç önemli hususa dikkat etmek gerekir. Bunlar:

1. Kromozomların uygunluğunun kontrol edilmesi
2. Kromozomların belirlenen şartları sağlamasının kontrolü
3. Kodlama haritası içerisinde tek olması

Kodlama işleminde kromozomların uygunluğu ve şartları sağlama aşaması Şekil 3.8 'de gösterilmektedir.



Şekil 3.8: Kromozomların uygunluğu ve şartların sağlanması

Optimize edilen parametreler ile oluşturulan genetik model, ne derece doğru kodlanırsa o oranda hızlı ve güvenilir bir forma dönüşecektir.

### 3.8.1 İkili kodlama

GA 'da ilk ve en çok kullanılan kod sistemidir. Popülasyon içerisinde yer alan kromozomlar 0 ve 1 bit dizilerinden oluşur. Aşağıda yer alan Çizelge 3.1 ikili kodlamaya bir örnektir.

Çizelge 3.1: İkili kodlama ile oluşturulan kromozom yapısı

<b>KROMOZOM 1</b>	1101100100110110
<b>KROMOZOM 2</b>	1101111000011110

İkili kodlama en basit kodlama olması, küçük ölçekli optimizasyon problemleri için uygun olması nedeni ile tercih edilmiştir. Ancak büyük ölçekli optimizasyon problemlerinde kromozomlar için büyük vektörler oluşmasını sağlaması ve hesaplama işlemlerinde gerçel sayıya dönüştürme gibi ek yük getirdiği için sistemin hızı ve performansında olumsuz etkiye neden olmaktadır.

### 3.8.2 Permütasyon kodlama

Permütasyon kodlama, kromozomlara konumunu belirten belirli bir sıra numarası verilerek, numaralar dizisinden oluşması sistematığıne dayanan kodlama türüdür. Gezgin satıcı problemlerinin çözümü, sıralama işlemi gibi permütasyon işlemi içeren algoritmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Permütasyon kodlama tekniği ile oluşturulmuş kromozomlara ait örnek Çizelge 3.2 'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2: Permütasyon kodlama ile oluşturulmuş kromozom yapısı

<b>KROMOZOM 1</b>	1 4 7 9 6 3 5 0 2 8
<b>KROMOZOM 2</b>	9 3 2 5 8 1 6 0 4 7

### 3.8.3 Değer kodlama

Değer kodlamada, her kromozom belirlenmiş bir dizi değerlerden oluşan yapıyı oluşturmaktadır. Bu değerler gerçek sayılar olabileceği gibi farklı nesnelere de olabilmektedir. Çok özel problemlerin çözümünde kullanılan değer kodlaması, 0 ve 1 bit dizilerinin çözümü için uygun değildir. Değer kodlama yöntemi ile oluşturulmuş kromozomların kodlanmış yapısına ait örnekler Çizelge 3.3 'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.3:Değer kodlaması ile oluşturulmuş kromozom yapısı

<b>KROMOZOM X</b>	1.2324 5.3243 0.5645 2.3294 2.5542
<b>KROMOZOM Y</b>	ABDJEIFJDHDIERJFDLDFLFEGT
<b>KROMOZOM Z</b>	(sol), (ön), (sağ), (arka), (beyaz)

### 3.8.4 Ağaç kodlaması

Ağaç kodlamasında kromozomlar ağaca ait nesnelere oluşmaktadır. Gelişen teknoloji içerisinde, yazılan programlarda ve değerlerde kullanılabilir.

### 3.8.5 Gray kodlama

İkili kodlamaya alternatif olarak geliştirilmiştir. Tek bir bitteki en düşük ağırlığı olan bitin değiştirilmesi ile sayının artırılıp azaltılması işlemi gerçekleştirilmektedir. Gray kodlamada, bu diziler sabit bir Hamming uzaklığı meydana getirir. Hamming uzayının bitisel olarak temsil edilip gösteriminin sağlanmasında, tümleşik tamsayıların farklı kodlama biçimleri ile kodlanmalarının oluşturulmasına neden olmaktadır (Biethahn ve Nissen, 1995; Chipperfield, 1997). Gray kodlama tekniği kullanılarak oluşturulan kromozomlara ait yapı Çizelge 3.4 'te örnek olarak verilmiştir.

Çizelge 3.4: Gray kodlama yöntemi

Onluk Değer	İkilik Kodu	Hamming Uzaklığı	Gray Kodu	Hamming Uzaklığı
0	000	-	000	1
1	001	1	001	1
2	010	2	011	1
3	011	1	010	1
4	100	3	110	1

### 3.9 Başlangıç Popülasyonunun Oluşturulması

Rassal sayı üreteçlerinin kullanılabileceği muhtemel çözümlere bağlı olarak bir başlangıç popülasyonunun varlığına ihtiyaç duyulmaktadır. Rassal sayı üreteçleri ile elde edilen değerler 0.5 değerinden aşağı olması durumunda 0 değerine, 0,5 ve üzerinde bir değeri olması durumunda ise 1 değerine yuvarlama işlemi ile konumları belirlenmekte ve gerçekleştirilen işlem neticesinde muhtemel çözüm için kodlanan çözüm yapıları diğer bir ifade ile popülasyon ve popülasyon içerisinde yer alan dizi/kromozomlar oluşturulmaktadır. Bu çözüm yapılarına popülasyon, popülasyon içerisinde kodlanan muhtemel aday çözümlerin her birine ise kromozom adı verilmektedir (Yeo ve Agyel, 1998). Rassal üreteçler kullanılarak oluşturulan başlangıç popülasyonunun sayısına bağlı olarak kromozomlardan ne kadar üretileceği belirlenir.  $N_{ipop}$ , başlangıç popülasyonunun total adedini  $N_{bit}$  ise her bir kromozom üzerinde belirlenen parametrelerin şifrelenmiş halleri yani bitleri olmak üzere  $N_{ipop} \times N_{bit}$  adet bitlerden meydana gelen bir matris yapısının oluşturulması sağlanmış olmaktadır. Oluşturulan matris yapısı içerisinde yerini

alan her matris satırı, bir kromozom ile temsil edilmektedir. Amaç fonksiyonu ile uygunluk değerlerinin hesaplanarak belirlenmesinde, popülasyon içerisinde yer alan parametrelerin rasgele üretilmesinin payı büyüktür.

### 3.10 Uygunluk Değerinin Hesaplanması

Başlangıç popülasyonu ile birlikte iterasyon sayısına bağlı olarak oluşturulan her jenerasyondan sonra gerçekleştirilen ilk nokta, her popülasyon içerisinde yer alan bireylerin uygunluk değerinin hesaplanması işlemidir. Örnek olarak vermek gerekirse; bir maksimizasyon probleminin çözümü için o nokta üzerinde yer alan amaç fonksiyonunun değeri genel olarak bakıldığında,  $i$ . bireye ait uygunluk değeri  $f_{(i)}$  değeri olarak kabul edilir (Jang, 1997). Her bir kromozoma ait uygunluk değerinin belirlenmesi işlemi, o problem için seçilen uygunluk fonksiyonuna bağlı olarak sayısal bir değer almasını sağlamaktadır. Her kromozoma ait olarak belirlenen uygunluk değerinin alacağı sayısal büyüklüğü o kromozomun yaşamsal döngüsünü etkilemekte ve popülasyon içerisinde seçilerek yeni bireyler oluşturmasını sağlama ve yeni oluşturulacak olan jenerasyon içerisinde temsil edilme olasılığının artmasını sağlamada büyük rol oynamaktadır (Yeniay, 2001).

### 3.11 Çoğalma İşleminin Uygulanması

Yeni oluşturulacak olan jenerasyon için hesaplanan uygunluk değerlerinin yüksek olması kalitesi yüksek olan yeni bireylerin oluşturulması açısından önem arz etmektedir. Oluşturulacak olan yeni jenerasyonun yapay bir seçim olarak görülen üremenin sağlanması ile mümkün olmaktadır. Matris yapısı içerisinde yer alan dizilerin çoğalma işlemine alınmasında amaç fonksiyona bağlı olarak gerçekleştirilir. Amaç fonksiyonuna göre gerçekleştirilecek olan çoğalma işlemi, uygunluk değeri yüksek olan bireylerin seçilerek bir havuz içerisine alınarak eşleştirilmesi adımlarından oluşur (Fırlı ve Engin, 2002).

Var olan popülasyon içerisinde yer alan bireylerden uygunluk değeri yüksek olan bireylerin seçilmesi yeni oluşturulacak olan popülasyonun belirlenmesinde kritik öneme sahiptir. Seçilecek bireyler seçim işlemine tabi tutulurken aslında oluşturulacak olan popülasyonda hangi bireylerin var olmasının sağlanması gerekeceğini belirlemiş olmaktadır (Jang, 1997).

### 3.12 Çaprazlama İşleminin Gerçekleştirilmesi

Var olan popülasyon içerisinde uygunluk değerinin yüksek olduğu bireylerin seçimi ile oluşturulacak olan yeni jenerasyonun kalitesini ve potansiyelini belirlemek amacıyla çaprazlama işlemi gerçekleştirilir (Jang, 1997). Seçilen bireylerin çoğalması işleminden sonra gen havuzu içerisinde yer alan bireylerden iki adet birey rastgele seçilerek çaprazlama işlemine alınmaktadırlar. Çaprazlama işlemi, çaprazlama oranına bağlı olarak bir çaprazlama operatörü ile gerçekleştirilir. Çaprazlama operatörü GA içerisinde yer alan genetik işlemler içerisinde performansı en çok etkileyen, hayati bir parametredir (Engin, 2001).

### 3.13 Mutasyon İşleminin Gerçekleştirilmesi

Popülasyon içerisinde yer alan kodlanmış kromozom yapısının yeterli bilgi düzeyine sahip olamaması yada istenilen sonucun elde edilemeyeceğinin görülmesi noktasında var olan gen potansiyelini belirleyen çaprazlama işlemi yetersiz kalabilmektedir. Bu durum ise çözümün istenilen sonucu verememesine neden olmaktadır. Bundan dolayı yeni kromozomların elde edilebilmesi amacıyla bir operatörün varlığı gerekmektedir. Bu operatör mutasyon operatörü olarak bilinir (Goldberg, 1989). Mutasyon işlemi için ikilik kodlama sistemi kullanıldığı takdirde belirlenen gen değerlerinin aldığı 0 ve 1 değerleri üzerinde değiştirme işlemi gerçekleştirilirken, ikilik kodlama sisteminden farklı olarak oluşturulan problem yapıları için de farklı tür mutasyon işlemi gerçekleştirilir. Mutasyon operatörünün en önemli görevi genetik çeşitliliğin sağlanmasıdır (Braysy, 2001).

### 3.14 Yeni Popülasyonun Meydana Gelmesi ve İterasyonun Sonlandırılması

Başlangıç popülasyonu ile başlayan işlemler dizisinde her seçim, çoğalma, çaprazlama ve mutasyon adımları ile yeni jenerasyonlar oluşturulmakta ve oluşturulan jenerasyon içerisinde bireylerden her biri yukarıda belirlenen adımları takip etmektedirler. Yapılan bu işlemler belirli bir iterasyon sayısına kadar devam ettirilmekte ve durdurma kriteri ile birlikte sonlandırılmaktadır (Yeo ve Agyel, 1998). Belirlenen iterasyon sayısına bağlı olarak gerçekleştirilen işlemler ile döngü içerisinde ele alınmakta ve iterasyon sayısına ulaşıldığında sonlandırılmaktadır. Burada iterasyon sayısı haricinde

sonlandırma kriterinin belirlenmesi için uygunluk değeri de kullanılabilir (Fung ve ark., 2001).

### 3.15 Doğal Seçim

Popülasyon içerisinde yer alan kromozomların, evrim teorisi baz alındığında iyi bireyleri hayatlarını devam ettirmeleri prensibi doğrultusunda uygunluk değeri yüksek olanların yeni bir topluluk oluşturmak amacıyla, var olan topluluktan çaprazlama ve mutasyon işlemleri aracılığı ile yeni bireylerin seçilmesi gerekmektedir. Doğal seçim işlemi algoritmanın her bir iterasyonunda meydana gelmektedir. Doğal seçim süreci GA için bir yönlendirme aşamasıdır. Hedeflenen yüksek uyum gösteren bireylerin yeni oluşturulacak olan jenerasyona aktarılması aşamasında seçim işleminin ne şekilde olacağına karar verilmektedir (Bolat ve ark., 2004). Doğal seçim sayesinde seçilen kromozomlar yeni topluluğu oluşturmak amacı ile çaprazlama havuzunda yer almaktadır.

Yeni oluşturulacak olan nesiller için önem arz eden seçim işlemi için literatürde çok yaygın yöntemler olmakla birlikte en yaygın olarak kullanılan seçim yöntemleri elitizm, rulet tekerleği ve turnuva seçimi yöntemleridir.

#### 3.15.1 Elitizm

En iyinin saklanması yöntemi olarak bilinen elitizm de, popülasyonda yer alan en iyi kromozomlar yada belli geniş yüzde oranına sahip kromozomlar, popülasyondan alınıp hiçbir değişikliğe uğramaksızın yeni popülasyona aktarılmaktadır. Uygunluk değeri yüksek olan bireylerin diğer jenerasyona aktarılamaması olasılığını ortadan kaldırarak oluşacak olan yeni jenerasyonda en iyi bireylerin varlığını garantileyen bu yöntemle birlikte (Kurt ve Semetay, 2001; Mendes ve ark., 2005), uygunluk değerinde gözlenen artış sayesinde optimuma yakın çözümlerin elde edilmesi sağlanmış olmaktadır (Chen ve Chen, 1997).

#### 3.15.2 Rulet tekerleği

Popülasyonda yer alan bireylerin tamamının uygunluk değerlerinin( $f_i$ ) hesaplanmasını sağlayan bu yöntem Holland ile birlikte literatüre geçmiştir. Her bireye ait olarak hesaplanması gerçekleştirilen uygunluk değerlerinin toplanması ile birlikte o popülasyona ait olan toplam uygunluk değeri elde edilmektedir. Elde edilen toplam

uygunluk değerleri, her birey i için hesaplanmış olan uygunluk değerlerine orantılanarak 0-1 arasında bir değer alması sağlanır. Elde edilen 0-1 arasındaki bu değerler bireylerin bir sonraki jenerasyona aktarılmasında seçilme olasılıklarını belirlemede kullanılmaktadır. Denklem 3.5 'de bireylerin seçilme olasılıklarının formülasyonu verilmiştir.

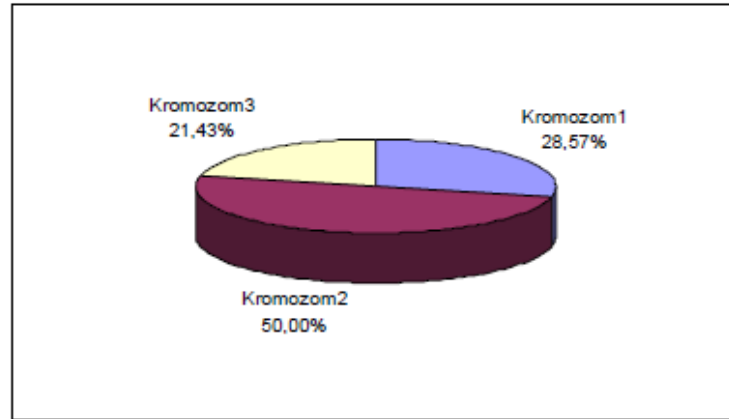
$$f(i) / \sum_{i=1}^K f(i) \quad (3.5)$$

Yani diğer bir ifade ile tanımlanmış matematiksel gösterimi Denklem 3.6 'da verilmiştir:

$$\text{Rulet Tekerleği Değeri} = \frac{\text{Bireyin Uygunluğu}}{\text{Populasyonun Toplam Uygunluğu}} \quad (3.6)$$

Popülasyon büyüklüğü K olmak üzere, rulet tekerleği K defa döndürülerek her defasında bir birey seçilerek gen havuzuna atılır. Seçilme olasılıklarına bağlı olarak bireyler rulet tekerleğinde yer almaktadır. Bireylerin yeni jenerasyonun oluşturulmasında belirlenen seçilme olasılıkları, hesaplanan uygunluk değerinin yüksek olması oranında artmaktadır. Rulet tekerleği üzerinden seçme işlemi, rasgele, eklemeli oran yada yüksek olasılık değerlerine göre yapılabilmektedir. Rulet tekerleği yöntemi kullanılarak kromozomların dizilişi ile seçilme oranlarını yüzdelerle belirleyen gösterimi ile ilgili örneğ Şekil 3.9 'da gösterilmektedir.





SAYI	DİZİ	UYGUNLUK DEĞERİ	TOPLAM
Kromozom 1	00110	100	28,572%
Kromozom 2	10110	175	50%
Kromozom 3	10010	75	21,428%
Toplam		350	100

Şekil 3.9: Rulet tekerleği metoduna ait bir örnek

Rulet tekerleği seçimi için oluşturulan algoritma yapısı aşağıda adımları verilen ölçüde oluşmaktadır (Sakawa, 2002);

**Adım 1:** Popülasyonda yer alan bireylerin sayısına  $N$  dersek ve  $t$  anında oluşan jenerasyon sayısı olmak üzere  $f_i$  ( $i=1, \dots, N$ ) ve bütün popülasyon içerisindeki bireylere ait uygunluk değerlerinin toplamı  $f_{\text{toplam}} = \sum_{j=1}^N f_j$  değerini bul.

**Adım 2:**  $[0,1]$  değerleri arasında rasgele bir sayı  $\text{rand}()$  oluştur ve oluşan sayı ile toplam uygunluk değerinin çarpımını  $s = \text{rand}() \times f_{\text{toplam}}$  değerini bul.

**Adım 3:**  $\sum_{k=1}^N f_k \geq s$  biçiminde en düşük değere sahip olan  $k$  değerini bul ve  $k$ . bireyi  $t+1$  anındaki jenerasyon olarak belirle.

**Adım 4:** Birey sayısını seçilmiş olan  $N$  sayısı adedince Adım 2 ve Adım 3' te verilen işlemlerin tekrar edilmesini sağlayan döngüye devam et.

### 3.15.3 Turnuva seçimi

Popülasyon içerisinde bulunan bireyler belirli kriterlere göre rastsal seçilir. Seçilen bu bireyler aralarında, yeni nesili oluşturabilmek adına uygunluk değerleri kıyaslanarak tekrar bir seçim daha gerçekleştirilir. İki bireyden en uygun olanları seçilmektedir. Seçilmiş olan bu iki birey daha sonra popülasyona geri dönmektedir. Böylelikle tekrar seçilme olasılıkları olacaktır (Mitchell, 1996). Turnuva seçimi hem kolay olması, hem de en iyi bireylerin seçilip kötü bireylerin yeni nesile aktarılamayacak olması ve optimum çözüme en hızlı ulaşabilen bir seçim yöntemi olabilmesi açısından en çok tercih edilen yöntemdir.

### 3.15.4 Sıralama seçimi

Uygunluk değerlerinin çok büyük değişkenlik ve büyük farklar gösterebilen Rulet tekerleği yönteminde bazı problemler ortaya çıkabilmektedir. Bu problemler noktasında örnek vermek gerekirse kromozom uygunluğunun yüksek olduğu bireyin oluşturulacak olan yeni jenerasyonda şansı artarken, uygunluk değerinin düşük olduğu kromozomun seçilme şansı da o oranda azalacaktır. Bu noktada bu durumun engellenmesi açısından sıralı seçim yöntemi tercih edilebilir (Kurt ve Semetay, 2001).

Bu yöntemde, bireylerin seçim olasılığını belirleyen popülasyonda yer alan bireylerin uygunluk değerlerinin sıralamadaki yeridir. Sıralama en iyi bireyden en kötü bireye doğru gerçekleşmektedir. Bu durum sayesinde popülasyondaki tüm bireylerin seçilme durumu gerçekleştirilmesi doğrusal ve doğrusal olmayan sıralama yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir (Sakawa, 2002).  $P_n$  sıralama normalize değeri,  $n$  sıra sayısı olmak üzere,  $P_n$  olasılık değerleri Denklem 3.7 'de gösterildiği şekilde formülize edilerek hesaplanır.

$$P_n = \frac{N_{iyi} - n + 1}{\sum_{n=1}^{N_{iyi}} n} \quad (3.7)$$

Bu yöntemin dezavantajı, en iyi bireylerin birbirlerinden farklı olmaması nedeni ile yavaş bir yakınsamaya neden olmalarıdır (Kalaycı, 2006).

### 3.15.5 Sabit durum seçimi

Popülasyonda bulunan bireylerin büyük bir bölümünün yeni nesle aktarılması bu yöntemin ana fikrini oluşturmaktadır. Yüksek uygunluk değerine sahip bireyler, yeni toplumun oluşturulmasında yavruların oluşturulması için seçilirken uygunluk değeri düşük olan bireyler kaldırılarak bu bireylerin yerine yeni yavrular aktarılır (Kalaycı, 2006).

### 3.15.6 Rasgele seçim

Popülasyonda yeni yavruların oluşturulması amacı ile bireylerin eşleştirilmesi için rasgele sayı üretici kullanılmaktadır. Bireylerin sıralaması popülasyondaki bireylerin sayısı olmak üzere, 1'den başlar ve  $N_{iyi}$ 'ye kadar devam eder. Rasgele oluşturulan iki sayı eşleştirme işlemi için kullanılmaktadır.

$$\text{Birey} = \text{roundup}\{N_{iyi} \times \text{rasgele sayı}\}$$

### 3.16 Genetik Algoritma Operatörleri

GA'nın en önemli aşaması genetik operatörlerin uygulanması kısmıdır. Genetik operatörler ile, yeni bireylerin oluşturulması, bireylerin en iyilerinin seçilerek yeni popülasyonun yada toplumun geliştirilmesi, oluşan toplumun önceki toplumlardan farklı olmasının sağlanması ve çözüm uzayında optimum sonuca varabilmek amacıyla farklı noktalara erişimin sağlanması işlemleri gerçekleştirilir. Böylelikle algoritma içerisinde nesil çeşitliliği sağlanarak istenen kısıtlar oluşturulmuş ve çözüm kümesine ulaşılmış olacaktır. Genetik operatörler belirtilen bu amaçlar doğrultusunda popülasyon içerisinde seçilen ebeveyn bireyler ile yeni oluşturulan nesil içerisinde yer alan bireylere uygulanır. Bu sebeplerden ötürü seçme işleminin önemi artmaktadır. GA'da üç temel genetik operatör bulunmaktadır. Bunlar:

1. Üreme Operatörü (Reproduction)
  2. Çaprazlama Operatörü (Crossover)
  3. Mutasyon Operatörü (Mutation)
- işlemleridir.

### 3.16.1 Üreme (Reproduction)

Üreme, popülasyon içerisinde yer alarak uygunluk kriterlerine uyan bireylerin yeni nesillere aktarılmasını sağlayan işlemlerdir. Üreme işlemi ile ilk öncelikle başlangıç popülasyonuna uygulanmakta, daha sonraki iterasyonlarda ise başlangıç popülasyonu içerisinde uygunluk kriterine bağlı olarak seçilen en iyi bireyler iterasyon sayısı boyunca yeni nesilleri oluşturmakta ve her iterasyonda en iyi bireylerin seçimi ile çözüm uzayında beklenen optimum sonucu vermesi sağlanmaktadır. Doğal seçimin yapay versiyonu olarak kabul edilen üreme işleminde uygunluk kriterlerinin en iyi şekilde belirlenmesi yeni oluşturulacak olan topluluğun kalitesini ve çözümünü etkileyen önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yapay seçme işlemi olan üreme işlemi, basit GA 'da bireylerin rasgele seçilimi ile yeni kuşaklara aktarılmasıyla oluşmaktadır. Denge durumlu (Steady-State) GA 'da doğrusal sıralı seçim yöntemi kullanılarak seçilen bireylere genetik operatörler uygulanır ve birkaç kötü sonuç yer değiştirerek yeni popülasyonun oluşması sağlanır. Var olan popülasyondaki bireylerden yeterince farklılık arz eden yeni bireyler popülasyona dahil edilir. Bu yöntemde farklılık korunmakla beraber bireylerin uzun süre yaşaması sağlanmış olmaktadır. Dezavantajına baktığımızda ise belirli bir şans eseri oluşması ile birlikte vasat bireylerin kendini gösterdiği stokastik permütasyon içeren çözümlerde uygun olmadığı görülmektedir. Bireylerin popülasyon içerisinde geniş ve serbest bir yelpazede birleştikleri varsayımı yapılmakla birlikte bu sürecin GA 'nın tasarımında taklit edilen süreç içerisinde pek uyumlu olmadığı görülmektedir. Bu durumun giderilmesi ve taklit edilen doğal sürece yakınlaşması, daha net bir şekilde yansıtması amacıyla ortaya konan göç modeli (migration model) ve difüzyon diğer bir ifade ile komşuluk modeli oluşturulmuştur. Göç modelinde, popülasyon içerisinde yer alan tüm bireyler alt popülasyonlara ayrıştırılarak eşleştirmeler ve karşılıklı değiştirmeler sağlanmaktadır. Difüzyon modeli popülasyon içerisinde yer alan tüm bireylerin komşuluk esaslarını tanımlayan toplam bir popülasyonun varlığını karşılamaktadır. Bireylerin komşuları arasındaki etkileşimden ziyade bölgesel bir etkileşimin varlığı mevcut olmaktadır. Belirtilen bu modellerin farklılıkların arttırılması ve korunabilmesinde standart yaklaşımlardan daha etkili olduğu görülebilmektedir (Biethahn ve Nissen, 1995).

### 3.16.2 Çaprazlama (Crossover) operatörü

Çaprazlama işlemi, yeni bireylerin oluşturulması amacıyla seçimle belirlenen iki bireyin eşleştirilerek, gen yapılarının karşılıklı olarak değiştirilmesi prensibini baz alan bir işlemler dizisidir. Çaprazlama işlemi GA'nın en önemli aşamasıdır. Eşleşme işlemi iki bireyin var olan gen havuzundan rasgele seçilimi ile gerçekleştirilir. Eşleştirme işlemi ile gerçekleştirilecek olan çaprazlama işleminde performansın sağlanabilmesi bakımından farklı tekniklerin kullanıldığı görülmektedir (Kurt ve Semetay, 2001). Çaprazlama işlemi popülasyon içerisinde yer alan farklı nitelikteki bireylerin eşleşmesinde ve yeni jenerasyonun oluşturulmasında önemli rol oynamaktadır.

Mevcut popülasyon içerisinde daha kaliteli bireylerin oluşturulabilmesi için yeni popülasyonun oluşturulmasında üreme faktörü ile birlikte performansın artırılmasının sağlanması amacıyla karşılıklı olarak gen aktarımının sağlanması gerçekleştirilir. Bu sayede çözüm uzayı içerisinde araştırılması yapılmamış bölgeler varsa bu alanlarda çözümler elde edilmesini sağlamak amacıyla ulaşım sağlanmış olacaktır (Deb, 1996).

İki kritik düşüncenin çaprazlama operatörünün gerçekleştirilmesinde büyük bir etkisi mevcuttur. Bunlar (Engin, 2001);

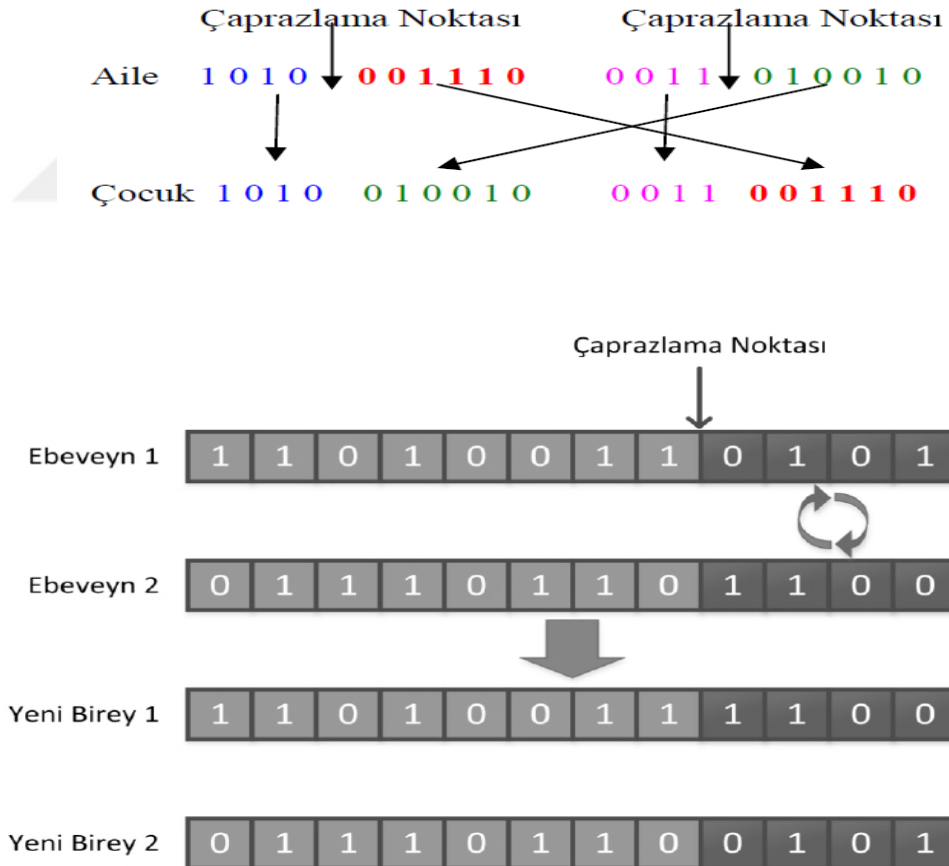
- Tek noktadan çaprazlama yönteminin bütün varyasyonlar içerisinde kullanımı sağlayarak diziler üzerinde minimum değişikliğin gerçekleştirilmesi amacıyla çaprazlama işlemi uygulanır.
- Tek noktadan çaprazlama yöntemi dışında farklı çaprazlama yöntemlerinin kullanarak diziler üzerinde maksimum değişikliğin gerçekleştirilebileceği çaprazlama işlemleri uygulanır.

Çözüm uzayında elde edilecek optimum sonuca varmak ve problemin niteliğine bağlı olmak koşulu ile seçilebilecek çaprazlama operatörlerinden dört tanesi şunlardır (Bolat ve ark., 2004):

- a. Tek Noktadan Çaprazlama
- b. İki Noktadan Çaprazlama
- c. Çok Noktadan Çaprazlama
- d. Uniform Çaprazlama

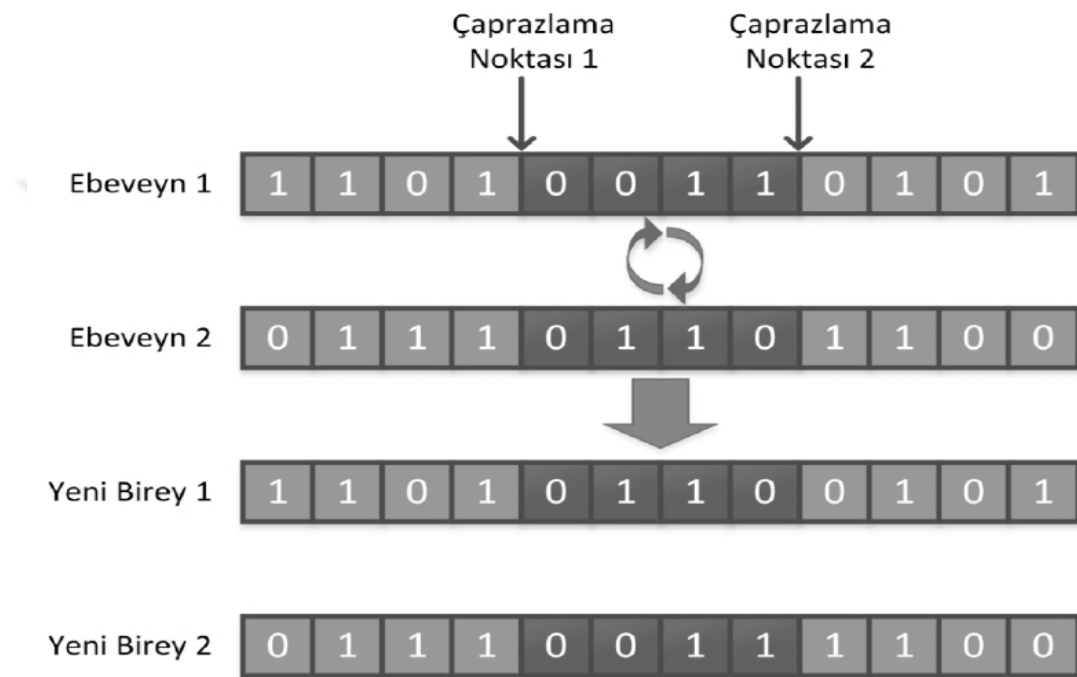
Yukarıda verilen çaprazlama türlerinin yapıları ve çalışma detayları aşağıda verilmiştir.

**a. Tek Noktadan Çaprazlama:** Seçimi gerçekleştirilen iki ata bireyin kromozomları üzerinde rasgele bir nokta belirlenerek, o noktada yer alan genlerin karşılıklı değişimini esas alan tek noktadan çaprazlama işleminde,  $l$  kromozom uzunluğu kabul edilirse, seçilen her ata birey eşleşmesinde,  $[1, \dots, l-1]$  değerleri arasında rassal belirlenen çaprazlama noktası olarak ifade edilen bir tamsayı üretilmesi sağlanmaktadır. Eşleşen iki bireyle yeni oluşacak olan birinci çocuğun kromozom yapısı, çaprazlama noktası olarak belirlenen kısma kadar olan genleri birinci ebeveynden alırken, çaprazlama noktasından itibaren son noktaya kadar olan diğer genlerini ise ikinci ebeveynden almaktadır. Oluşan ikinci çocuğun kromozom yapısı ise aynı yöntemle, çaprazlama noktası olarak belirlenmiş olan kısma kadar olan genlerini ikinci ebeveynden alırken, çaprazlama noktasından itibaren sonuna kadar olan diğer genlerini ise birinci ebeveynden alacaktır. Tek noktadan çaprazlama işlemi ve bu işlemi kullanılması ile oluşturulan yeni bireylerin gen dizilimini veren örnek Şekil 3.10' da gösterilmektedir.



Şekil 3.10: Tek noktalı çaprazlama örnekleri

**b. İki Noktadan Çaprazlama:** İki noktadan çaprazlama yönteminde çaprazlama noktası olarak iki nokta belirlenmekte ve belirlenen iki çaprazlama arasında kalan genler yer değiştirilerek yeni bireylerin oluşturulması sağlanmaktadır. Çaprazlama işlemi için 1 ile  $l-1$  arasında iki alan çaprazlama noktası olarak belirlenir. Eşleşen bireyler bu çaprazlama noktalarını kullanarak yeni bireylerin oluşmasını sağlamaktadırlar (Kaya, 2006). Çaprazlama türlerinden olan iki noktadan çaprazlama işlemi kullanılarak oluşturulan yeni fertlere ait gen dizilimi ile ilgili örnek Şekil 3.11 'de gösterilmektedir.



Şekil 3.11: İki noktadan çaprazlama örneği

**c. Çok Noktadan Çaprazlama:** Çok noktadan çaprazlamada, 1 ile  $l-1$  arasında çoklu bölgeler seçilmekte ve çaprazlama işlemi bu bölgeler ile kromozomlar çok sayıda alanlara ayrılmış olup, elde edilen çiftler bir atlanarak gerçekleştirilmektedir. Bu çaprazlama ile çok sayıda yeni bireylerin oluşması sağlanmaktadır. Çaprazlama noktaları ile oluşturulan parça sayısı  $n$  ise yeni oluşturulan bireylerin sayısı  $n^2$  olur (Şen, 2004).

**d. Uniform Çaprazlama:** Uniform çaprazlamada temel mantık, rasgele seçilen bitlerin karşılıklı olarak yer değiştirmesi prensibine dayanır. Rasgele seçim için çaprazlama maskesi kullanılır. Çaprazlama maskesi kromozomların bit uzunluğuna eşittir. Maske, ikili sayı sistemi ile rasgele oluşturulmuş bir dizidir. Uniform çaprazlamada, çaprazlama maskesi için kullanılan gen yerine, birinci ve ikinci genin kopyalanması işlemi

gerçekleştirilir. Çaprazlama maskesinde 1 ve 0 değerleri kullanılarak ilk kromozom içerisinde maskede görülen 1 değerinin bulunduğu yerde ilk kromozomun karşılık gelen değeri kopyalanmaktadır. Maske içerisinde görülen 0 değerinde ise görüldüğü yerde karşılık gelen diğer ikinci kromozomun karşılık gelen değeri kopyalanmaktadır. İkinci kromozomun oluşturulma şeklide aynıdır. İkinci kromozom için de birinci kromozom da olduğu üzere, maske içerisinde bulunan 1 değerine sahip bitler ikincil kromozomdan, maske içerisinde bulunan 0 değerine sahip bitler ise birincil kromozomdan alınarak sağlanır (Bolat ve ark., 2004).

Ebeveyn bireylerden oluşturulan çocuk bireylere ait genler taşınma olasılıklarının eşitliği ile sağlanır. Çaprazlama maskesi yerine 0 ve 1 'lerden rasgele olasılık değerleri ile oluşturulan dizi kullanılır. En çok kullanılan çaprazlama türlerinden biri olan uniform çaprazlama işleminin ve kullanılan maske ile oluşturulan yeni fertlere ait kromozomlar üzerinde yer alan genlerin dizilim şeklini veren örnek Şekil 3.12 'de gösterilmiştir.

Aile 1	0	0	1	1	1	1
Aile 2	1	1	1	1	0	0
Maske	0	1	0	1	0	1
Maskenin Tersisi	1	0	1	0	1	0
Çocuk 1	0	1	1	1	1	0
Çocuk2	1	0	1	1	0	1

Şekil 3.12: Uniform çaprazlama örneği

Bu dört temel yöntem en çok kullanılan çaprazlama yöntemidir. Bu yöntemlerin karşılaştırılması ve birleştirilmiş gösterimi Şekil 3.13 'te verilmiştir.



Çaprazlama öncesi seçilen kromozomlar:			
1.kromozom : [0010101100]			
2.kromozom : [0111110000]			
Çaprazlama çeşitlerine göre oluşan kromozomlar:			
Tek noktalı çaprazlama	İki noktalı çaprazlama	Çok noktalı çaprazlama	Tekdüze çaprazlama maske: [0011011000]
[0010100000]	[0011111100]	[0011010000]	[0011110100]
[0111111100]	[0110100000]	[0110111100]	[0110101000]

Şekil 3.13: Çaprazlama çeşitlerine ait örnekler (Kaynak : Bolat ve ark., 2004)

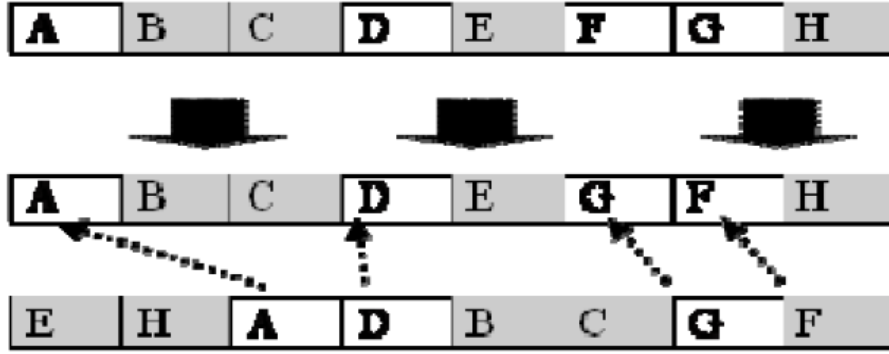
GA 'da yukarıda anlatılan çaprazlama yöntemleri dışında bazı özel problemler için geliştirilmiş çaprazlama çeşitleri de bulunmaktadır.

- e. **Kısmi Planlı Çaprazlama** : Bu çaprazlama yönteminde, kromozomlar üzerinde rasgele bir aralık belirlenerek çaprazlama bu aralıktaki değerlerin yer değiştirmesi şeklinde gerçekleştirilir. İlk defa gezgin satıcı problemi (GSP) için Goldberg tarafından geliştirilmiş çaprazlama biçimidir. Bu çaprazlama biçimi ile oluşturulmuş fertler ile gen dizimleri Şekil 3.14 'te gösterilmiştir.

Aile 1	2	8	6	4	5	7	1	3
Aile 2	8	7	2	1	3	4	6	5
Aile 1'	2	8	2	1	3	7	1	3
Aile 2'	8	7	6	4	5	4	6	5
Çocuk 1	2	8	6	1	3	7	4	5
Çocuk2	8	7	6	4	5	1	2	3

Şekil 3.14: Kısmi planlı çaprazlama

- f. **Pozisyona Dayalı Çaprazlama :** Syswerda tarafından geliştirilen bu çaprazlama yönteminde, rassal olarak herhangi bir pozisyondan seçilen genler yeni oluşan bireylere kalıtsallaştırılır. Bunun dışındaki diğer genler ise sıra ile yerleştirilir (Cheng ve ark., 1999). Bu çaprazlama örneği ile gerçekleştirilen örnek Şekil 3.15 'te gösterilmektedir.



Şekil 3.15: Pozisyona dayalı çaprazlama (Kaya, 2006)

- g. **Sıraya Dayalı Çaprazlama:** Davis tarafından geliştirilen bu yöntem sayı ve sıralamanın önem taşıdığı çaprazlama yöntemleri içerisinde kullanılmaktadır. Rasgele seçilen bir grup nokta çaprazlama noktası olarak belirlenmektedir. Eşleştirilen iki kromozomdan ilki, seçilen çaprazlama noktasına kadar olan karakter yapısını korurken diğer kromozomun çaprazlama noktasından itibaren gelecek olan karakterleri ilk kromozomun önüne gelmekte ve geriye boş kalan pozisyonlara ait kısımlar ilk kromozomun kullanılmayan karakterler ile soldan sağa doğru diğer kromozomlardan gelen karakterlerle beraber çaprazlanarak yeni bireylerin oluşturulması sağlanmış olacaktır (Kaya, 2006).

Şekil 3.16 'da bu çaprazlama türünün çalışma şekli ve gen değişiminin gösterimi verilmiştir.

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

Şekil 3.16: Sıraya dayalı çaprazlama(Engin, 2001)

- h. Doğrusal Sıralı Çaprazlama:** Dairesel çaprazlama türlerinden birisi olan doğrusal sıralama çaprazlama türü Falkenauer ve Bouffouix tarafından geliştirilmiştir. Var olan popülasyon içerisinde seçilen iki birey üzerinde rassal belirlenen iki alt dizi seçilir. Pop1 dizisi içerisinde alınan alt dizi kromozomlardan ayrılarak kromozom üzerindeki pozisyonlardan boş kalanları belirlenmesi sağlanır. Pop2 dizisi içerisinde de pop1 üzerinde yapılan işlemin aynısı gerçekleştirilir. İlk alt dizi pop1 kısmına, ikinci alt dizi pop2 kısmına konumlandırılır (Cheng ve ark., 1999).
- i. Dairesel Çaprazlama:** Bu çaprazlama yönteminde, ilk kromozomdan en baştaki gen seçilerek yeni diziyeye aktarılır. İkinci kromozom içerisinde seçilmiş olan ilk gene karşılık gelen gen belirlenerek, dairesel bir şekilde yeni kromozom üzerine bu değer yerleştirilir (Cheng ve ark., 1999). Davis, Goldberg ve Linge tarafından geliştirilmiştir.
- j. Sıralı Çaprazlama:** Davis, Goldberg ve Linge tarafından geliştirilen bir çaprazlama tekniğidir. Rassal olarak seçilen iki kromozom üzerinde yine rassal olarak belirlenen iki çaprazlama noktası oluşturularak, bu çaprazlama alanları arasında yer alan gen sayısının eşit olmasına dikkat edilir. Belirlenen çaprazlama noktaları arasında yer alan genler karşılıklı değişim sağlanarak çaprazlama işlemi gerçekleştirilir. Kromozomlar üzerinde bulunmayan genlerin varlığına rastlanırsa bu durum gen tekrarlarının oluşması nedeniyle soldan sağa doğru yazılması esası ile oluşturulmasından kaynaklanmaktadır (Cheng ve ark., 1999).

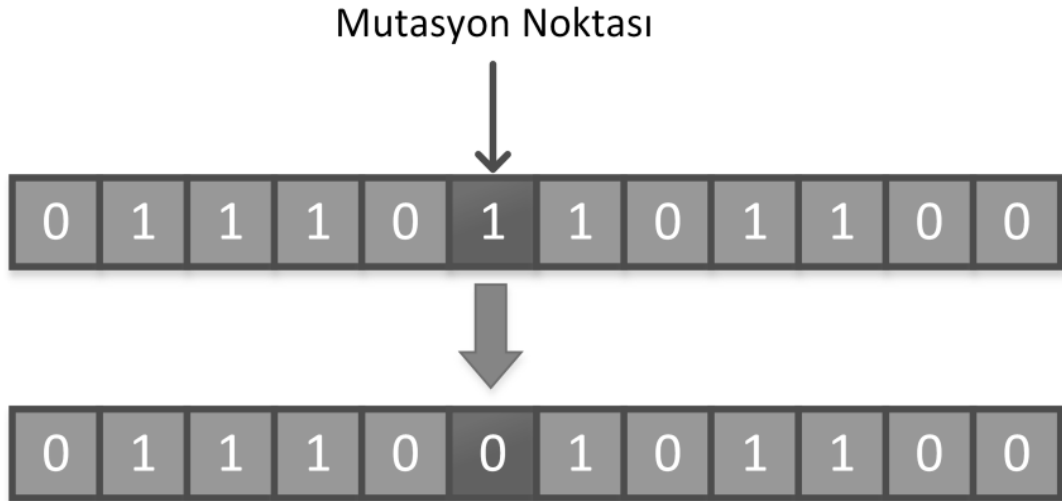
### 3.16.3 Mutasyon operatörü

Canlılarda gen rekombinasyonlarının dışındaki diğer nedenlerle ve ani olarak oluşan genetiksel değişimlerin ortaya çıkardığı duruma “mutasyon” adı verilir. GA ’da mutasyon işleminin uygulanması, çaprazlamadan sonra gelen en son işlem olmakla birlikte en önemli ikinci adımdır. Mutasyonun temel amacı, çaprazlama işleminde belirli bir iterasyondan sonra yakınsamayı önleyerek, popülasyonun arama uzayında optimum çözümü elde etme noktasında lokal minimuma takılmasını engellemektir. Bu sayede genetik çeşitliliğin sağlanması ve korunması gerçekleştirilmiş olur. Popülasyon içerisinde seçilen bireylere ait kromozomların birinin yada birkaçının değiştirilmesi ile yeni bireylerin oluşması sağlanır.

Doğal popülasyonlar içerisinde mutasyon işlemi şu şekilde gerçekleşir (Fıglalı ve Engin, 2002):

- Dizi yapısındaki değişimler,
- Dizi sayısındaki değişimler,
- Diziler içerisindeki gen yapısındaki fiziksel ve kimyasal değişimleri.

Yapay olarak bilinen sistemler içerisinde ise doğal sistemlerde olduğu gibi gen sayısında herhangi bir değişiklik olmaz. Gen sayısı sabit kalır. İkili kodlanan bir kromozomda mutasyon işlemi kromozomdaki herhangi bir bitin değiştirilmesi şeklinde gerçekleşir. Kromozom üzerinde bulunan genlerdeki 0 bit değerinin 1, 1 olan gen değerinin ise 0 bit olarak dönüşümü sağlanır. Kromozomlar üzerinde bulunan genler üzerinde mutasyonun gerçekleştirilme işlemine ait görünümü Şekil 3.17 ’de gösterilmektedir.



**Şekil 3.17: Mutasyon işlemi örneği**

Ele alınan probleme bağlı olarak en uygun mutasyon çeşitleri seçilebilir. Mutasyon çeşitlerinden en yaygın olarak kullanılanlar şunlardır:

- Ters Çevirme
- Yer Değişikliği
- Ekleme
- Karşılıklı Değişim

**Ters Çevirme:**

Bir kromozom üzerinde bulunan genlerin dizilimi, rasgele belirlenen iki alt noktanın ters çevrilmesi sonucu elde edilen yöntemdir (Murata ve ark., 1996b). Yani 0 olan bit değeri 1'e, 1 olan bit değeri ise 0'a dönüştürülür. Bu yöntem sadece ikili kodlanmış kromozom yapısında kullanılabilir. Mutasyon ile ilgili yöntemlerden olan ters çevirme yöntemi ile oluşturulmuş örnek Çizelge 3.5 'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5: Ters çevirme mutasyon örneği

<b>Ters Çevirme Yöntemi</b>	
Çocuk	6 4 5 8 <b>1 10 9 2</b> 3 7
Mutasyonlu Çocuk	6 4 5 8 <b>2 9 10 1</b> 3 7

**Yer Değişikliği:**

Çözüm kümesi içerisinde bulunan bir kromozom seçilerek, rasgele iki nokta belirlenir. Kromozom üzerinde belirlenen noktalar arasında kalan genler rasgele herhangi bir alana kopyalanır. Mutasyon türlerinden olan yer değişikliği yöntemi ile mutasyona uğratılmış bireye ait örnek Çizelge 3.6 'da gösterilmektedir.

Çizelge 3.6: Yer değişikliği örneği

<b>Yer Değişikliği Yöntemi</b>	
Çocuk	6 4 5   8 1 10 9   2 3   7
Mutasyonlu Çocuk	6 4 5 <b>2 3 8 1 10 9</b> 7

**Ekleme**

Çözüm kümesi içerisinde yer alan bir kromozomdan rasgele bir parça seçilerek, kromozom üzerinde yine rasgele seçilen bir konuma yerleştirilir. Ekleme yönteminin kullanılması ile oluşturulmuş mutasyon örneği Çizelge 3.7 'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.7: Ekleme örneği

Ekleme Yöntemi	
Çocuk	6 4 5   8   1 10 9 2 3 7
Mutasyonlu Çocuk	6 4 5 1 10 9 2   8   7

**Karşılıklı Değişim**

Çözüm kümesi içerisinde yer alan kromozomdan rasgele alınan iki genin değişimi ile gerçekleştirilir. Karşılıklı değişim yönteminin kullanıldığı bir mutasyon işlemi sonucunda elde edilen mutasyonlu bireye ait genlerin dizilişi şeklini veren örnek Çizelge 3.8 'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.8: Karşılıklı değişim örneği

Karşılıklı Değişim Yöntemi	
Çocuk	6 4   5   8 1 10   9   2 3 7
Mutasyonlu Çocuk	6 4   9   8 1 10   5   2 3 7

Mutasyon çeşitlerine örneklerin birleştirilmiş görünümü Şekil 3.18 'de gösterilmiştir (Bolat ve ark., 2004).

Mutasyon öncesi seçilen kromozom: [0 1 1 1 0 0 0 1 0 1]			
Mutasyon sonrası oluşan kromozom:			
Ters çevirme	Yer değişikliği	Ekleme	Karşılıklı değişim
[0 1 0 0 1 1 0 1 0 1]	[0 1 0 1 0 1 1 1 0 0]	[0 1 0 1 0 0 0 1 0 1]	[0 0 1 1 0 1 0 1 0 1]

Şekil 3.18: Mutasyon çeşitleri örneği

### 3.17 Genetik Algoritma Parametreleri

GA'nın en önemli noktalarından ve performansı üzerinde büyük bir etki oluşturarak, genetik işlem ve operatörler içerisinde kullanılan en önemli yapı algoritmaya ait olarak belirlenen parametrelerdir. Çözümü gerçekleştirilmesi düşünülen problemin varlığına bağlı olarak belirlenen algoritma yapısı içerisinde önceden belirlenmiş kısıt olarak görülebilecek parametrelerin etkin seçimi, optimum çözümün elde edilmesinde ciddi oranda başrol oynamaktadır. Bir GA'nın temel olarak bilinen parametreleri şunlardır;

- popülasyon boyutu,
- çaprazlama oranı,
- mutasyon oranı,
- sonlandırma ölçütü.

#### 3.17.1 Popülasyon büyüklüğü

Popülasyon büyüklüğü ifadesi, toplumdaki birey sayısını belirtmekle beraber, GA'da karar verici mekanizma tarafından belirlenen en önemli kısımdır. Popülasyon boyutunun seçimi noktasında önemli olan en ergonomik boyutu belirleyebilmek önemlidir. Çünkü belirlenebilen boyutun fazla olması durumunda çözüm uzayında yakınsama sağlayacak optimal bölgelere ulaşmak ve lokal optimuma takılma gibi sorunları ortadan kaldırması gibi bir avantaj elde edilmesine rağmen, bu optimal bölgeye yakınsama sağlayacak çözümün zamansal olarak algoritmanın çözüm süresinin uzamasına sebep olmaktadır. Popülasyon büyüklüğünün probleme bağlı olarak küçük seçilmesi durumunda ise, çözüm uzayının daha dar alanda işlem görmesine, bu nedenle de yerel optimuma takılma olasılığının artmasına sebep olacaktır.

Goldberg tarafından 1985 yılında, popülasyon büyüklüğünü kromozom sayısına bağlı olarak bir hesaplama getirilmiştir. Popülasyon büyüklüğünün hesaplanmasını sağlayan matematiksel gösterimi Denklem 3.8'de verilmiştir.

$$K = 1,65 * 2^{0,21 * l} \quad (3.8)$$

Bu formüle göre,  $l$  kromozom uzunluğu olmak üzere  $K$  yani popülasyon değerinin hesaplanması gerçekleştirilmiştir.



Yapılan çalışmalar sonucunda da popülasyon büyüklüğünün yine kromozom sayısına bağlı olarak belirlenmesinin kısıt içeren problemlerin çözümü açısından uygun olacağını gerektiği belirlenmiştir.

### 3.17.2 Çaprazlama oranı

Çaprazlama işlevi, hesaplanan uygunluk değeri sonucunda sayısal olarak yüksek olan bireylerin eşleşerek uygunluk değerinin yine sayısal değeri daha yüksek olmasını sağlayacak olan yeni bireylerin oluşturulması amacıyla kullanılmıştır. Çaprazlama işlevi sadece popülasyon içerisinde bulunan bireyin hepsine gerçekleştirilmeyip, verilen çaprazlama oranına bağlı olarak belirlenen birey sayısına uygulanır.

Çaprazlama oranını belirlemek çaprazlama işleminin sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilmesi açısından önemlidir. Çaprazlama oranı yüksek seçildiği takdirde, popülasyon içerisinde değişime uğrayan birey sayısının artmasına neden olmaktadır (Kahvecioğlu, 2004). diğer bir ifade ile uygunluk değeri yüksek olan fonksiyonlar ile oluşacak olan yeni bireylerin bir sonraki nesile taşınması engellenebilir. Bu durumda GA performansı düşecektir. Çaprazlama oranının düşük seçilmesi durumunda ise, eşleşme sonucu değişime uğrayacak olan birey sayısı gereğinden daha az olduğu için algoritmanın yavaşlamasına ve sonuca geç ulaşılmasına neden olacaktır.

Gerçekleşecek olan çaprazlama işlem sayısı Denklem 3.9 'da gösterildiği üzere formüle edilebilir:

$$P_c * K \quad (3.9)$$

Burada, K kromozom sayısını  $P_c$  ise çaprazlama oranını göstermektedir. Çaprazlama oranı genellikle 0.5 ile 0.9 arasında seçilmektedir.

### 3.17.3 Mutasyon oranı

Mutasyon işlemi, popülasyon içerisinden seçilen herhangi bir kromozomun genlerinde rasgele değişimler yaparak yeni kromozomların oluşmasını sağlama işlemidir. Mutasyon işleminin amacı, popülasyonun genetik çeşitliliğinin sağlanmasıdır. Çaprazlama işleminde olduğu gibi mutasyonda da popülasyon içerisinde belirli bir oran ile belirlenen bireylere uygulanmaktadır.

Bir kromozom içerisinde hangi gen yada genlerin mutasyona uğratılmasını belirlemek amacı ile,  $P_m$  değerinin mutasyon oranını ve  $\ell$  ifadesinin kromozom uzunluğu olduğu kabul edilirse, bu iki değer çarpılması sonucu elde edilecek olan tamsayı değeri ile belirlenmektedir (Şen, 2004).

Belirleme işleminin matematiksel olarak gösterimi Denklem 3.10 'da verilmektedir.

$$\ell \cdot P_m \approx \text{tamsayı} \quad (3.10)$$

Mutasyon oranı belirlenirken çok yüksek değerlerin seçilmesi çözüm uzayında beklenen çözümlerin farklılaşmasına sebep olmaktadır. Bu durumun en büyük nedeni rasgeleliğin oluşturduğu farklılaşmanın etkisidir (Nearchou, 1998). Çoğu araştırmacıların, mutasyon oranının seçiminde  $1/N \leq P_m$  ve  $P_m \geq 1/\ell$  kistasına bağlı olarak mutasyon oranını seçtikleri gözlemlenmiştir (Yeo ve Agyei, 1998).

Mutasyon sonucunda değişimi gerçekleştirilen gen için,  $\lambda$  ifadesi gen uzunluğunu belirtecek olursak, gözlenen değişimsel beklenti;  $E(G)$  Denklem 3.11 'de formülize edilmiştir:

$$E(G) = \frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^{\lambda} \frac{1}{2^i} \quad (3.11)$$

Genelde çalışmalarda  $P_m$  değerinin, 0,01 ile 0,001 arasında değerler almasının ideal bir değer olarak kabul edildiği görülmektedir (Şen, 2004).

#### 3.17.4 Sonlandırma kriteri

Genetik operatörler olarak yukarıda anlatılan üreme, çaprazlama ve mutasyon işlemleri ile yeni bireylerin oluşturulması sağlanacaktır. Ancak bu işlemlerin ne kadar süreceği ve döngü boyutunun ne olması gerektiği belirtilmelidir. Aksi takdirde evrim süreci sonsuza kadar işleyecektir. GA, işlem adımları boyunca işleme devam edeceğini sonlandırma kriterine göre belirlemektedir. GA için nesil sayısının ne olması gerektiği ile ilgili literatürde herhangi bir kayıt mevcut bulunmamakla beraber sonlandırma kriteri ile ilgili bazı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemleri şu şekilde sıralayabiliriz.

- ✓ Nesil Sayısı

- ✓ Evrim Süresi
- ✓ Uygunluk Eşiği
- ✓ Popülasyon Yakınsaması
- ✓ Gen Yakınsaması

GA 'yı durdurma kriterlerinin seçiminde şu noktalara dikkat edilmelidir (Haupt, 2004);

- Kromozom için önceden bilinen bir çözüm noktasına geldiğinde,
- Nesiller tekrarlanıp kromozom yapısının aynı olması durumunda,
- Önceden istatistiki ölçümlerle belirlenmiş değerler elde edildiğinde,
- İterasyon sayısına ulaşılması yada bir başka deyişle istenilen nesil sayısına ulaşılması durumunda,
- Nesiller için bir gelişme yada değişim söz konusu olmadığı durumlarda,
- Optimuma yakın çözümlerin elde edilmesi sağlandığında,

Bu yukarıda belirlenen durumlardan herhangi birinin oluşması veya o şartın sağlanması durumunda GA yapısı sonlandırılmaktadır.

### 3.18 Çizelgeleme Problemleri

Çizelgeleme problemleri, kısıtlar doğrultusunda verimliliğin temel alınarak kaynakların kullanıcılara tahsis edilmesini sağlayan karar verme süreci problem tipleridir.

Çizelgeleme problemleri günümüzde birçok alanda karşımıza çıkmakta ve çözümü zor olan (NP) problem olarak görülmektedir. Çizelgeleme problemlerinin matematiksel çözümünde üç ana kümede toplamak mümkündür;

V Kümesi; değişkenleri

D Kümesi; değişkenlerin tanımlandığı küme

C Kümesi; kısıtların bulunduğu küme

olarak gösterilebilir. Ayrıca kısıtları da sağlanması zorunlu olarak görülen sert kısıtlar ve tercihe bağlı olarak değerlendirilen yumuşak kısıtlar olarak kategorize edilmektedir. Çizelgeleme problemleri çeşitli alanlar üzerinde uygulama imkanı bulmuşlardır.

Çizelgeleme problemleri türlerinden bazıları şunlardır:

- Kaynak Kısıtlı Proje Çizelgeleme
- Proje Çizelgeleme
- Montaj Hatlarının Çizelgenmesi

- Atölye Çizelgeleme
- Uçak, otobüs, Tren Çizelgeleme
- Esnek Montaj Hatlarının Çizelgelenmesi
- Doktor, Hemşire Çizelgeleme
- Ekonomik Parti Çizelgeleme
- Ders Programı / Sınav Çizelgeleme
- Tedarik Planlama ve Çizelgeleme
- Araç, Ekipman Rotalama ve Çizelgeleme
- Personel Çizelgeleme

### 3.18.1 Ders çizelgeleme problemleri

Ders çizelgeleme, kaynak kısıtların ve amaç fonksiyonuna bağlı kalınarak eğitimci, öğrenci, sınıf ve derslerin yerleştirilmesini esas alan problem tipleridir (Zhang ve Lau, 2005). Ders çizelgeleme, kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemleridir (KKPÇP). Ders çizelgeleme problemleri çözümü zor olan NP problem tipi olarak karşımıza çıkmaktadır. Ders çizelgeleme problemleri bir akademik takvim içerisinde işlenecek olan derslerin, dersleri verecek olan öğretmenlerin fiziki kapasiteye ve zamana bağlı olarak şekillendirilmesini esas almaktadır. Bu yapı belirlenirken en optimum ölçüde verimliliğin sağlanabilmesi amaç fonksiyonu belirler. Fiziksel kapasite, ders saatlerinin çakışmaması gibi durumlar kısıtları oluşturmaktadır.

Eğitim kurumlarının verimliliğin sağlanmasında ders programları ve ders çizelgelerin çok büyük önemi vardır. Bu noktada her kurumun akademik takvim içerisinde tam ve işler bir yapıda ders çizelgelerine ihtiyaç duymaktadırlar. Eğitim kurumlarının farklılıkları , ders sayısı, sınıf ve laboratuvarların yapısı, müfredat özellikleri gibi nedenlerden dolayı her eğitim kurumunda farklı ve değişik ders çizelgelerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Taç, 2006).

Eğitim kurumlarının bu ve buna benzer ihtiyaçları her eğitim kademesinde yönetim birimleri tarafından oluşturulmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte ders programları ve ders çizelgeleri ile sınavların dağıtımı gibi etkenler bilişim dünyasının uğraşı alanları içerisine girmiştir. Bilişim dünyasının bu ihtiyaçları karşılayabilmek için geliştirdikleri yazılımlar ile problemlerin çözümü noktasında gelişmeler sağlanabilmektedir. Farklı yazılım türleri ile geliştirilen ders çizelgeleme

programları sayesinde optimum seviyede ihtiyaçların karşılanabilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca yazılımlarda kullanılan farklı algoritma seçenekleri ile de çözüm uzayında optimum sonuca ulaşabilme gayretleri denenmektedir.

Ders çizelgeleme problemlerinin çözümü ele alındığında ders sayısı arttıkça çözüm uzayının da orantısız olarak üstel bir artış sergilediği görülmektedir. Bu doğrultuda optimum sonuca ulaşabilmek için çeşitli metasezgisel yöntemlerin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Ders çizelgeleme yöntemlerinin çözümünde kullanılan yöntemlerden bazıları şunlardır:

- a. Sezgisel Yöntemler
- b. Tabu Arama
- c. Tavlama Benzetim
- d. Graf Renklendirme
- e. Aşamalı Derinleşme
- f. Evrimsel Algoritmalar

Ders programlarını otomatik olarak yapmak üzere geliştirilmiş yazılımlar mevcuttur. Harmanşah ve arkadaşlarının hazırladığı internet tabanlı ders hazırlama otomasyonu, GA tabanlı ders otomasyonu Atanak ve Fatih, Kohshori ve Abade, Jat ve Wang, Deris gibi araştırmacılar tarafından hazırlanmıştır. Ayrıca sezgisel ve evrimsel algoritma tabanlı yazılımlar da mevcuttur. Yine tamsayı programlama algoritması gibi farklı algoritma seçenekleri ile oluşturulmuş ders çizelgeleme yazılımları ve otomasyonları da araştırmacılar tarafından hazırlanmıştır.

### 3.18.2 Ders çizelgeleme yöntemleri

Literatürde çok sayıda farklı yöntem ve algoritma seçenekleri mevcuttur. Bu çalışmaların hepsinde farklı çözüm arama ve optimum sonuca ulaşma amaçlanmıştır. Ders çizelgeleme problemleri için yapılan çalışmalar Şekil 3.19 'da gösterilmektedir.

Yaklaşım	Yöntem	Kaynaklar
Yöneylem Araştırması	Tamsayılı/ Doğrusal Programlama	Andrew ve Collins [20], Akkoyunlu [21], Harwood ve Lawless [22], Breslaw [23], Shih ve Sullivan [24], Tripathy [25], McClure ve Wells [128], Ferland ve Roy [26], Gosselin ve Truchon [129], Laporte ve Desrochers [130], Dinkel vd. [27], Tripathy [131], Johnson [132], Ferland ve Fleurent [133], Badri [28], Badri vd. [72], Boronico [29], Dimopoulou ve Miliotis [30], Baker vd. [31], Dimopoulou ve Miliotis [134], Özdemir ve Gasimov [18], Daskalaki vd. [32], Martin [135], Avella ve Vasil'Ev [136], Sarin [137], Daskalaki ve Birbas [33], Al-Yakoob ve Sherah [138], Günalay ve Şahin [34], MirHassani [8], Ismayilova [35], Al-Yakoob ve Sherah [139], Cheng ve Kruk [140], Schimmelpfeng ve Helber [36], Gunawan vd. [141], Burke vd. [142], Bakır ve Aksop [37], Van Den Broek vd. [38], Sarin vd. [39], Al ve Eren [40], van den Broek vd. [41], Cacchiani vd. [42],
	Grafik Renklendirme	Welsh ve Powell [43], Werra [44], Selim [45], Cangalovic ve Schreuder [46], Mathaisel ve Conn [47], Hertz ve Robert [48], Redl [49], Razak vd. [50], Dandashi ve Al-Mouhamed [51],
	Kısıt Programlama	Kang ve White [53], Frangouli vd. [54], Deris vd. [55], Goltz vd. [56], Deris vd. [66], Deris vd. [57], Abdennadher vd. [58], Zervoudakis ve Stamatopoulos [59], Müller [60], Legierski ve Widawski [61], Rudova ve Murray [62], Valoux ve Housos [63], Cambazard vd. [64], Zhang ve Lau [52], Hossain ve Zibran [65],
	Ağ Modelleri	Dyer ve Mulvey [67], Mulvey [68], Dinkel vd. [27],
	Çok Kriterli/Çok Amaçlı Modelleme	Miyaji vd. [69], Lee ve Sehniederjans [70], Schniederjans ve Kim [71], Badri vd. [72], Şahin [73], Özdemir ve Gasimov [18],
Metasezgisel (Tek Çözümlü/ Popülasyon Tabanlı Algor.)	Tabu Arama	Hertz [80], Costa [81], Alvarez vd. [78], Alvarez vd. [77], Burke vd. [82], Amtzen ve Lokketangen [83], Mushi [84], Damak vd. [85], Aladag vd. [79], Lü ve Hao [86],
	Tavlama Benzetimi	Dowsland [91], Abranson [92], Dige vd. [93], Elmohamed vd. [94], Kostuch [95], Bai vd. [96], Tuga vd. [97], Aycan ve Ayav [98], Abdullah vd. [99], Basir vd. [100], Cura [101], Ceschia vd. [102],
	Değişken Komşuluk Arama	Abdullah vd. [103], Lü vd. [87],
	Yerel Arama	Hertz [143], Kiarer ve Yellen [144], Schaerf ve Gaspero [145], Asratian ve Werra [146], Rossi-Doria vd. [147], Müller vd. [148], Beyrouthy vd. [149], Murray vd. [150], Jat ve Yang [151], Kohshori vd. [117],
	Genetik Algoritma	Burke vd. [108], Paechter vd. [109], Deris vd. [66], Carrasco ve Rato [110], Ueda vd. [111], Yu ve Sung [112], Wang [113], Jat ve Yang [114], Khonggannerd ve Innet [107], Asham vd. [115], Alsmadi vd. [116], Kohshori vd. [117],
	Kanca Kolonisi Optimizasyonu	Socha vd. [15], Mayer vd. [120],
	Parçacık Sürü Optimizasyonu	Ayob ve Jaradat [121], Nothegger vd. [122],
	Memetik Algoritma	Shiau [152], Chen and Shih [153],
	Harmoni Arama Algoritması	Jat ve Yang [154], Joudaki vd. [123],
Yeni Yaklaşımlar	Hibrit Algoritmalar	Al-Betar vd. [155], Al-Betar ve Khader [156], Nguyen vd. [157], Wahid ve Hussin [158],
	Bulanık Yöntemler	Deris vd. [66], Mirazavi vd. [159], Rachmawati ve Srinivasan [160], Chiarandini vd. [161], Abdullah vd. [162], Gunawan vd. [163], Tuga vd. [97], Rahoual ve Saad [164], Abdullah ve Hamdan [165], Pongcharoen vd. [166], Ayob ve Jaradat [121], Turabieh ve Abdullah [167], Joudaki vd. [123], Jat ve Yang [168], Shiau [154], Kohshori vd. [117], Gunawan vd. [169], Abdullah vd. [170], Kohshori ve Abadeh [124], Asham vd. [116], Kohshori ve Liri [171], Cambazard vd. [172], Bolaji vd. [173], Badoni vd. [174], Fong vd. [175],
	Kümeleme Algoritmaları	Asmuni vd. [126], Golabpour vd. [127], Chaudhuri ve Kajal [125], Kohshori vd. [117], Amintoosi ve Haddadnia [176], Shatnawi vd. [177],
	Karar Destek Sistemleri / Uzman Sistemler	Dyer ve Mulvey [67], Kassicieh vd. [178], Glassey ve Mizrach [179], Chahal ve Werra [180], Dinkel vd. [27], Ferland ve Fleurent [134], Piechowiak ve Kolski [181], Foulds ve Johnson [182], Dasgupta ve Khazanchi [183], Günalay ve Şahin [34],
	Yapay Sinir Ağları	Carrasco ve Pato [184],
	Çoklu Ajan Sistemleri	Meisels ve Kaplansky [185], Yanga vd. [186], Strnad ve Guid [187], Oprea [188], Obit vd. [189], Yanga ve Paranjape [190],
	Hiper Sezgiseller	Petrovic ve Qu [191], Burke vd. [192], Burke vd. [193], Burke vd. [194], Soria-Alcaraz vd. [195],
	Literatür Araştırmaları	Schmidt ve Strohleim [196], Werra [44], Stallaert [197], Carter ve Laporte [12], Schaerf [9], Burke [198], Petrovic [199], Lewis [200], MirHassani ve Habibi [16], Pillay [201], Babaei vd. [202],

Şekil 3.19: Ders çizelgeleme problemleri ile ilgili çalışmalar (Kaynak: Altunay ve ark., 2017)

### a. Sezgisel Yöntemler

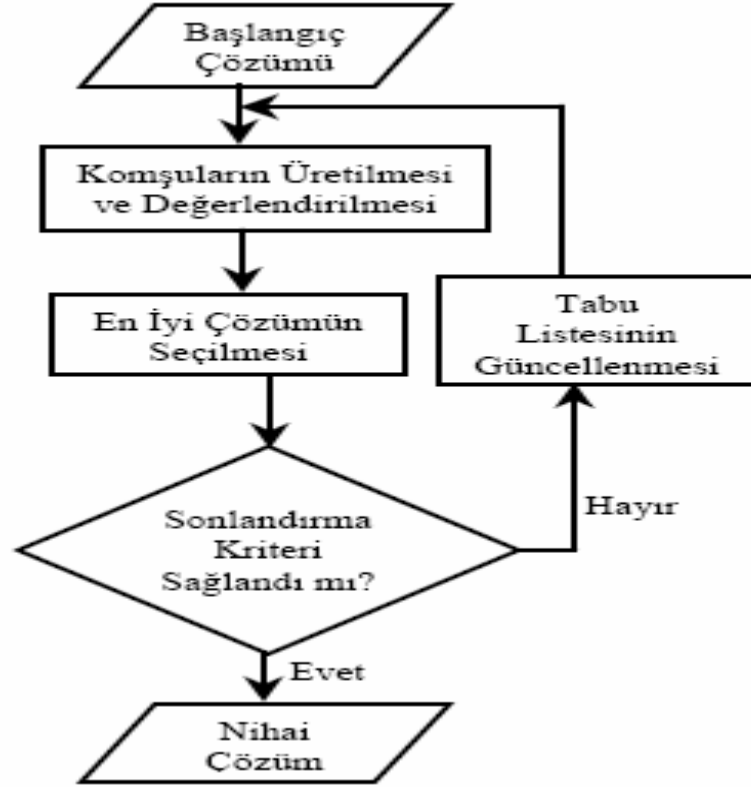
Klasik yöntemlerin kullanılarak çözüme ulaşma arayışları zamansal açıdan çok uzun sürmekte yada istenilen sonuca ulaşma da problemler yaşanabilmektedir. Çözüm uzayının artması ise analitik yöntemlerle çözümün zorlaşmasına neden olmaktadır. Sezgisel yöntemlerin en kısa sürede sonuca ulaşma ve optimum sonuç için kullanılması avantajlarından birisi olurken, çok fazla parametrenin tasarımını gerektirmesi ve çözüm uzayında çözümü garanti edememeleri dezavantajı olarak sayılmaktadır. Ayrıca sezgisel yöntemlerin kullanılmasının en önemli nedenlerinden birisi de kesin çözüm bulma yöntemleri olarak görülen klasik yaklaşımların gerçek dünya problemlerine uyarlanmasında karşılaşılan güçlüklerdir.

### b. Tabu Arama

Bu yöntem ilk defa Hansen tarafından sayısal metotlar kongresinde önerilmiştir. Çözüm uzayının ayrık olan problemlerin çözümü noktasında Glover tarafından programlama tekniği olarak kullanılan sezgisel metot olarak karşımıza çıkmaktadır. Tabu arama metodunun en önemli özelliği ve kullanılma nedeni lokal optimuma takılma sorununa getirdiği çözümdür. Tabu arama metodunun elemanları şunlardır:

- a. Başlangıç Çözümü
- b. Hareket Mekanizması
- c. Tabu Yıkma Kriterleri
- d. Aday Liste Stratejileri
- e. Hafıza

İlk olarak başlangıç çözümünde önceden belirlenmiş bir algoritma yada rassal bir çözüm belirlenmektedir. Hareket mekanizması ile var olan çözüm yada çözümler kullanılarak yeni çözümlerin oluşturulması hedeflenir. Tabu yıkma kriterinde yasaklanmış eylemlerin yapılabilmeye ölçüsü ve durumları belirtilir. Aday liste stratejileri, genel stratejilere göre oluşturulan bir yapıdır. Olası en iyi harekete bağlı olarak seçilebilme kuralı üzerinden gerçekleştirilmektedir. Hafıza kısmında ise daha önceden belirlenmiş olan ve optimum sonuç bilgilerinin tutulduğu alanlardır. Şekil 3.20 'de tabu arama algoritması verilmiştir:

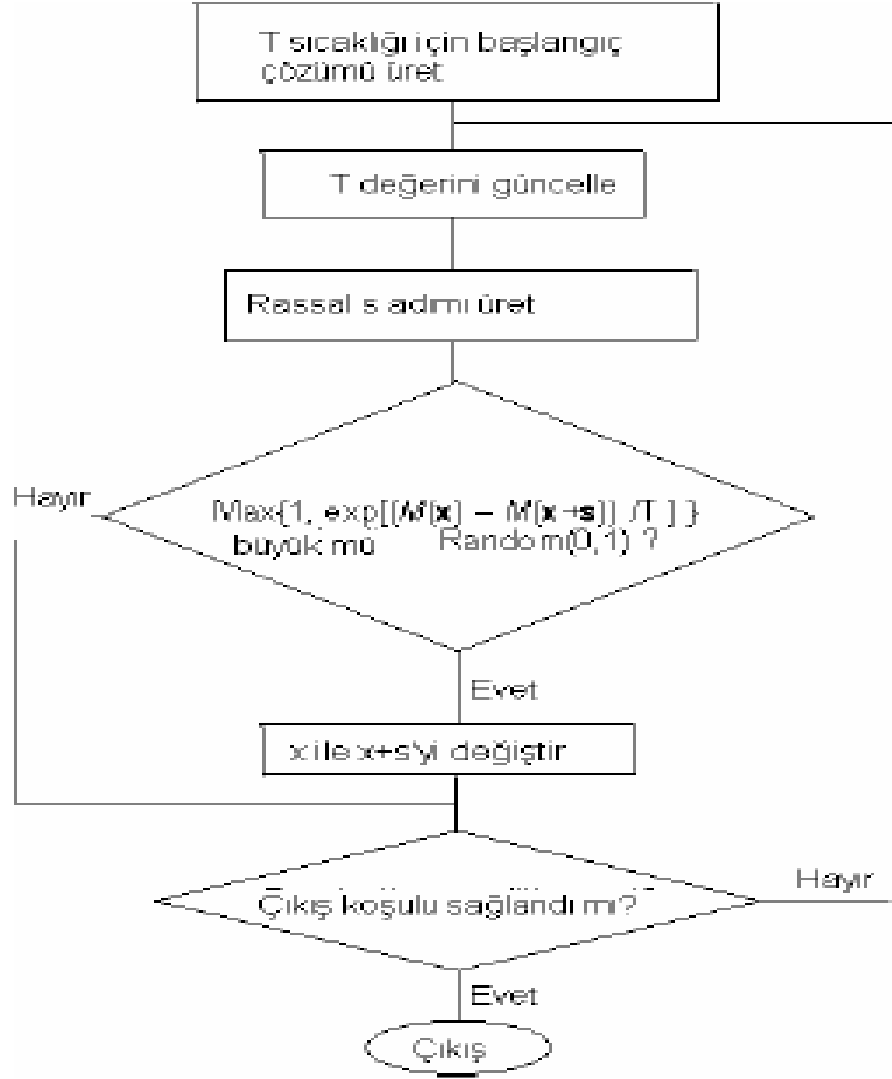


Şekil 3.20: Tabu arama algoritması

### c. Tavlama Benzetim Algoritması

Katı cisimlerin soğurken elde ettikleri atom yapısının dizilişlerini esas alan bir algoritmadır. İlk olarak Kirkpatrick, Gelatt ve Vecchi tarafından kullanılmıştır (Kirkpatrick ve ark., 1983). Bu algoritma ile farklı değişkenlerin bulunduğu fonksiyonlarda minimum ve maksimum değerlerin elde edilmesi yöntemi olarakta bilinir. Doğrusal olmayan lokal minimum değerinin bulunmasında daha çok kullanılmıştır. Tavlama benzetim algoritması Şekil 3.21 'de verilmiştir:

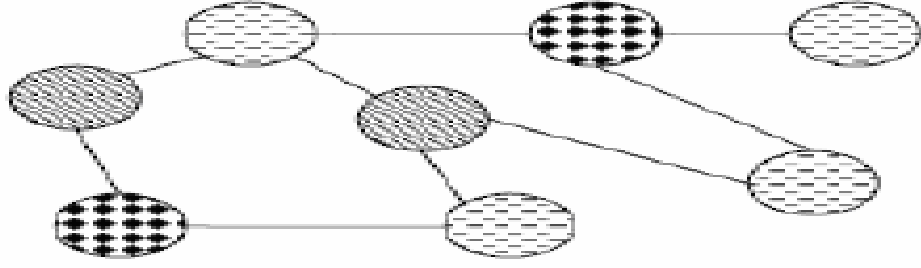




Şekil 3.21: Tavlama benzetim algoritması

#### d. Graf Renklendirme Algoritması

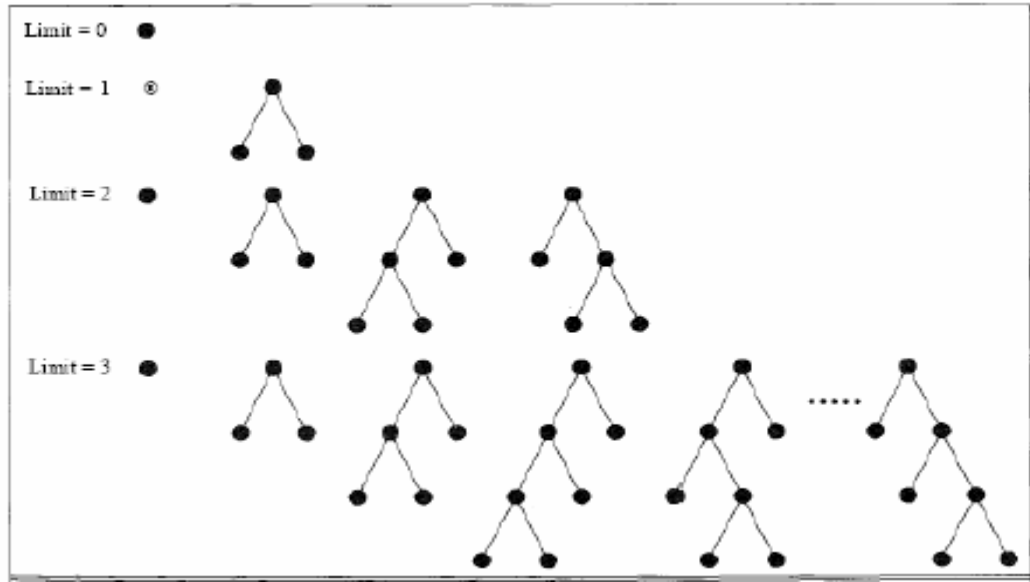
Graf Renklendirme algoritması, birbirine komşu olan düğümlerin boyanması işlemini temel alan bir algoritmadır. Algoritmanın temel yapısı grafiği renklendirme için tüm düğümlerin en az renk kullanılmasını amaç edinmiştir. Renk adedi, kromatik sayı olarak adlandırılmıştır. Bu çizelgeleme uygulaması ilk olarak 1967 yılında Welsh ve Powell tarafından kullanılmıştır (Welsh ve Powell, 1967). Şekil 3.22 'de graf renklendirme algoritması gösterilmektedir.



Şekil 3.22: Graf renklendirme algoritması

### e. Aşamalı Derinleşme Algoritması

Var olan bilgiler doğrultusunda derinleşerek arama uzayının küçültülmesi ile optimum sonuca varmayı hedefleyen bir algoritma tekniğidir. Aşamalı derinleşme algoritmasında iterasyon sayısı aynı zamanda derinleşme adımıdır. Şekil 3.23 'de aşamalı derinleşme algoritmasına ait dört iterasyondan oluşan görünümü verilmektedir.



Şekil 3.23: Dört iterasyondan oluşan aşamalı derinleşme algoritması

### f. Evrimsel Algoritmalar

Evrimsel algoritmalar doğadaki karmaşık ve uyumlu canlı organizmaların oluşma ve yaşayışını evrim süreci içerisinde taklit eden algoritmalardır (Back ve ark., 1997). Evrimsel algoritmalar, stokastik yöntem tabanlı olduklarından dolayı optimuma yakın çözüm üretmede en yaygın kullanılan algoritma yapılarındandır. Evrimsel algoritmalar

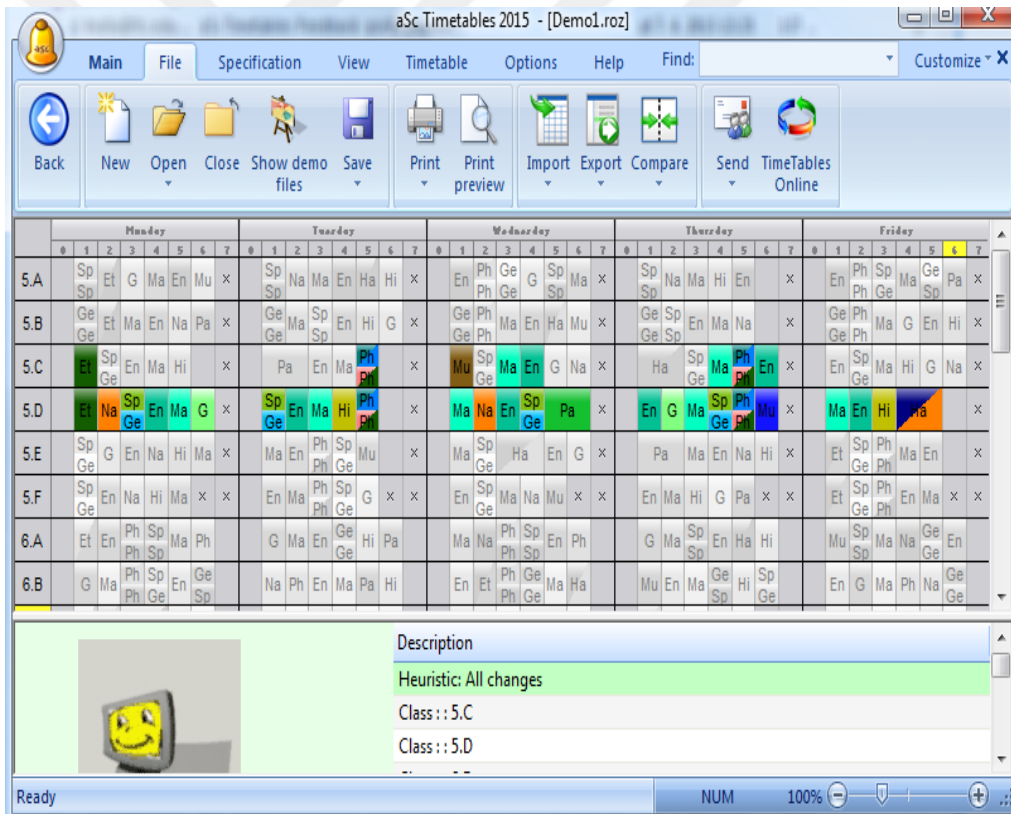
içerisinde en çok kullanılan algoritma yapılarına genetik algoritmalar, yapay arı kolonisi algoritmaları, karınca kolonisi algoritmaları örnek olarak verilebilir.

### 3.18.3 Ders çizelgeleme programları

Ders çizelgeleme problemlerin çözümü için kullanılan teknikler ile piyasada üretilen free yada lisanslı pek çok yazılım mevcuttur. Her bir yazılım farklı kurum türlerine göre işlevsel olarak değerlendirilmektedir.

#### a. Asc TimeTables

Farklı dil desteği sunan bu program ücretli ve deneme sürümlerine <https://www.asctimetables.com/> web adresi üzerinden ulaşılabilir. Program ile öğretmen, sınıf ve okul bilgileri ile tatil günleri tanımlanmakta ve belirtilen kısıtlar altında ders programı hazırlanmaktadır. Hazırlanan programlar ayrıca rapor olarak alınabilmekte Html yada MS Excel formatında çıktı olarak sunma imkanı da mevcuttur. Ayrıca online sınıf yoklaması, mobil desteği, web üzerinden çalıştırma imkanları gibi imkanlar da sunmaktadır. Program daha çok ilk ve orta kademe eğitim kurumlarına hitap etmektedir. Asc Timetables yazılımı arayüzü Şekil 3.24 'te gösterilmektedir.

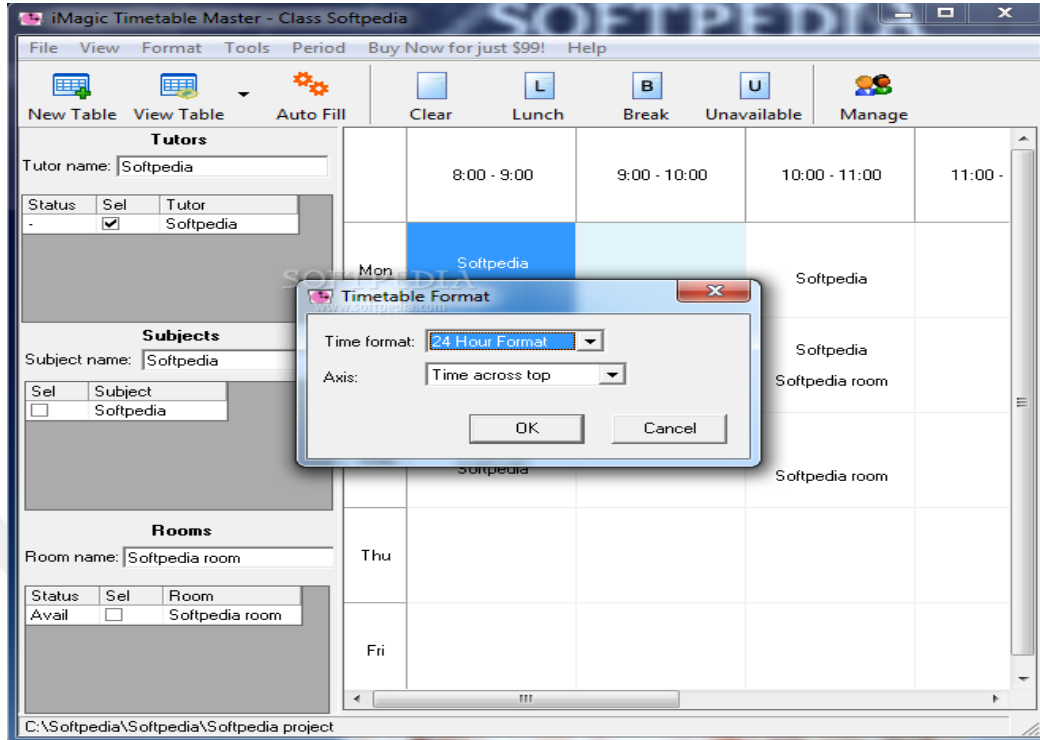


Şekil 3.24: aSc Timetables yazılımı arayüzü

#### b. iMagic TimeTable Master

Veritabanını hazırlayarak kullanıma sunma, çapraz eşleştirme sağlama, birbiri ile bağlantılı derslere göre program hazırlama, MS Excel yada web formatında gösterme sunan yazılımın en dikkat çeken yönü dışarıdan dosya alma imkanı sunmasıdır. Program

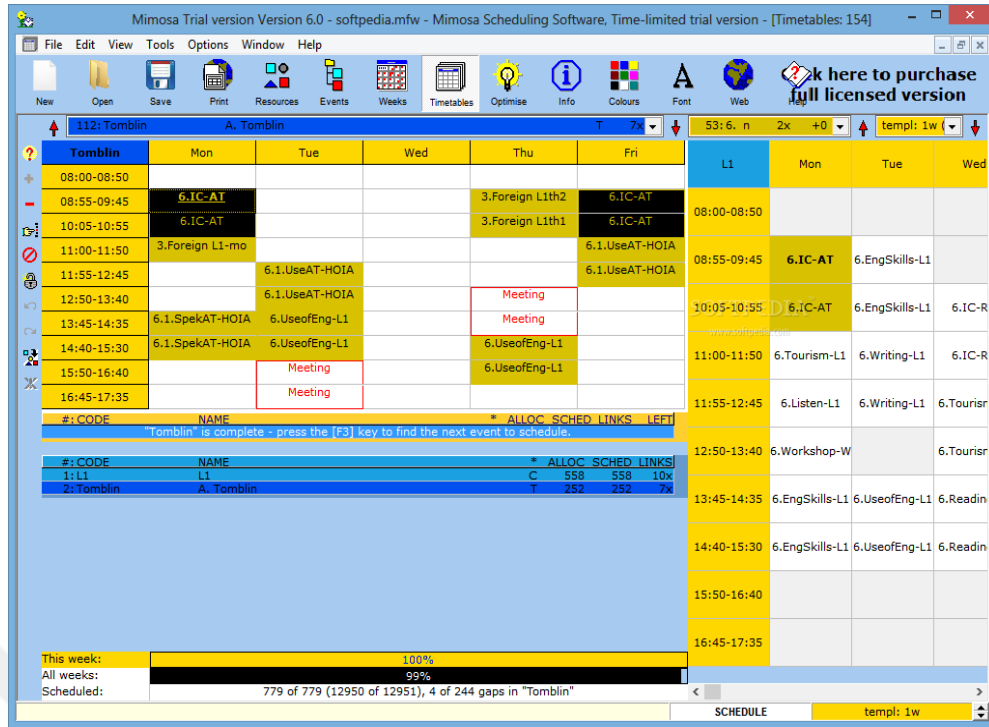
için <http://www.imagictimetablessoftware.com/> adresinden ayrıntılı bilgi alınabilir. Şekil 3.25 'te iMagic Timetable Master yazılımının arayüzü gösterilmektedir.



Şekil 3.25:iMagic Timetable Master yazılımı arayüzü

### c. Mimosa Scheduling Software

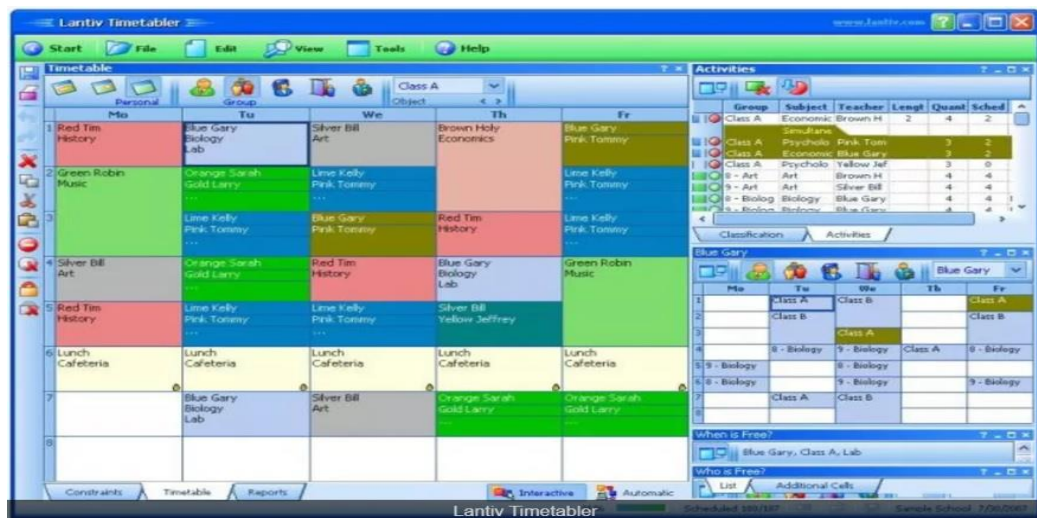
Bu yazılım her tür eğitim kurumları ile üniversitelerde ders programı hazırlama imkanı sunmaktadır. Yazılım ayrıca konferans yada işyeri için de çizelgelemeye olanak sağlamakta ve bundan dolayı da iş dünyasında yaygın olarak kullanılabilir. Programın en dikkat çekici özelliği verilerin taşınmasında kopyalamaya imkan vermesi ve verilerin diğer yazılımlara aktarılabilmesidir. Kullanıcı hatalarını en asgari düzeye indirmesi ile de ön plana çıkmaktadır. Yazılımın deneme ve ücretli sürümleri için <http://www.mimosasoftware.com/> web adresi ziyaret edilebilir. Şekil 3.26 'da Mimosa Scheduling Software yazılımına ait arayüz gösterilmektedir.



Şekil 3.26: Mimosa Scheduling Master yazılımı arayüzü

#### d. Lantiv Timetabler

TimeTabling Turbo ve Scheduling Studio olmak üzere iki farklı sürümü olan yazılım hem ilk ve orta öğretim ile yükseköğretim kademeleri için ders programı hazırlama imkanı sunmaktadır. Web sayfası üzerinde ayrıca forum sayfası sayesinde kullanıcıların iletişime geçmesini sağlayan Lantiv International kurumuna <https://lantiv.com/> adresi üzerinden ulaşılabilir. Lantiv TimeTabler yazılımına ait arayüz Şekil 3.27 'de gösterilmektedir.



Şekil 3.27: Lantiv Timetabler yazılımı arayüzü

### e. Canva

Sürükle-bırak özelliği ile ders programlarını rahatlıkla hazırlama imkanı veren yazılıma <https://www.canva.com/> adresinden ulaşılabilir. Ayrıca farklı yaş gruplarına göre ders programı hazırlama imkanı da sunmaktadır.

### f. Bilsa

Tamamen yerli üretim olarak tasarlanan yazılım ilk, orta dereceli okullar ile liselerde çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Öğretmen ve öğrenci el programlarını çıktı olarak sunan yazılım çok detaylı olarak hazırlanması yönünden dikkat çekmektedir. Ayrıca meslek liselerine yönelik öğrenci sigorta işlemleri, stajyer öğrenci ve işletme bilgilerinin hazırlandığı 3308 isimli bir sürümü de mevcuttur. Eğitimcilerin maaş ve ücret karşılığı verdikleri derslerin seçimi ve çarşaf listeleri alması yönünden zengin bir içeriğe sahiptir. Mesem isimli sürümü ise mesleki eğitim kurumlarına hizmet vermektedir. Yazılıma <http://www.bilsa.com.tr/> web adresi üzerinden lisanslı olarak sahip olma imkanına kavuşabilirsiniz. Şekil 3.28 'de Bilsa ders Hazırlama Programının arayüzü gösterilmektedir.



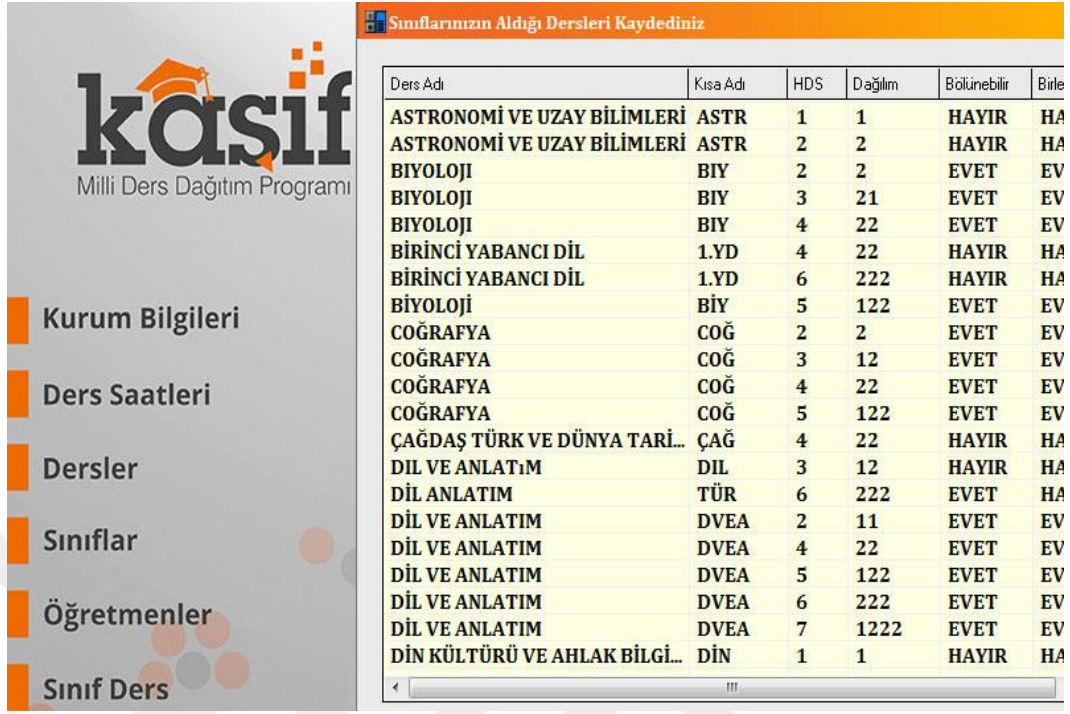
Şekil 3.28: Bilsa ders hazırlama programı

### g. Kaşif

Ders hazırlama programı olarak kullanılan Kaşif, hem devlet hem de özel okullara yönelik hazırlanmıştır. Atama algoritmasında farklı fonksiyonlar içermesi ile dikkat çekmektedir. Meslek liselerine yönelik atölye derslerini yerleştirme imkanı sunmaktadır.



Yazılıma web adresinden erişilebilmektedir. Şekil 3.29 'da Kaşif yazılımına ait arayüz gösterilmektedir.

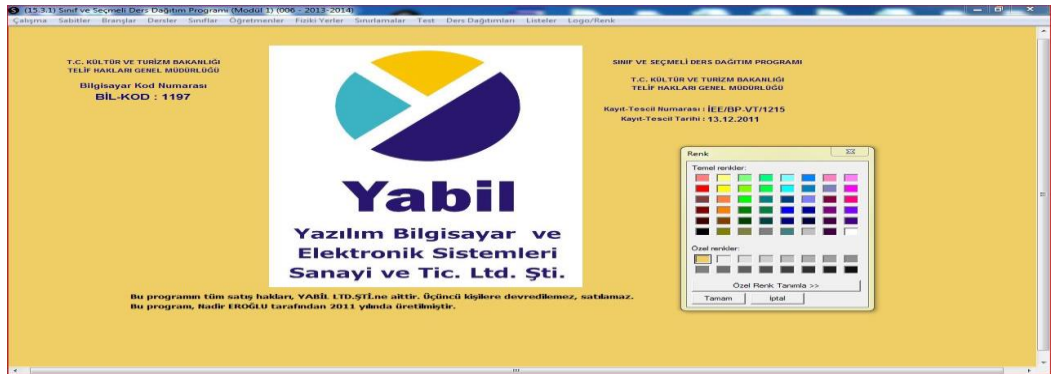


Ders Adı	Kısa Adı	HDS	Dağılım	Bölünebilir	Birle
ASTRONOMİ VE UZAY BİLİMLERİ	ASTR	1	1	HAYIR	HA
ASTRONOMİ VE UZAY BİLİMLERİ	ASTR	2	2	HAYIR	HA
BIYOLOJİ	BIY	2	2	EVET	EV
BIYOLOJİ	BIY	3	21	EVET	EV
BIYOLOJİ	BIY	4	22	EVET	EV
BİRİNCİ YABANCI DİL	1.YD	4	22	HAYIR	HA
BİRİNCİ YABANCI DİL	1.YD	6	222	HAYIR	HA
BIYOLOJİ	BIY	5	122	EVET	EV
COĞRAFYA	COĞ	2	2	EVET	EV
COĞRAFYA	COĞ	3	12	EVET	EV
COĞRAFYA	COĞ	4	22	EVET	EV
COĞRAFYA	COĞ	5	122	EVET	EV
ÇAĞDAŞ TÜRK VE DÜNYA TARİ...	ÇAĞ	4	22	HAYIR	HA
DİL VE ANLATIM	DİL	3	12	HAYIR	HA
DİL ANLATIM	TÜR	6	222	EVET	HA
DİL VE ANLATIM	DVEA	2	11	EVET	EV
DİL VE ANLATIM	DVEA	4	22	EVET	EV
DİL VE ANLATIM	DVEA	5	122	EVET	EV
DİL VE ANLATIM	DVEA	6	222	EVET	EV
DİL VE ANLATIM	DVEA	7	1222	EVET	EV
DİN KÜLTÜRÜ VE AHLAK BİLGİ...	DİN	1	1	HAYIR	HA

Şekil 3.29: Kaşif ders dağıtım programı arayüzü

#### h. Yabil

Her kademedeki eğitim kurumları ile üniversiteler ve iş dünyasına yönelik planlamaya özgü hazırlanmış bir ders hazırlama programıdır. Parametrelere göre ders dağıtımını gerçekleştiren yazılım aynı zamanda veritabanına yedek alma, raporlama, çıktı alma imkanları da mevcuttur. Ayrıca meslek liselerine yönelik olarak hazırlanan işletmelerde mesleki eğitim programı isimli sürümü de vardır. Yazılıma [www.yabil.net](http://www.yabil.net) adresi üzerinden ulaşılabilir. Şekil 3.30 'da Yabil yazılımının arayüzü verilmektedir.



Şekil 3.30: Yabil yazılımı arayüzü

### 3.19 Mesleki Eğitim ve Koordinatörlük Görevi

İnsanoğlunun varlığının temel niteliklerinden olan bilme arzusu doğayı tanıma ve ayakta kalma sürecinin vazgeçilmez unsuru olagelmıştır. Gözünü açtığı ilk andan son ana kadar bulunduğu evrenin tüm gizemi bir merak olgusu uyandırmış olmakla birlikte bu durum bilgiye ulaşma arzusunu tetiklemiştir. Var olan bilgiye ulaşma arzusu aynı zamanda eğitim kavramının ortaya çıkmasına ve eğitimin nasıl gerçekleştirilmesi gerektiği konusunda da deneyimlerin oluşmasına katkı sağlamıştır. Bu noktadan baz alınarak yapılan eğitim çalışmaları ile eğitim kategorilere ayrıştırılmış ve her kategoride farklı temaların işlenmesi sağlanmıştır. Dünyada ve ülkemizde yapılan eğitim çalışmaları kapsamında her kategori için ana esaslar belirlenerek eğitim sisteminin alt yapıları oluşturulmaya çalışılmıştır. Eğitim sistemi oluşturulurken en önemli faktör bireylerin çağın gerektirdiklerine uygun olarak sosyal ve ekonomik kalkınmayı baz alan bir anlayış üzerine şekillendiği görülmektedir.

Bilim ve teknolojinin gelişmesi ve küreselleşen dünya üzerinde ekonomik güç dengeleri beraberinde yeni eğilimler getirmiştir. Bu eğilimler belirlenirken eğitimin önemi ortaya çıkarılmış ve eğitimin kalitesini artırma, eğitimde verimliliği sağlama en önemli durumlar arasında yerini almıştır. Özellikle yetişmiş uzman eleman ihtiyacı teknolojik gelişmelere bağlı olarak doğrusal oranda artarak ihtiyaç haline gelmiştir. Bu noktada meslek çeşitlerine bağlı olarak her meslek çeşidinde ülke ve dünya genelinde uzman elemanların yetişmesi noktasında belirli adımlar atılmıştır. Bu noktada meslek liseleri ve mesleki eğitim merkezleri kurularak bu ihtiyacın giderilmesi için adımlar atılmıştır. Ülkelerin gelişmişlik düzeylerini ölçmede mesleki eğitim ayrı bir öneme sahip olmuştur.

#### 3.19.1 İşletmelerde mesleki eğitim ve koordinatörlük görevi

Mesleki ve Teknik Liseler ile Mesleki Eğitim Merkezi bünyesinde yer alan en önemli derslerden birisi de İşletmelerde Beceri Eğitimi dersidir. Bu ders Anadolu Meslek Liselerinde 12. sınıfta haftada 3 gün 24 saat şeklinde belirlenmiştir. Teknik ve Anadolu Teknik liselerinde ise yaz dönemi içerisinde 300 saat olarak verilmektedir. Ayrıca Mesleki Eğitim Merkezleri'nde öğrenim gören öğrencilerde bu ders kapsamında eğitim almaktadır. Bu ders genel olarak okul stajı olarakta bilinir. Pratik eğitimlerini tamamlayan



öğrenciler hem iş hayatını görme, hem de öğrendikleri bilgileri uygulamaya dönüştürme şansına sahip olmaktadır.

İşletmelere öğrencilerin yerleştirilebilmesi konusunda ise “Mesleki Eğitim Kurulu ile İl İstihdam ve Mesleki Eğitim Kurulları” oluşturulmuş ve okul yönetimi ile işletmeler arasında gerekli yapının oluşturulması sağlanmıştır. On veya üzerinde personel bulunduran işletmeler yasa kapsamında çalıştırdıkları personelin maksimum %5 'inden az olmamak koşulu ile beceri eğitiminin verilmesi ile yükümlüdürler. İşletmelerde Beceri Eğitimi veya meslek eğitimi kapsamında görev yapan Mesleki Eğitim Kurulu, hangi alanlarda meslek eğitimi verileceğini Milli Eğitim Bakanlığı(MEB)'na bildirmekte, yükümlü olan işletmeler ise Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı(ÇSGB) tarafından “İl İstihdam ve Mesleki Eğitim Kurulları” na ileilmektedir. İl ve İlçeler bünyesinde kurulan “işletme belirleme komisyonları” ile Ortaöğretim Kurumları Yönetmeliği çerçevesinde uygun görülen işletmeler belirlenmektedir. (Mesleki ve Teknik Eğitim Strateji Belgesi 2014-2018, s21).

Koordinatör öğretmen görevlendirilmesi konusunda “Milli Eğitim Bakanlığı Ortaöğretim Yönetmeliği” Madde 88’ de şu şekilde belirtilmiştir (Bakınız: Milli Eğitim Bakanlığı Ortaöğretim Yönetmeliği Madde 88):

Staj çalışması olarak görülen işletmelerde mesleki eğitim görevinin yürütülmesi bünyesinde öğrencilerin yapmış oldukları çalışmaları, akademik başarılarını, devamsızlık durumlarını önceden belirlenmiş olan bir program doğrultusunda aşamalı olarak işletmedeki yetkili kişiler ile birlikte alan yada meslek öğretmeni olmak koşuluyla bir koordinatör öğretmenin rehberlik yapması amacıyla görevlendirilmesi gerekmektedir. Alan yada meslek öğretmeni olmayan başka öğretmenlere koordinatör rehberlik görevi verilemeyecektir.

Ayrıca koordinatör öğretmen görevlendirilmesinde aşağıdaki hususlar dikkate alınır:

Meslek ve alan dersi öğretmenleri öncelikle okullarındaki teorik ve uygulamaya dönük dersleri almakla yükümlüdürler. Bu derslerin dışında kalan zamanlarda ek ders görevi kapsamında koordinatör öğretmen olarak görevlendirilebilirler.

Ek ders görevi bünyesinde yer alan koordinatör öğretmen görevlendirmesi konusunda, koordinatör müdür yardımcısının başkanlığında ve alan zümre başkanı ile alan öğretmenlerinin katılımı ile bir komisyon oluşturularak toplantı yapılması sağlanır

ve koordinatör öğretmen dağılımının esasları ve programı belirlenir. Bu esaslar belirlenirken mevcut işletme adedi, işletmelere gönderilecek olan öğrenci adedi, işletmelerin okula ve birbirlerine olan uzaklıkları, güzergahları, işletmelerde görevlendirilen koordinatör öğretmenlerin bu görevleri doğrultusunda harcadıkları sürenin belirlenmesi sağlanır. Belirlenen bu durumlar ölçüsünde bir öğretmen günlük en fazla 8 saati geçmeyecek doğrultuda görevlendirilmesi yapılır. Bu görevlendirme işlemi için yapılan toplantı tutanakları okul yönetimi ve idaresine sunularak gerçekleştirilir. Ayrıca eğitim-öğretim yılı dışında kalan yaz tatili sırasında gerçekleştirilecek olan staj çalışmaları da yukarıda belirlenen ölçütler doğrultusunda gerçekleştirilerek işlemler yapılır.

Ek ders görevi bünyesinde yapılacak olan koordinatör öğretmen görevlendirilmesi noktasında, koordinatör öğretmenlerin haftalık kaç saat koordinatör olarak görevlendirileceği hususu “Millî Eğitim Bakanlığı Yönetici ve Öğretmenlerinin Ders ve Ek Ders Saatlerine İlişkin Karar” doğrultusunda alan/bölüm, laboratuvar ve atölye şeflerinin haftalık olarak belirlenen planlama bakım onarım saatleri de dahil edilerek maksimum ek ders saatini geçmeyecek şekilde belirlenmektedir.

“Millî Eğitim Bakanlığına Bağlı Okul ve Kurumların Yönetici ve Öğretmenlerinin Norm Kadrolarına İlişkin Yönetmelik” doğrultusunda işletmelerde staj görececek olan alan ve dal içerisinde yer alan öğrenci sayıları belirlendikten sonra, bu öğrencilerin kaç gruptan oluşması gerektiği bulunur. Grup sayısı ile haftalık olarak işletmelerde mesleki ve beceri eğitim dersine ait olan ders saati sayısının çarpımı sonucu elde edilen rakam toplam koordinatörlük süresi için belirlenen ders yükünü elde etmemizi sağlayarak alan ve ders öğretmenlerine paylaşımı esas alınır.

Herhangi bir eğitim alanı yada işletme dalı içerisinde koordinatör öğretmen görevlendirilebilmesi noktasında yeterince o alana ait alan yada meslek dersleri branşında meslek öğretmenin bulunamaması durumunda o alana en yakın olan diğer alan yada meslek dersi öğretmenleri koordinatör öğretmen olarak görevlendirilebilir. Örneğin; bilişim teknolojileri alanında yeterli sayıda bilişim teknolojileri alan öğretmenleri yoksa en yakın olarak görülebilen elektrik-elektronik alan dersi öğretmenlerine görevlendirme yapılabilir.

Koordinatör öğretmen görevlendirilmesi yapılırken, hangi günlere koordinatör öğretmen görevlendirilme süresi ve zamanı ancak o işletmelere gönderilecek olan

öğrencilerin ilgili günlere gönderilme süresi ve zamanı ile birebir olarak örtüşmesi gerekmektedir. Yani haftanın Pazartesi, Salı ve Çarşamba günleri işletmelerde staj göreceğ olan öğrenciler varsa, koordinatör öğretmenlerde ancak o günler içerisinde görevlendirilebilmektedir. Ayrıca bir koordinatör öğretmen bir işletmedeki en fazla 15 öğrenciye kadar koordinatör öğretmen olarak atanabilmektedir.

Başka illerde yada il sınırları dışarısında kalan işletmelerde staj göreceğ olan ve işletmelerde mesleki ve beceri eğitimi gerçekleştirilecek olan öğrencilere koordinatör öğretmen görevlendirilmesi ancak o il ve mahalde bulunan alan ve meslek dersleri öğretmenleri ile gerçekleştirilebilmektedir. İl dışından başka bir öğretmen koordinatör öğretmen olarak görevlendirilememektedir. Bu durumun gerçekleştirilememesi durumunda ancak o öğrencinin kayıtlı olduğu okul içerisinden alan ve meslek dersi öğretmeni ile ihtiyaç karşılanmaktadır.

Koordinatör öğretmenlerinin görevlerini layığı ile yapabilmesi noktasında okul idaresi gerekli denetim ve rehberliğı gerçekleştirmekle yükümlüdürler.

Eğer bir işletme içerisinde farklı okul türlerinden öğrenciler birlikte staj görevinin ve işletmelerde mesleki eğitim ile beceri eğitimi gerçekleştiriyorlarsa, bu okullar ortak dayanışma göstererek tek bir okul tarafından bu görevin yerine getirilmesini sağlamak zorundadırlar.

Eğer bir okul içerisinde o alanla ilgili olarak herhangi bir laboratuvarın olmaması yada o alan eğitimi ile ilgili gerekli olan yeterli sayıda donatımsal malzemelerin yetersizliğı halinde, bu staj görevinin gerçekleştirilebilmesi noktasında o işletme ile birlikte bir protokol imzalanması gerçekleşmişse, o alan veya meslek dersleri öğretmenlerinin görevlendirilmesi koordinatör öğretmen görevlendirmesi bünyesinde gerçekleştirilmemektedir.

Koordinatörlük görevinin belirlenmesi ile koordinatör öğretmen görevlendirilmesinde, “Millî Eğitim Bakanlığı Yönetici ve Öğretmenlerinin Ders ve Ek Ders Saatlerine İlişkin Kararı” 8. maddesi bünyesinde belirlenen çalışmalar için verilmemektedir. Eğer okul bünyesinde açıköğretim ile mesleki açıköğretim öğrencileri varsa, bu öğrencilerin durumları ve işletmelerde beceri eğitimi kapsamında göreceğleri staj durumları diğereğ öğrenciler ile birlikte değerlendirilebilmektedir.

Mesleki açıköğretim lisesi öğrencilerinin durumları konusunda, 3308 sayılı kanuna ait olan 35. madde bünyesinde telafi eğitimleri varsa bu telafi eğitimlerinin

gerçekleştirilmesi için meslek eğitimi ile beceri eğitimleri konusunda işletmelere staj görmesi için gönderilmesi hususları yukarıda belirtilen ölçütler doğrultusunda gerçekleştirilir.

Aynı il ve toplu taşıma araçları ile ulaşımın olmadığı farklı ilçelerde staj gören öğrencilere koordinatör öğretmen görevlendirilmesi için o işletmenin bulunduğu ilçede var olan alan yada meslek dersi öğretmenleri görevlendirilmektedir. Ancak o ilçede görevlendirilebilecek olan alan yada meslek dersi öğretmenin olmaması durumunda ise okulda bulunan bir alan yada meslek dersi öğretmeni yada öğretmenleri görevlendirilebilmektedir.

Yaz tatili süresinde yada yarıyıl tatili içerisinde staj görebilecek olan öğrencilerin olmaması durumunda görevlendirme işlemleri yine kurum içerisinde yer alan koordinatör müdür yardımcısı başkanlığında kurulan komisyon tarafından karara bağlanarak ilgili hükümler çerçevesinde uygulanması sağlanır. (Milli Eğitim Bakanlığı OrtaÖğretim Kurumları Yönetmeliği, 07.09.2013 Resmî Gazete Sayısı: 28758)

Yukarıda bahsedilen kanunun ilgili maddesine göre özetle öncelikle koordinatör öğretmen görevlendirilmesi için öğretmenin meslek yada alan öğretmeni olma zorunluluğu mevcuttur. Ayrıca günde en fazla 8 saat ile görevlendirilebilmektedir. Yine her bir öğrenci için işletmelerin okula uzaklıkları gibi durumlar okulda yapılacak olan toplantı esasları ile ilgilidir. Eğer bir işletmede çok fazla öğrenci staj için bulunmakta ise bir öğretmen en fazla 15 öğrenciye kadar koordinatör öğretmen olarak belirlenmektedir. İlgili kanunun bu maddesi aslında kısıtları belirleme açısından da bize yol göstermektedir.

Ayrıca yine aynı yönetmelikte koordinatör öğretmenin görev ve sorumlulukları şu şekilde tanımlanmıştır:

Koordinatör öğretmenler, görevlendirildikleri öğrencilerin mesleki eğitim ve staj çalışmalarını belirlenmiş olan bir program ve plan doğrultusunda gerçekleştirmek ve oluşabilecek olumsuz durumları önleyici tedbirler almakla yükümlüdürler.

İşletmelerde öğrencilerin hangi çalışmaları yapacağını belirlediği program çerçevesinde görülebilecek aksaklıkların giderilmesi, okul yönetimi tarafından belirlenecek olan program geliştirme çerçevesinde ilgili çalışmaları yaparak rapor halinde okul idaresine sunmakla görevlidir.

Beceri eğitiminin gerçekleştirilebilmesi hususunda, öğrencilerin tuttıkları staj yada iş dosyasının ilgili plan yada program çerçevesinde doldurulması ve ilgili

çalışmaların yapılması konusunda işletme yetkilisi yada usta öğretici ile birlikte rehberlik çalışmalarını yürütmekle görevlidirler.

İşletme içerisinde oluşabilecek olan öğrencilerin disiplin durumları ile akademik başarılarını ve devamsızlık bilgilerini görevli oldukları tarihi takiben iki gün içerisinde okul idaresine bildirmekle görevlidirler. İşletmede staj gören öğrencilerin oluşabilen uyum sorunları ile giderilmesi durumları ve özel eğitime ihtiyacı olabilen öğrencilerin bilgilerini ve alınabilecek önlem ve tedbirlerin neler olduğunu okul idaresine bildirirler. İşletme ile okul arasında öğrencinin staj görmesi ile ilgili bilgileri içeren staj sözleşmesinin yapılması ve staj sözleşmesi içerisinde bulunan hükümleri uygulayarak oluşan sorunları da okul idaresine iletir.

Her eğitim öğretim döneminin bitimine en geç 5 gün kala işletme yetkililerinden alınan öğrenci staj puanlarına ait dönem sonu not fişinin doldurularak okul idaresine teslimini gerçekleştirirler. Ayrıca mezun olan öğrencilerin işe yerleşebilme durumları konusunda da çalışmalar yaparak, mezunlar anketinin doldurulması sonucu oluşan bilgileri mezun bilgi sistemine aktarırlar. Bu görevlerin dışında yine okul idaresi ve müdürün vereceği görevleri yerine getirerek okul ile işletme arasında köprü görevi gerçekleştirirler. (Bakınız: Milli Eğitim Bakanlığı OrtaÖğretim Kurumları Yönetmeliği Madde 89, 07.09.2013 Resmî Gazete Sayısı: 28758)

Koordinatör öğretmenlerin ve öğrencilerin hangi işletmelere gidecekleri yine aynı yönetmeliğin 128.maddesinde belirlenmiştir. Buna göre” Öğrencilerin staj öğrenimlerini gerçekleştirmek üzere her sene nisan ayı içerisinde okul müdürü başkanlığında, koordinatör müdür yardımcısı ile alan/bölüm şefleri dahil olmak üzere en az bir tane alan veya meslek, laboratuvar öğretmeni olmak şartıyla genel olarak tüm alan veya meslek öğretmenlerinin katılımı ile işletmeler ve staj yerleri belirlenir belirlenen yerler dışında sonrasında yine farklı işletme veya kurumlara da staj için öğrenci gönderilebilir ” ibaresi mevcuttur. Ayrıca işletmelerde mesleki eğitim göreceğlerin belirlendiği 136. madde ise şöyledir:

Eğer bir alanda öğrenim görmekte olan öğrenci sayısı, işletmelerde beceri eğitimi kapsamında staj göreceğ öğrenci sayısından fazla olması durumunda en az üç üye ile birlikte koordinatör müdür yardımcısının başkanlığında bir komisyonun oluşturulması sağlanmaktadır. Bu komisyon öğrencilerin; alt sınıflarda elde ettikleri yıl sonu başarı ortalamalarının aritmetik ortalamasını baz alarak ve herhangi bir nedenden dolayı uzun

sürelili uzaklaştırma cezasına uğrayacak bir disiplin cezasına maruz kalması durumuna dikkat ederek bir sıralamanın gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Bu sıralamaya bağlı olarak öğrencilerin hangi işletmelere gönderilmesine karar vererek okul idaresine bildirir. Ancak 12/4/1991 tarihli ve 3713 sayılı Terörle Mücadele Kanunu, 3/11/1980 tarihli ve 2330 sayılı Nakdi Tazminat ve Aylık Bağlanması Hakkında Kanun veya 2330 sayılı Kanun hükümleri uygulanarak aylık bağlanmasını gerektiren kanunlar, 8/6/1949 tarihli ve 5434 sayılı Türkiye Cumhuriyeti Emekli Sandığı Kanununun 56., mülga 45. ve 64. maddeleri ile 31/5/2006 tarihli ve 5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanununun 47. maddesi kapsamında harp veya vazife malulü sayılanlar ile 24/2/1968 tarihli ve 1005 sayılı İstiklal Madalyası Verilmiş Bulunanlara Vatani Hizmet Tertibinden Şeref Aylığı Bağlanması Hakkındaki Kanun kapsamında aylık bağlanan şehit ve gazi çocuklarıyla 5395 sayılı Çocuk Koruma Kanunu kapsamında eğitim tedbirleri kararı verilen çocuklar ve 24/5/1983 tarihli ve 2828 sayılı Sosyal Hizmetler Kanunu kapsamında koruma altına alınan öğrenciler için yukarıda belirtilmiş olan sıralamadan muaf tutularak işletmelere gönderilip beceri eğitiminin yaptırılması sağlanmış olur (Bakınız: Milli Eğitim Bakanlığı Ortaöğretim Kurumları Yönetmeliği Madde 136, 07.09.2013 Resmî Gazete Sayısı: 28758).

İşletmelere gönderilecek öğrenci ile koordinatör öğretmenlerin görevlendirilmesi öncesinde işletme belirleme komisyonları oluşturulmaktadır. Yönetmelikte bu konu ile ilgili olarak 140, 141 ve 142. maddeler ayrıntılı olarak belirlenmiştir. Bu maddeler de belirtilen esaslar şöyledir:

Staj görececek olan öğrencilerin yerleştirilmesi konusunda işletmelerin belirlenebilmesi adına, Milli Eğitim Müdürlükleri 'nde görevli mesleki eğitimden sorumlu olan şube müdürünün başkanlığı doğrultusunda, eğitim veren okul müdürleri ile birlikte koordinatör müdür yardımcısı, alan şefleri ve her alandan en az bir öğretmen olmak üzere, esnaf ve sanatkarlar odası temsilcisi, sanayi ve ticaret odası temsilcisi ile bir işveren temsilcisi, Türkiye İş Kurumu temsilcisi ve son olarak sağlık alanında staj göreceklere için de Kamu Hastaneler Birliği 'nde görevli eğitimden sorumlu olan genel sekreteri ile sağlık işletmeleri ile hastanelerden bir temsilcinin katılımı ile birlikte il ve ilçeler bazında işletme belirleme komisyonları kurularak gerekli iş ve işlemlerin yapılmasını sağlarlar. Alan şefinin ve alan da görevli en az bir öğretmenin katılımı ile oluşturulan komisyon ise, Mesleki Eğitim Kanunu bünyesinde belirlenmiş olan personel

sayısına bağılı olarak az personel çalıştıran işletmelerin de istemeleri halinde başvuru sonucu işletme belirleme komisyonu olarak görev yaparak, ilgili işletmeye öğrenci gönderimini gerçekleştirirler (Bakınız: Milli Eğitim Bakanlığı OrtaÖğretim Kurumları Yönetmeliğı Madde 140, 07.09.2013 Resmî Gazete Sayısı: 28758).

Yukarıda belirtilenler ışığında kurulan işletme belirlemek için kurulan komisyonlar, işletmelerin staj göreceğ öğrencilere ve alacakları derslerin niteliğine bağılı olarak uygun olup olmadıklarına karar verirler ve oluşan bu kararın sonucunda bir rapor hazırlarlar. Hazırlanan bu raporun bir sureti il milli eğitim müdürlüklerine iletilir. Yine bölgesel ve il çapında gereksinimi ortaya çıkan alan yada mesleklerin varlığına ihtiyaç duyulması halinde, bu ihtiyacın giderilebilmesi için il istihdam ve mesleki eğitim kurulları ile bakanlığa gönderilmesi sağlanır. Ayrıca silahlı kuvvetlere bağılı olan işletmelerin durumları ise, bakanlık ile birlikte Milli Savunma Bakanlığı(MSB) 'na da iletilir ( Bakınız: Milli Eğitim Bakanlığı OrtaÖğretim Kurumları Yönetmeliğı Madde 141, 07.09.2013 Resmî Gazete Sayısı: 28758).

İşletmeleri belirlemek adına oluşturulan bu komisyonlar; işletmelerin eğitim yönünden uygunluğunu ve alanlar doğrultusunda üretim yada hizmetin verildiğini, öğrencilerin alacakları işletmelerde beceri eğitimi dersi kapsamında belirlenen plan ve programla ilgili olarak gelişim tablosunda yer alan verilerden en az %80 oranında verilebilirliğini, okulun bulunduğu bölge itibariyle en az 10 ve üzeri öğrencinin işletmelere gönderilip gönderilemeyeceğı bilgisini, işletme içerisinde eğitim verebilecek eğitici personel veya usta öğreticilerin olup olmadığını, öğrencilerin ihtiyaçlarının giderilmesi konusunda gerekli altyapıya sahip olup olmadığını, işletmenin il sınırları haricinde olması durumunda öğrencilerin ihtiyaçlarını karşılayabilecek ölçüde uygunluğunu, sağlık ve güvenlik şartları bakımından uygunluğunu, önceden yapılmış çalışmalarda bulunup bulunmadıkları ile oluşan sorun yada durumun neticelerini rapor halinde hazırlamakla görevlidirler. Ayrıca işletmelerde mesleki noktada beceri eğitime tabi tutulacak olan öğrencilerin toplam sayısı ile işletme sayısını belirterek, eğitim-öğretim yılının sonunda yapılan çalışmalar ile ilgili değerlendirmeleri gerçekleştirerek il milli eğitim müdürlüğüne sunarlar. Her sene mayıs ayı içerisinde toplam öğrenci sayısı ve değerlendirmeler gerçekleştirilir. Her sene şubat ayında ise yoğunlaştırılmış program belirlenir.

İl ve ilçe bazında kurulan bu komisyonların yapmış oldukları çalışmalar doğrultusunda sunulan raporlara bağlı olarak, il ve ilçede bulunan milli eğitim müdürlükleri haziran ayı bitimine kadar kaç öğrenci ve kaç işletme bulunduğunun sayısını ve yoğunlaştırılmış olarak verilen eğitim programına ait olan uygulamaları mart ayı bitimine kadar okul müdürlüklerine iletirler.

Okul müdürlükleri de bu yapılan çalışmalar ile milli eğitim müdürlükleri tarafından gönderilen rapor ve belgeler doğrultusunda okul komisyonlarını da oluşturarak gerekli iş ve işlemlerin yapılmasını sağlarlar.

Ayrıca işletmeleri belirlerken bölgesel olarak hangi sektörde ne kadar yoğunluk olduğu durumları da dikkate alarak, bu işletmelerin yukarıda belirtildiği üzere uygunlukları ile denetimlerinin ve ihtiyaçların giderilmesi ölçütleri belirlenerek öğrencilerin bu sektördeki eğitilmelerini sağlayacak önlemlerin de alınması sağlanmış olur. Özel sektör dışında kalan kamusal alanda yada kamu kurumlarında beceri eğitiminin verilebilmesi doğrultusunda yapılan çalışmalar da bu noktada ele alınarak belirlenir ve yine il milli eğitim müdürlüklerine gönderilir. Bu komisyon yada komisyonların görevleri ile yürütecekleri iş ve eylemler tamamen yukarıda adı belirtilen yönetmelik doğrultusunda gerçekleştirilir (Milli Eğitim Bakanlığı OrtaÖğretim Kurumları Yönetmeliği Madde 142, 07.09.2013 Resmî Gazete Sayısı: 28758).

Öğrenciler daha öncesinde belirlenen işletmelerde haftanın üç günü stajlarını yapabilmektedirler. Ayrıca öğrencilere İşletmelerde Beceri Eğitimi dersi öncesinde, 11. Sınıfta İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği konusunda da eğitim verilmektedir. Burada aldıkları eğitim 3308 sayılı kanun ile belirlenmiştir. İşletmelerde Beceri Eğitimi dersi bünyesinde staj gören öğrencilere meslek liselerinde görev yapan alan öğretmenleri “Koordinatör Öğretmen” olarak görevlendirilmektedir. Yine meslek liselerinde görev yapan müdür yardımcılarında birisi de Koordinatör Müdür Yardımcısı olarak görevini icra etmektedir. Koordinatör Öğretmenler tamamen alan/meslek öğretmenlerinden oluşabilmektedir. Bu kapsamda hangi öğrencilerin hangi alan öğretmenlerine Koordinatör Öğretmen olarak atanacağı ilgili kanunlarla düzenlenmiştir. Koordinatör Öğretmenler il merkezlerinde 24 saate kadar, ilçe merkezlerinde 16 saate kadar görevlendirilebilmektedir. Görevlendirilen Koordinatör Öğretmenler, İşletmelerde Beceri Eğitimi dersi gören öğrencilerin gelişimini izlemekte, bu kapsamda işletme yöneticisi ve/veya işletmelerde görevli usta öğretici/eğitici personel ile işbirliği sağlayarak öğrencilerin ileri ki dönemlerde iş



hayatına hazırlanabilmelerini amaçlamaktadırlar. Ayrıca bu ders kapsamı ile birlikte okul-sanayi işbirliğinin amaçlanması sağlanmaktadır.



## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

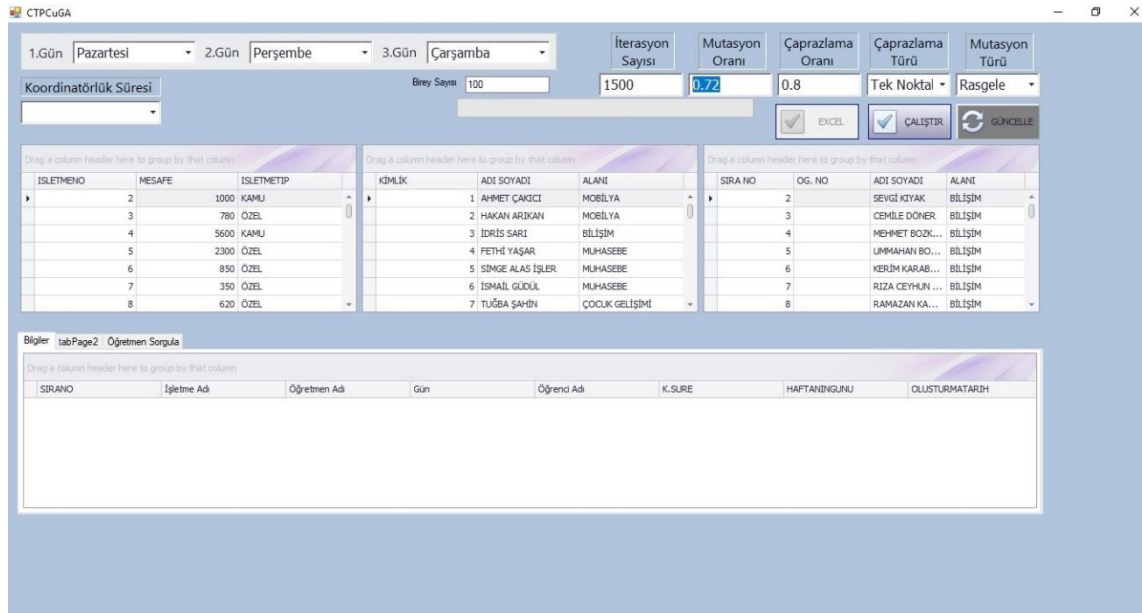
### 4.1 Genetik Algoritma Kullanılarak Koordinatör Öğretmen Hazırlama Programı

Meslek liseleri ile mesleki eğitim merkezleri ders yükü en fazla olan eğitim kurumlarıdır. Ayrıca yukarıda değinildiği üzere öğrencinin seçmiş olduğu alan ve dala göre çağdaş düzeyde mesleki beceri edinme gayesi taşıyan kurumlardır. Öğrencilerin edinmiş oldukları teorik bilgileri pratiğe dönüştürme konusunun başında staj yani işletmelerde beceri eğitimi dersi gelmektedir. Bu kapsamda meslek liselerinin Anadolu Meslek Programı(AMP) kapsamında öğrenciler eğitim-öğretim yılı içerisinde haftanın üç günü günde 8 saat olmak üzere işletmelerde staj yapma imkanı bulmaktadırlar. Anadolu Teknik Programı(ATP) kapsamındaki öğrenciler ise yaz stajı adı verilen eğitim-öğretim yılının sonunda gerçekleştirmektedirler.

Meslek liselerinde işletmelerde beceri eğitimi dersi kapsamında staj görececek olan öğrencilerin işletme belirlenmesi işlemleri yukarıda değinilmiştir. Bu kapsamda ortaöğretim kurumları yönetmeliği esas alınarak iş ve işlemler gerçekleştirilmektedir. İşletme belirleme komisyonları oluşturularak işletmeye gidecek öğrenci ve işletmelerin işlemleri bir önceki eğitim-öğretim yılında belirlenir. Böylelikle gelecek eğitim-öğretim yılında öğrencilerin gidecekleri işletmeler, önceden belirlenerek eğitim ve öğretime hazırlık tamamlanmış olur. Ayrıca mesleki eğitim veren bu kuruluşlar bir önceki eğitim-öğretim döneminde hangi öğrencilerin, hangi gün hangi işletmeye gideceklerini tespit etmiş olurlar. Belirleme işlemi il belirleme komisyonları haricinde eğitim kurumlarında alan şefleri, zümre öğretmenleri ile ilgili müdür yardımcısı tarafından belirlenir.

Meslek liselerinin ders programları hazırlanırken öncelikle koordinatörlük günleri tespit edilerek belirlenir. Belirlenen bu günlere okul dersleri verilmez. Hafta sonları işletmelere gönderme işlemleri yapılmaz. Sadece eğitim-öğretimin hafta içi günlerinde günde 8 saat olmak üzere belirlenmiş 3 gün içerisinde toplam haftalık 24 saat olacak şekilde belirlenir.

Bu yazılımda Anadolu Meslek Programı(AMP) ekseninde hareketle eğitim-öğretim yılı içerisinde işletmelerde beceri eğitimi dersi kapsamında staj gören öğrencilerin çalışmalarını ve koordinasyonunu sağlayacak olan alan/meslek dersi öğretmenleri ya da diğer ifade ile koordinatör öğretmenlerin görevlendirilmesinin yapılması amaçlanmıştır. Oluşturulan yazılımın ekran görüntüsü Şekil 4.1 'de verilmiştir.



**Şekil 4.1:Koordinatör öğretmen yazılımı (CTPCuGA)**

Geliştirilen bu yazılım Visual Studio 2017 C# programı ile gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen yazılıma “Coordinator Teacher Placement Chart using Genetic Algorithm (CTPCuGA)” adı verilmiştir. Geliştirilen yazılıma ait kaynak dosya web üzerinden elde edilmiş ve elde edilen tasarım üzerinde yazılımın geliştirilmesi sağlanmıştır. Ayrıca web üzerinde yer alan hazır kütüphane dosyaları yazılıma entegre edilmiştir. Hazırlanan yazılım ile GA kullanılmış ve bulunan çözümler aynı zamanda MS Excel formatında çıktı olarak alınması sağlanmıştır. Ayrıca program içerisinde uygunluk değeri ve iterasyon sayısına bağlı olarak grafiğin çizdirilmesi sağlanmıştır. Program sonucunda hangi öğretmene hangi öğrencilerin ve işletmelerin seçildiği bilgisi de verilmektedir. Zaman çizelgeleme problemleri kapsamında değerlendirilerek ve GA kullanılarak hazırlanmış bu yazılımın özellikleri ve çalışma mantığı aşağıda belirtilmiştir.

#### 4.1.1 Problemin açıklanması

Meslek liseleri ile mesleki eğitim merkezlerinde verilen derslerden birisi işletmelerde beceri eğitimi yani staj çalışmasıdır. AMP (Anadolu Meslek Programı) alanında öğretim gören öğrenciler son sınıfta teorik olarak edinmiş oldukları bilgileri pratik olarak deneyim sahibi olma imkanına ulaşmaktadırlar. İşletmelerde beceri eğitimi dersi daha önceden belirlenen işletmelerde, yine daha önceden belirlenen günlerde

gerçekleştirilmektedir. İşletmeleri belirlenen öğrenciler, işletme yetkilisi veya usta öğretici gözetiminde verilen görevleri gerçekleştirilmektedir.

İşletmeye giden öğrenciler işletmelerde beceri eğitimi dersi kapsamında eğitim-öğretim yılının sonuna kadar kendilerine verilen gelişim tablosuna göre iş dağılımı yaparak stajlarını tamamlamaktadır. Gelişim tabloları tamamen alan veya dalın özelliklerine, alan veya dalın derslerine ve kazanımlarına bağlı olarak farklılık göstermektedir. İşletmelerde beceri eğitimi kapsamında eğitim gören öğrencilerin eğitim-öğretim yılı içerisinde gerçekleştirecekleri iş ve eylemlerle ilgili bilgilerin yer aldığı gelişim tablosu Tablo 4.1 'de gösterilmektedir.

**Tablo 4.1: Örnek gelişim tablosu**

İŞLETMELERDE MESLEK EĞİTİMİNE DEVAM EDEN ÖĞRENCİLERE AIT GELİŞİM TABLOSU																										
İŞLETMENİN ADI								MESLEK ALANI DALI	BİLİŞİM TEKNOLOJİLERİ Bilgisayar Teknis Servisi																	
OKULUN ADI		:"Şehit Tuncay Durmuş Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi"						SINIFI	12-B																	
ÖĞRENCİNİN		ÖĞRETİM PROGRAMINA GÖRE YAPILACAK İŞLEMLER																								
Okul No	Adı - Soyadı	Şubesi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
			Bilgisayar montajı yapabilecektir.	İşletim sistemi kurup, yönetebilecektir.	Gerekli yazılımların ve sürücü yazılımlarının Ağ sorunlarını giderebilecektir.	Temel Programlama İşlemlerini yapabilecektir.	Keilme İşlem programını kullanabilecektir.	Elektronik Tablolama programını kullanabilecektir.	Sunu Hazırlama yazılımını kullanabilecektir.	Temel Elektrik ve Elektronik Uygulamaları Lehim ve Baskı Devre yapabilecektir.	Tümleşik Devrelerle çalışabilecektir.	Aritmetik Devrelerle çalışabilecektir.	Sayıcılarla çalışabilecektir.	Transistör uygulamaları yapabilecektir.	Mikrodenetleyici ile Dijital İşlemler yapabilecektir.	Mikrodenetleyici ile çevrim kontrolü yapabilecektir.	Açık Kaynak İşletim sistemi kurulumu ve temel ayarları	Açık Kaynak Kodlu İşletim sistemi programlarını	Açık Kaynak Kodlu İşletim Sisteminin Yönetimi	Elektrik-Elektronik Devre ve şemalarının simülasyonunu	Elektrik-Elektronik Devre ve şemalara ait baskı	Donanım kavramlarının yabancı karışıklarını	Etkili iletişim kurabilecek, öğrenme ihtiyaçları	İşçi sağlığı mevzuatına uyacak ve iş güvenliği		

AÇIKLAMA : 1 - Bu gelişim tablosu, zümre öğretmenlerince öğretim programları esas alınarak her meslek alanı için ayrı ayrı hazırlanarak uygulamaya konulmuştur.

2 - Gelişim tablosu, işletmelerde öğretim programlarına uygun eğitim yapılıp yapılmadığını ve öğrencilerin telafi eğitimine ihtiyaç duyulup duyulmadığının tespiti amacıyla kullanılacaktır.

İşletme Yetkilisi		Koordinatör Öğretmen	
İmza		İmza	
Adı - Soyadı		Adı - Soyadı	

Koordinatör öğretmenler de işletme yetkilisi/usta öğretici ile birlikte öğrencilerin gelişimlerini takip etmektedirler. Koordinatör öğretmen atama ve staj işlemlerinin

yürütülmesinden okul idaresinde görevli müdür yardımcılarında biri Koordinatör Müdür Yardımcısı olarak atanarak, staj işlemlerinin sorunsuz gerçekleştirilmesini sağlar.

Koordinatör öğretmen atama ve staj işlemi hafta içi gündüz saat 08:00 ile öğleden sonra 17:00 aralıklarında 8 saat olmak üzere haftada 3 gün ve toplamda haftalık 24 saat olarak gerçekleştirilmektedir. Koordinatör öğretmen atama zaman çizelgesi Tablo 4.2 'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.2: Koordinatör öğretmen atama zaman çizelgesi**

SAAT	GÜNLER				
	PAZARTESİ	SALI	ÇARŞAMBA	PERŞEMBE	CUMA
08:00-09:00					
09:00-10:00					
10:00-11:00					
11:00-12:00					
12:00-13:00	ÖĞLE ARASI/DİNLENME				
13:00-14:00					
14:00-15:00					
15:00-16:00					
16:00-17:00					

Meslek liselerinde ders programı hazırlanırken öncelikle alan/dalın koordinatörlük günleri doldurulur, sonrasında diğer dersler doldurulur. Bu şekilde hazırlanmasının sebebi koordinatörlük günleri ile diğer işlemlerin önceki eğitim-öğretim yılı içerisinde hazırlanmasıdır.

Koordinatörlük süreleri de önemli ölçütlerden bir diğeridir. İşletmenin okula uzaklığına, işletmede staj yapan öğrenci sayısına göre koordinatörlük süreleri hesaplanmaktadır. Yazılım da bu konuda da çalışma yapılmıştır. İşletmenin okula uzaklığı öğrenci başına her 1000 metreye kadar 1 saat, 2000 metreye kadar 2 saat, her 3000 metreye kadar 3 saat, her 4000 metreye kadar 4 saat, 4000 metreden yüksek uzaklık değerleri için 8 saat olarak ele alınmıştır. Örneğin matematiksel olarak basit bir hesapla A işletmesinde 2 öğrenci varsa ve işletmenin okula uzaklığı 2500 metre olduğu düşünülürse koordinatörlük süresini veren matematiksel formül Denklem 4.1 'e göre, hesaplanarak bulunur.

$$\text{Koordinatörlük Süresi} = \text{Öğrenci Sayısı} * \text{Mesafe} \quad (4.1)$$

Buna göre;

Koordinatörlük Süresi= 2\*3

Koordinatörlük Süresi=6 saat olarak bulunur.

Bu değer alan/dal içerisinde görevli meslek öğretmenin koordinatör olarak görevlendirildiği o işletmede bulunması gereken koordinatörlük görev süresini belirtmektedir. Hesaplanan işletme sayılarına ait koordinatörlük süresi toplamı her meslek öğretmeni için il merkezinde görevli olması durumunda toplam 24 saati, ilçe merkezinde görevli olanlar için ise toplam 16 saati aşamayacaktır.

Geliştirilen bu yazılım ile GA ile yukarıda anlatılan problemin çözümü için çalışmalar yapılmıştır. GA 'ya ait belirli kısıtlar altında popülasyon sayısı, seçim, çaprazlama, mutasyon parametreleri yazılım da uygulanarak arama uzayında çözümlerin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

#### 4.1.2 Veri seti

Yazılımda veritabanı olarak MS SQL veritabanı programı kullanılmıştır. Uşak ilinde görev yapan 150 öğretmen ve 80 işletme ile “Uşak İli Banaz İlçesi Şehit Tuncay Durmuş Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi” nde kayıtlı 385 öğrenci veritabanına kaydedilmiştir. Kullanılan veritabanları aşağıda Şekil 4.2 'de gösterilmiştir.

TB_ISLETMELER		TB_OGRENCILER	
<input type="checkbox"/>	ISLETMENO	<input type="checkbox"/>	S_NO
<input type="checkbox"/>	ISLETMEADI	<input type="checkbox"/>	OG_NO
<input type="checkbox"/>	ISLETMEDALI	<input type="checkbox"/>	ADI_SOYADI
<input type="checkbox"/>	MESAFE	<input type="checkbox"/>	ALANI
<input type="checkbox"/>	ISLETMETIP		
TB_OGRETMENLER		TB_KROMOZOMLAR	
<input type="checkbox"/>	KIMLIK	<input type="checkbox"/>	KROMOZOMID
<input type="checkbox"/>	AD_SOYAD	<input type="checkbox"/>	SIRANO
<input type="checkbox"/>	ALANI	<input type="checkbox"/>	FITNESS
		<input type="checkbox"/>	GEN
		<input type="checkbox"/>	GENID
		<input type="checkbox"/>	GENADI
		<input type="checkbox"/>	KOORDINATORLUKSURESI
		<input type="checkbox"/>	HAFTANINGUNU
		<input type="checkbox"/>	OLUSTURMATARIH

Şekil 4.2: Veritabanları listesi

### 4.1.3 Kısıtlar

Her problem de olduğu gibi belirli kısıtlamalar mevcuttur. Bu kısıtlamaların zorunlu olduğu durumlara sert kısıtlar, değiştirilebilir özelliklerin olduğu kısıtlara ise esnek kısıtlar adı verilmektedir. Yazılımda da koordinatör öğretmenlerin görevlendirilmesi ile ilgili olarak sert ve esnek kısıtlar mevcuttur. Bu kısıtlar belirlenirken en temel kaynak olarak “Milli Eğitim Bakanlığı Ortaöğretim Kurumları Yönetmeliği” nin ilgili maddeleri baz alınarak hazırlanmıştır. Bu kısıtlara aşağıda değinilmiştir.

#### Sert Kısıtlar:

- Görevlendirilen her koordinatör öğretmen günlük en fazla 8 saat üzerinden görevlendirilebilir.
- Koordinatörlük süresi haftada 3 gün olacak şekilde ayarlanmalıdır.
- Görevlendirilecek koordinatör öğretmenlerin görev yerleri il merkezi ise haftada maksimum 24 saati, ilçe merkezinde görevli ise haftada maksimum 16 saati geçemez.
- Koordinatörlük sürelerinin hesaplamasında öğrenci sayısı esastır. Her 8 öğrenci bir grup olarak değerlendirilir. Örneğin son sınıfta 17 öğrenci varsa toplamda sayı 16 değerini aştığı için 3 grup öğrenci olduğu görülür. Bu noktadan hareketle  $24 \cdot 3 = 72$  saatlik koordinatörlük süresi ortaya çıkar. 15 öğrenci var ise bu durumda da  $24 \cdot 2 = 48$  saatlik koordinatörlük süresi ortaya çıkar. Bu çıkan koordinatörlük ders saati olarak nitelendirilir ve koordinatör öğretmen dağılımı buna göre şekillendirilir.
- İşletmelerde beceri eğitiminde staj gören öğrenciler günlük 8 saat olmak üzere haftada 3 gün olarak işletmelere girmektedir. Bu da haftada  $8 \cdot 3 = 24$  saat işletmelerde beceri eğitimi dersi görmeleri mecburidir.
- Günlük koordinatör öğretmen görevlendirilmesi 08:00-17:00 arasında yapılması gerekmektedir. Öğle arası olarak belirtilen 12:00-13:00 saatleri arasında görevlendirme yapılamaz.
- Öğrencilerin alan/dalına göre koordinatör öğretmen görevlendirilmesi gerekmektedir. Örneğin; Bilişim Teknolojileri alanında eğitim gören bir öğrenciye yine aynı alanda görevli meslek öğretmeni görevlendirilmelidir.
- Son sınıfta öğrenim gören tüm öğrenciler boşta kalmayacak şekilde işletmelere yerleştirilmelidir.

- Koordinatör öğretmen görevlendirilmesi sadece meslek öğretmenlerine verilir.

**Esnek Kısıtlar:**

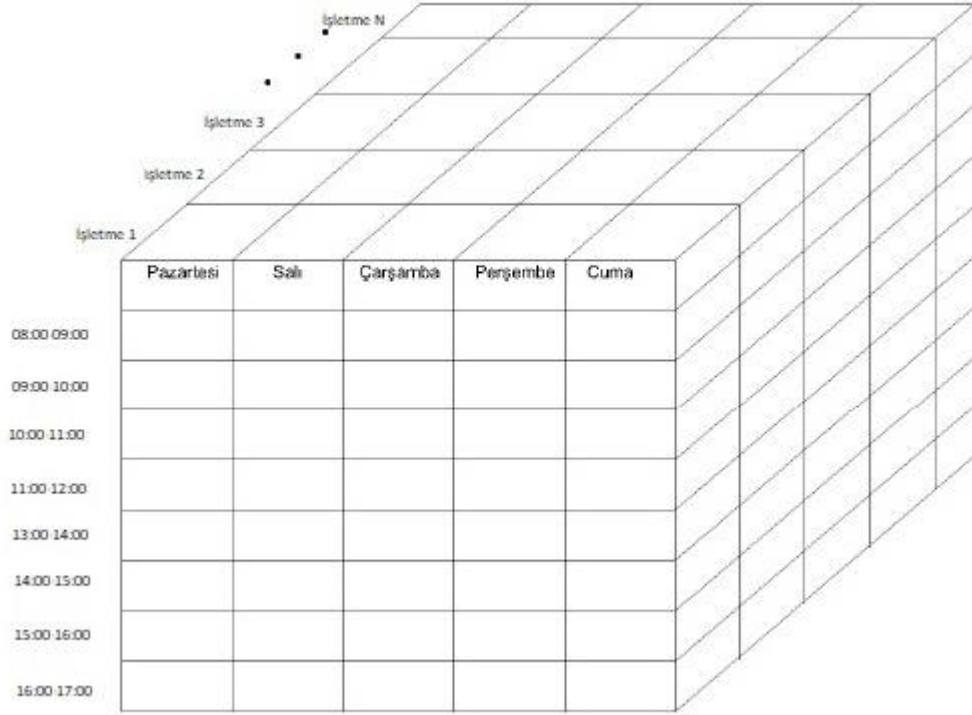
- Alan/dal da herhangi bir meslek öğretmeni olmaması durumunda o alana en yakın alan meslek öğretmenleri koordinatör öğretmen olarak görevlendirilebilir. Örneğin; Bilişim Teknolojileri alanında staj yapan bir öğrenci için o alanda meslek öğretmeni yoksa yakın alan olarak Elektrik-Elektronik Teknolojileri alan öğretmenlerinden birisi koordinatör öğretmen olarak görevlendirilebilir.
- İşletmelerin okula olan uzaklıkları yani yazılım içerisinde verilen mesafe değerleri değiştirilebilir. Her ilin veya ilçenin konumuna bağlı olarak güncellenebilir.

**4.1.4 Kromozom yapısı**

Geliştirilen yazılım GA tabanlı bir yazılımdır. GA' da en önemli unsur genlerdir. Genlerin bir araya gelmesi ile oluşturulan kromozomların varlığı en önemli yapıtaşlarını oluşturmaktadır. Oluşturulan kromozomlardaki her bir genin bir özelliği ve görevi mevcuttur.

Problemin çözümünde zaman çizelgesi üzerinde yer alan saat dilimi bir çözüm gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu noktadan hareketle günlük 8 saat olmak üzere  $8*5=40$  farklı çözümün olduğu görülmektedir. Arama uzayımızın çözüm odaklı olarak tanımını aslında var olan zaman çizelgesinin işletme, öğrenci ve öğretmen boyutunu oluşturmaktadır. Arama uzayına ait çok boyutlu görüntü Şekil 4.3 'te gösterilmiştir.





**Şekil 4.3: Çözüm uzayının çok boyutlu gösterimi**

Arama uzayının çözümü noktasında temel yapıtaşı olarak kullanılan kromozomlar içerisinde koordinatör öğretmen yerleştirme işlemi için gerekli gen yapısı mevcuttur. Yazılım üzerinde kullanılan kromozomlar içerisindeki gen yapısı Çizelge 4.1 'de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.1: Program içerisinde oluşturulan kromozom yapısı**

İşletme Numarası	Öğretmen Numarası	Öğretmen Görevli Olduğu Gün Numarası
------------------	-------------------	--------------------------------------

$n$  öğrenci sayısı olmak üzere bir kromozomda  $3 \times n$  adet gen bulunmaktadır. Kromozomlar tamsayı kodlama yapısına göre kodlanmıştır. Kromozomun ilk  $n$  geni işletme numaralarını temsil etmektedir. Her bir öğrenci kendi sırasına karşılık düşen gendeki işletme numarasındaki işletmede stajını görmektedir. İkinci  $n$  gen ise öğretmen yapısını temsil etmektedir. Her bir öğrenciye kendisine karşılık düşen sıradaki öğretmen atanmaktadır. Son  $n$  gen ise öğretmenin işletmede görevli olduğu günü ifade etmektedir.

20 öğrenci 10 öğretmen 8 işletme olduğunu varsayalım. Bu durumda k kromozom sayısı, n gen adedi olmak üzere toplam gen adedi  $20 * 3 = 60$  gen olacaktır. Çizelge 4,2' de kromozomların oluşturduğu gen dizisi gösterilmektedir.

**Çizelge 4.2: Program içerisinde yer alan gen dizisi**

k=1			k=2			.....	k=n		
İşletme Numarası	Öğretmen Numarası	Öğretmen Görevli Olduğu Gün Numarası	İşletme Numarası	Öğretmen Numarası	Öğretmen Görevli Olduğu Gün Numarası	.....	İşletme Numarası	Öğretmen Numarası	Öğretmen Görevli Olduğu Gün Numarası

5. Öğrenci için 5 numaralı genin değeri 3, 25 numaralı genin değerinin 7, 45 numaralı genin değerinin 40 olduğunu varsayalım. Bu durumda öğrenci stajını 3 numaralı işletmede 7 numaralı öğretmenin gözetiminde tamamlayacaktır. 40 sayısı 3 e bölünemez, 2 ye bölünür öyleyse öğretmen işletmeye 2. günde gidecektir. Öğretmenin görevli olduğu günü bölüme göre hesaplamamızın sebebi ise tam sayılı kodlama kullanılıyor olmasıdır. Gün sayısı sadece 3 olduğu için tam sayılı kodlamada son n gende ilk 3 rakamın olması çok düşük bir ihtimaldir. Bu durumun önüne geçmek için doğrudan gün numarası değil günün içindeki bölüm dikkate alınmıştır.

Kromozom yapısı içerisinde yer alan her gen içerisinde gerekli bilgiler kodlanarak yazılım içerisinde GA operatörlerinin kullanımı için hazırlanmış olmaktadır. Kromozomlar üzerinde popülasyona bağlı olarak uygunluk değerleri hesaplanmaktadır. Hesaplanan uygunluk değeri ile bir sonraki jenerasyon için seçim, çaprazlama ve mutasyon işlemleri belirtilen oranlar üzerinden iterasyon sayısına bağlı olarak devam ettirilmektedir. Durdurma kriteri olan iterasyon sayısı ile de yazılım üzerinde koordinatör öğretmen ataması işlemi gerçekleştirilmektedir.

#### 4.1.5 Uygunluk değeri

GA 'nın temel mantığı en iyi bireylerin bir sonraki jenerasyona katılımını sağlamaktır. Bu işlem için belirli bir etkenin varlığına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu etken uygunluk(fitness) değeridir. GA yapısında geliştirilen uygunluk değeri ile bir hesaplama işlemi yapılır. Yapılan hesaplama işlemi evrimsel hesaplamamızın en önemli parçasıdır. Hesaplanan değer o kromozomun bir sonraki nesile aktarılmasında sağlanan uygunluk değeri olarak nitelendirilir. Başlangıç popülasyonuna bağlı olarak her kromozomun uygunluk değeri ayrı ayrı hesaplanır. Uygunluk değeri yüksek olan kromozomların bir

sonraki jenerasyona aktarılması ve çaprazlama, mutasyon gibi GA operatörlerinin uygulanması gerçekleştirilmiş olacaktır. Bu işlem iterasyon sayısı kadar işlemin tekrar edilmesi yani durdurma kriterinin sağlanmasına kadar gerçekleştirilmiş olacaktır.

Uygunluk değeri hesaplanırken en önemli kısımlardan birisi de kısıtlardır. Uygunluk değeri problem içerisinde belirlenen sert ve esnek kısıtların varlığından etkilenmektedir. Uygunluk değeri, sert ve esnek kısıtların karşılaşıldığı durumlarda kromozom yani bireyin artırılması yada azaltılması şeklinde gerçekleştirilir.

Uygunluk değerinin hesaplanmasında literatürde çok fazla çalışma gerçekleştirilmiştir. Uygunluk değerinin hesaplanması için bir amaç fonksiyonunun varlığı gereksinim göstermiştir. Amaç fonksiyona bağlı olarak evrimsel bir döngünün varlığının sağlanması matematiksel bir formülasyon işlemi ile gerçekleşir.

Problem içerisinde oluşturulan kromozom yapısında var olan genlerin her birinin bir değeri mevcuttur. Bu değerler uygunluk fonksiyonu kullanılarak uygunluk değerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Öncelikle oluşturulan kromozomlarda her hangi bir hata durumunun oluşup oluşmadığı kontrol edilmektedir. Oluşturulan gen değerlerinin aynı olması yani diğer bir ifade kısıtların sağlanamaması durumunda uygunluk fonksiyonunda bir ceza durumunun sağlanması yani uygunluk değerinden bir ceza puanı verilmesi sağlanmaktadır. Ceza puanı fenotipten gelen hatalı genlerin sayısının yine belirlenmiş olan bir tamsayı değeri ile çarpılması sonucu elde edilmektedir. Ceza puanlarının belirlenmesi ölçüsünde en iyi ve en kötü uygunluk değerine sahip kromozomlar belirlenmekte ve seçim işlemine geçilmesi sağlanmış olmaktadır. Uygunluk değeri hesaplanırken, uygunluk fonksiyonuna bağlı olarak her kromozom içerisinde yer alan genler bir dizi olarak düşünülmekte ve her genin değeri var olan bir ceza puanı olup olmamasına bağlı olarak sınıflandırılmaktadır. Böylelikle en iyi ve en kötü kromozomlar ile toplam sayıları belirlenmektedir. Denklem 4.2 'de CTPCuGA (Coordinator Teacher Placement Chart using Genetic Algorithm) yazılımı içerisinde hesaplanan uygunluk değeri formülize edilmiştir.

$$f(x) = k1 * \sum_{k=1}^{\text{hatalı genler}} g(k) + \sum_{l=1}^{\text{max.koordinatörlük süresi aşımı}} h(l) + \sum_{m=1}^{\text{max.öğrenci sayısı aşımı}} j(m) + \sum_{n=1}^{\text{işletme uygunluk}} l(n) * k2 \quad (4.2)$$

$f(x)$  : Kromozom uygunluk değeri

$g(k)$  : Hatalı gen sayısı

$h(l)$  : Öğretim elemanına verilebilecek maksimum koordinatörlük süresi aşımı değeri

$j(m)$  : İşletmede görevli maksimum öğrenci sayısı aşımı değeri

$l(n)$  : Öğrenci branşının işletmeye uygunluk değeri

$k_1$  ve  $k_2$  katsayıları isteğe bağlı olarak değişimi gerçekleştirilebilmektedir. Bu durum istenilen koordinatör öğretmen yerleştirme çizelgesi içerisinde verimliliği sağlamayı amaçlayan bir yapı sunmaktadır.

Uygunluk değeri hesaplanırken burada, kromozomlardan oluşan popülasyon içerisinde tüm hatalı genlerin sayısı olan  $g(k)$  değeri  $k_1$  katsayı değeri ile çarpılmaktadır. Yine kısıtlar içerisinde yer alan öğretim elemanının alabileceği maksimum koordinatörlük süresi uygunluk değerinin belirlenmesinde etkili olmuştur. İl merkezinde görevli öğretim elemanı maksimum 24 saat, ilçe merkezinde görevli öğretim elemanı maksimum 16 saat koordinatörlük görevi alabilmektedir. Bu sürenin aşımından oluşan ceza değeri uygunluk fonksiyonunun hesaplanmasında kullanılmıştır. Her bir aşım için +2 ceza puanı eklenmiştir. Uygunluk değerinin elde edilmesinde kullanılan bir diğer kıstas bir işletmede görev alabilecek maksimum öğrenci sayısı 15 ile sınırlandırılmıştır. Bu değerın aşılması yine +2 ceza puanının elde edilmesini ve bu değerin de uygunluk fonksiyonunun elde edilmesinde kullanılmasını sağlamıştır. Son olarak bir öğrencinin işletmeye gönderiminde kullanılan kıstastır. Burada işletmede görev alacak olan öğrencilerin eğitim gördüğü alanı ile işletmenin gösterdiği faaliyet alanı ile paralellik oluşturması sağlanmaktadır. Örneğin; öğrenci bilişim teknolojileri alanında eğitim görüyor ise gidebileceği işletmelerinde bilişim teknolojileri alanında faaliyet göstermesi zorunluluğu mevcuttur. Öğrencinin eğitim gördüğü alanın dışında faaliyet gösteren bir işletmeye atanması durumunda, toplam uygunsuz atama sayısı  $k_2$  katsayısı ile çarpılarak bir değerin elde edilmesi sağlanmıştır. Bu değer yine uygunluk değerinin elde edilmesinde kullanılmaktadır.

CTPCuGA (Coordinator Teacher Placement Chart using Genetic Algorithm) yazılımı ile belirlenen koordinatör öğretmen atama işleminin en optimum sonucu verebilmesi, hesaplanan uygunluk değeri ile belirlenmektedir. Elde edilen uygunluk değerinin derecesi ne kadar düşük bir değer elde edilirse atama işlemi için elde edilen çözümün en iyi çözüm olduğunu göstermektedir.

#### 4.1.6 Doğal seçim

Doğal seçim işlemi GA içerisinde gelecek nesillere aktarılacak bireylerin seçimi için kritik bir süreci ifade etmektedir. Doğal seçim işlemi kromozomların eşleştirilmesi ve eşleştirilen kromozomlar ile de yeni jenerasyonun sağlanması gerçekleştirilmiş olmaktadır. Burada asıl amaç, en iyi jenerasyonun oluşturulması garanti altına alınmasının sağlanmasıdır. Literatürde doğal seçim yöntemleri olarak çok farklı yöntemler kullanılmakla birlikte en çok kullanılanları rulet tekerleği, turnuva yöntemi, elitist yöntemlerdir.

Turnuva yönteminde başlangıç popülasyonu yada önceden belirlenmiş birey sayısına bağlı olarak seçim işleminin gerçekleştirilmesi için rasgele kromozomlar seçilir. Seçilen bu kromozomlar uygunluk değerlerine bağlı olarak karşılaştırılır. En iyi uygunluk değerine sahip olan kromozomlar bir sonraki nesile aktarılması için seçilmiş olur. Örneğin, 10 kromozom yer alan bir havuz olduğunu düşünelim. Bu havuz içerisinde rassal olarak 3.ve 7. kromozomlar turnuva yöntemine tabi tutulmak üzere seçilmiş olsun. Karşılaştırılan bu iki kromozomdan uygunluk değeri yüksek olan 7 numaralı kromozom olduğunu kabul edersek, bu kromozom bir sonraki jenerasyonda yer alması sağlanmış olacaktır.

CTPCuGA (Coordinator Teacher Placement Chart using Genetic Algorithm) yazılımı içerisinde her bir kromozom için uygunluk değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan uygunluk değerleri doğal seçim işlemi için ön şarttır. Yazılım içerisinde en iyi ve en kötü uygunluk değerine sahip bireyler belirlenmiştir. Yazılım içerisinde doğal seçim yöntemi olarak turnuva yöntemi kullanılmıştır. Turnuva yöntemi ile rasgele seçilen bireyler karşılaştırılmıştır. Bu bireyler sonrasında GA operatörleri işleminin gerçekleştirilmesi için turnuva yöntemi ile seçimleri sağlanmış olmaktadır.

#### 4.1.7 GA operatörlerinin uygulanması işlemi

Bu bölümde probleme bağlı olarak yazılım içerisinde uygulanan GA operatörlerinin uygulanması diğer bir deyişle genetik işlemlerin gerçekleştirilmesi aşamaları anlatılacaktır.

#### 4.1.8 Çaprazlama operatörünün gerçekleştirilmesi

Çaprazlama(Crossover) işlemi, popülasyon içerisinde yer alan tüm bireylerin uygunluk değerleri hesaplandıktan sonra, uygunluk değeri en yüksek bireylerin bir sonraki nesile aktarılması için iki kromozomun eşleştirilmesi sonucu gen aktarımın sağlanması yani ata bireylerden yeni bireyler oluşturulmasını sağlayan genetik bir operatördür. Koordinatör öğretmen atama yazılımında çaprazlama işlemi Şekil 4.4' te görüldüğü üzere 4 şekilde gerçekleştirilmektedir.



Şekil 4.4: Yazılımda yer alan çaprazlama türleri

Literatürde çok fazla çaprazlama türleri mevcuttur. Bu yazılım içerisinde en çok kullanılan 4 çaprazlama türü yukarıda verildiği üzere gerçekleştirilmiştir.

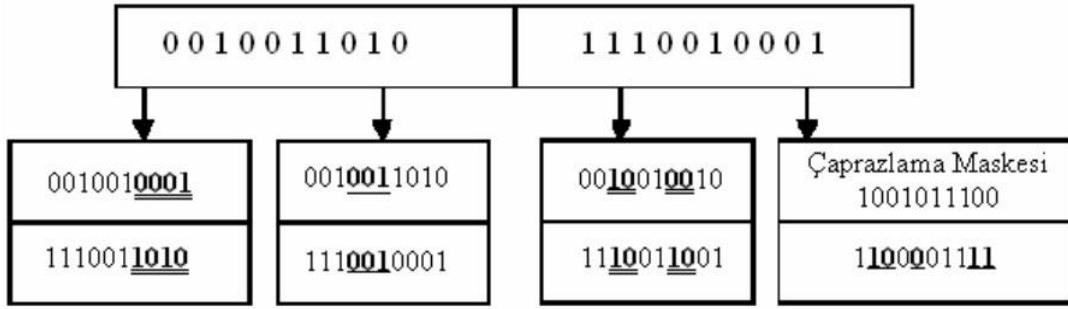
Tek noktadan çaprazlama türünde eşleştirilen iki birey önceden belirlenen iki noktadan ayrılır ve ayrılan noktalardan iki bireyden gelen gen değerleri birleştirilerek yeni bireylerin oluşturulması şeklinde gerçekleştirilir.

İki noktadan çaprazlama işleminde ise kromozom uzunluğuna bağlı olarak rassal olarak iki nokta belirlenmekte ve belirlenen çaprazlama noktaları üzerinden çaprazlama işlemi gerçekleştirilmektedir.

Çok noktadan çaprazlama yönteminde ise kromozomlar üzerinde ikiden fazla çaprazlama noktaları çaprazlama işlemi için belirlenir. Belirlenen noktalar üzerinden gen değişimi sağlanarak çaprazlama işleminin yapılması sağlanır. Bu yöntem çeşitliliğin sağlanması bir diğer ifade ile birey sayısının artırılması açısından büyük bir avantaj sağlamaktadır. Kromozomlar üzerinde çaprazlama işlemi için  $n$  adet nokta belirlendi ise oluşturulan bireylerin sayısı  $n^2$  olmaktadır.

Uniform çaprazlama yönteminde ise çaprazlama işleminin gerçekleştirilmesi için bir çaprazlama maskesi kullanılarak, önceden belirlenen çaprazlama yerlerinden karşılıklı gen değiştirme işlemi gerçekleştirilir.

Çaprazlama işleminin gerçekleştirilme yöntemleri ve yeni bireylerin oluşturulmasına ait işlemler Şekil 4.5' de gösterilmiştir.



Şekil 4.5: Çaprazlama yöntemleri

Çaprazlama işlemi, belirtilen çaprazlama oranı üzerinden gerçekleştirilir. Çaprazlama oranı, çaprazlama işlemine katılacak olan birey sayısının belirlenmesi ve yeni bireylerin oluşturulmasında kullanılmaktadır.

#### 4.1.9 Mutasyon operatörünün gerçekleştirilmesi

Çaprazlama işleminin gerçekleştirilmesinden sonra GA içerisinde en önemli operatörlerden birisi mutasyon işleminin gerçekleştirilmesidir. Mutasyon operatörünün gerçekleştirilmesindeki en önemli etken çaprazlama işlemi sonucunda oluşan yeni bireylerde çeşitliliğin sağlanması amacıyla gerçekleştirilir. Mutasyona uğrayacak olan bireylerin sayısı mutasyon oranı ile belirlenir. Bu oranın fazla olması istenilen çözümden uzaklaşmasına neden olurken, mutasyon oranının az seçilmesi ise arama uzayında daha az bir alanda arama yapılmasına ve çeşitliliğin azalmasına neden olmaktadır. Çeşitliliğin az olması ise istenilen çözümden uzaklaşıldığını ve lokal optimuma yakınsamaya neden olduğunu göstermektedir.

Mutasyon işlemi noktasında çok fazla sayıda çalışma yapılmıştır. Koordinatör öğretmen yazılımında en çok kullanılan mutasyon türlerinden 4 tanesi işleme alınmıştır. Yazılım içerisinde kullanılan mutasyon türleri Şekil 4.6 'da gösterilmektedir.



Şekil 4.6: Yazılım içerisinde kullanılan mutasyon türleri

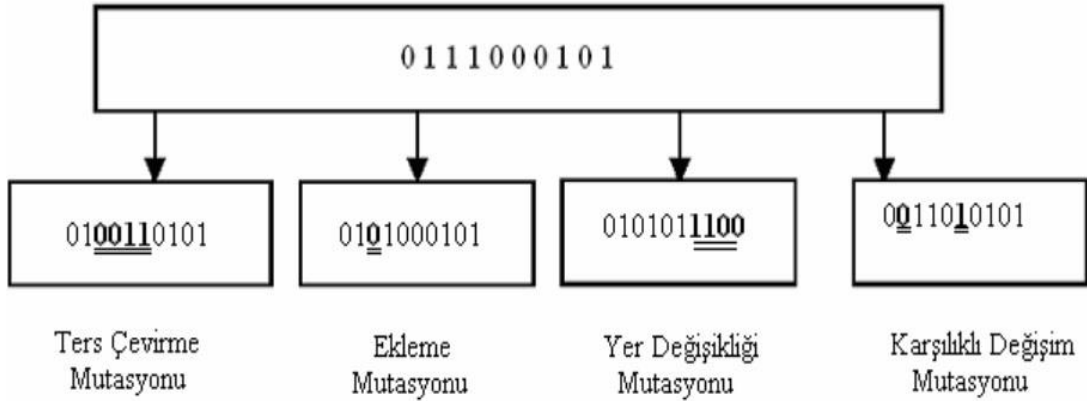
Şekil 4.6 'da görüldüğü üzere yazılım üzerinde mutasyon işlemi için 4 farklı mutasyon işleminin gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır.

Ters çevirme mutasyon türünde kromozom üzerinde rassal iki nokta belirlenerek, bu noktalar arasında yer alan gen bilgileri ters çevrilerek yazılır.

Yer değişikliği mutasyon türünde, mutasyona uğratılması için seçilen kromozom üzerinde iki nokta belirlenerek, belirlenen noktalar arasında kalan genlerin yazılması şeklinde gerçekleştirilmiş olur.

Ekleme mutasyon türünde, mutasyona uğrayacak olan kromozom üzerinde rassal olarak bir nokta seçilir. Seçilen noktadaki gen yine rassal olarak seçilen başka bir noktaya eklenir.

Karşılıklı değişim yani diğer bir ifade ile rasgele mutasyon türünde ise mutasyon oranına bağlı olarak mutasyona uğratılacak olan kromozom üzerindeki bir nokta seçilir. Seçilen nokta üzerindeki genler karşılıklı olarak yer değiştirme şeklinde gerçekleştirilir. Program içerisinde gerçekleştirilen mutasyon türlerine ait temsili ikilik gösterimi Şekil 4.7 'de verilmektedir.



Şekil 4.7: Mutasyon türleri

## 4.2 Deneysel Sonuçlar

CTPCuGA (Coordinator Teacher Placement Chart using Genetic Algorithm) yazılımı üzerinde gerçekleştirilen deneysel sonuçlar için yukarıda bahsedilen operatörler üzerinden gerçekleştirme sağlanmıştır. Gerçekleştirilen deneysel sonuçlar üzerinde kullanılan veri kümesi 4.1.2 Veri seti başlığı kısmında anlatılmıştır. Buna göre kullanılan veri setlerini Tablo 4.3 'de gösterilmiştir.



**Tablo 4.3: CTPCuGA yazılımında kullanılan deney veri setleri**

Parametre Adı	Parametre Değerleri
Öğrenci Sayısı	385
Öğretmen Sayısı	150
İşletme Sayısı	80
Koordinatörlük Süresi	16/24
Koordinatörlük Gün Sayısı	3

Belirlenen parametrelere bağlı olarak çaprazlama ve mutasyon türlerinin her biri istenildiği gibi değiştirilerek sonuçların elde edilmesi sağlanmıştır. CTPCuGA (Coordinator Teacher Placement Chart using Genetic Algorithm) yazılımı çalıştırıldığı zaman belirlenen parametre değerlerine bağlı olarak problemin çözümü yani koordinatör öğretmen atama işleminin gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Atama işleminin gerçekleştirilmesi sonucunda istenilen veriler program içerisinde tablo halinde gösterimi sağlandığı gibi aynı zamanda istenildiğinde MS Excel formatında çıktı olarak aktarılması sağlanmıştır. CTPCuGA (Coordinator Teacher Placement Chart using Genetic Algorithm) yazılımının çalıştırıldıktan sonra elde edilen çözüme ait görüntü Şekil 4.8 'de gösterilmektedir.

SİRANO	İşletme Adı	Öğretmen Adı	Gün	Öğrenci Adı	K.SURE	HAFTANINGUNU	OLUŞTURMATAH
	SMM VEYSEL CEBECİ	ATIF ÇOPUR	Çarşamba	SEVGİ KIYAK			
	AHAT ŞEHİT AYBEY ORTA...	FİKRET KALKAN	Pazartesi	CEMİLE DÖNER			
	GENÇLER DEKOR	SÜLEYMAN DURUKAN	Pazartesi	MEHMET BOZKURT			
	SOSYAL GÜVENLİK KURUMU	İDRİS SARI	Perşembe	UMMAHAN BOZKURT			
	PTT MERKEZ MÜDÜRLÜĞÜ...	İSMAİL GÜDÜL	Pazartesi	KERİM KARABULUTLU			
	SARGIN MOBİLYA	FİKRET KALKAN	Çarşamba	RIZA CEYHAN ARMAĞAN			

**Şekil 4.8: CTPCuGA koordinatör atama işlemi ve çözümü**

Elde edilen çözüm noktasında varılan sonuçlara bağlı olarak yapılan deneysel çalışmaların sonuçları aşağıdaki deneysel sonuçlarda grafiksel olarak verilmiştir.

#### 4.2.1 Deney 1 ve sonuçları

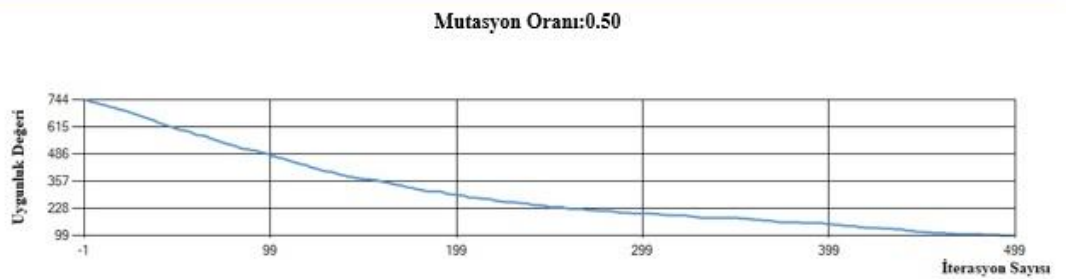
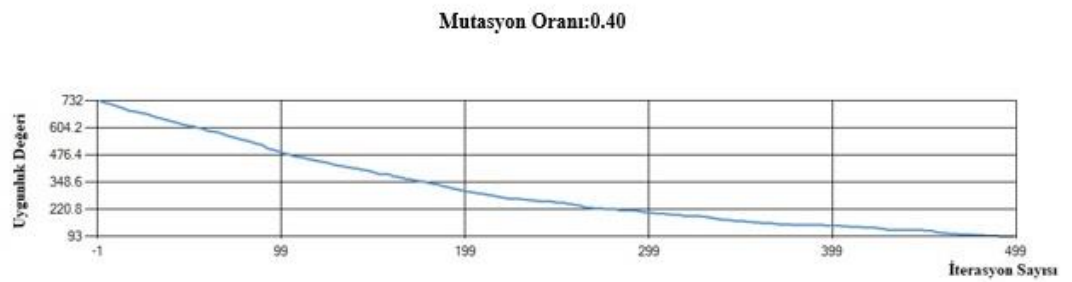
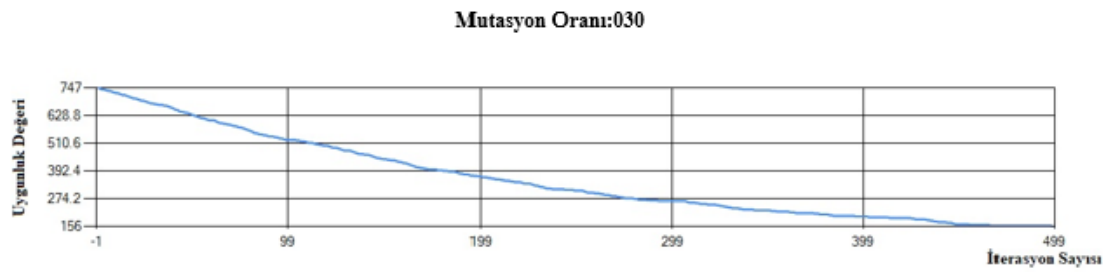
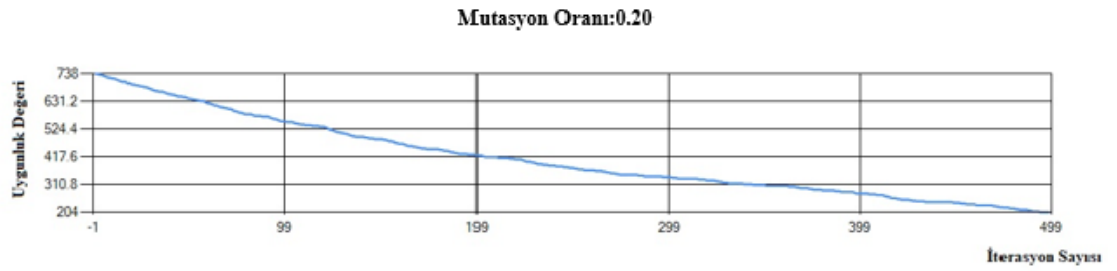
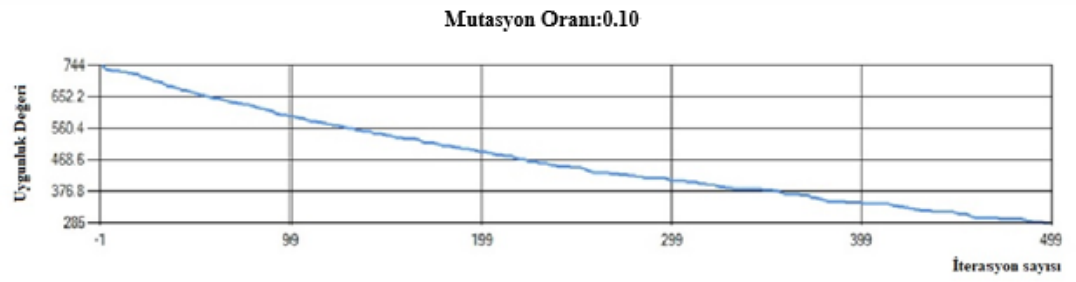
Yapılan Deney 1 'e ait program içerisinde belirlenen parametreler Tablo 4.4 'te verilmiştir.

Çaprazlama oranı 0.50 olarak sabit tutulmuştur. Mutasyon değerleri 0.1 ile 0.5 arasında farklı değerler ile test edilmiştir.

**Tablo 4.4: Deney 1 'e ait değerler**

Birey Sayısı	100
İterasyon sayısı	500
Mutasyon Oranı	0.10, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50
Çaprazlama Oranı	0.50
Mutasyon Türü	Rasgele
Çaprazlama Türü	Tek Noktadan

Tablo 4.4 'de yer alan parametrelere bağlı olarak hesaplanan uygunluk değeri iterasyon sayısını veren grafiksel gösterim Şekil 4.9 'da verilmiştir. Burada dikey eksen uygunluk değerini yatay eksen ise azami iterasyon sayısını göstermektedir.



**Şekil 4.9: Deneysel sonuçları**

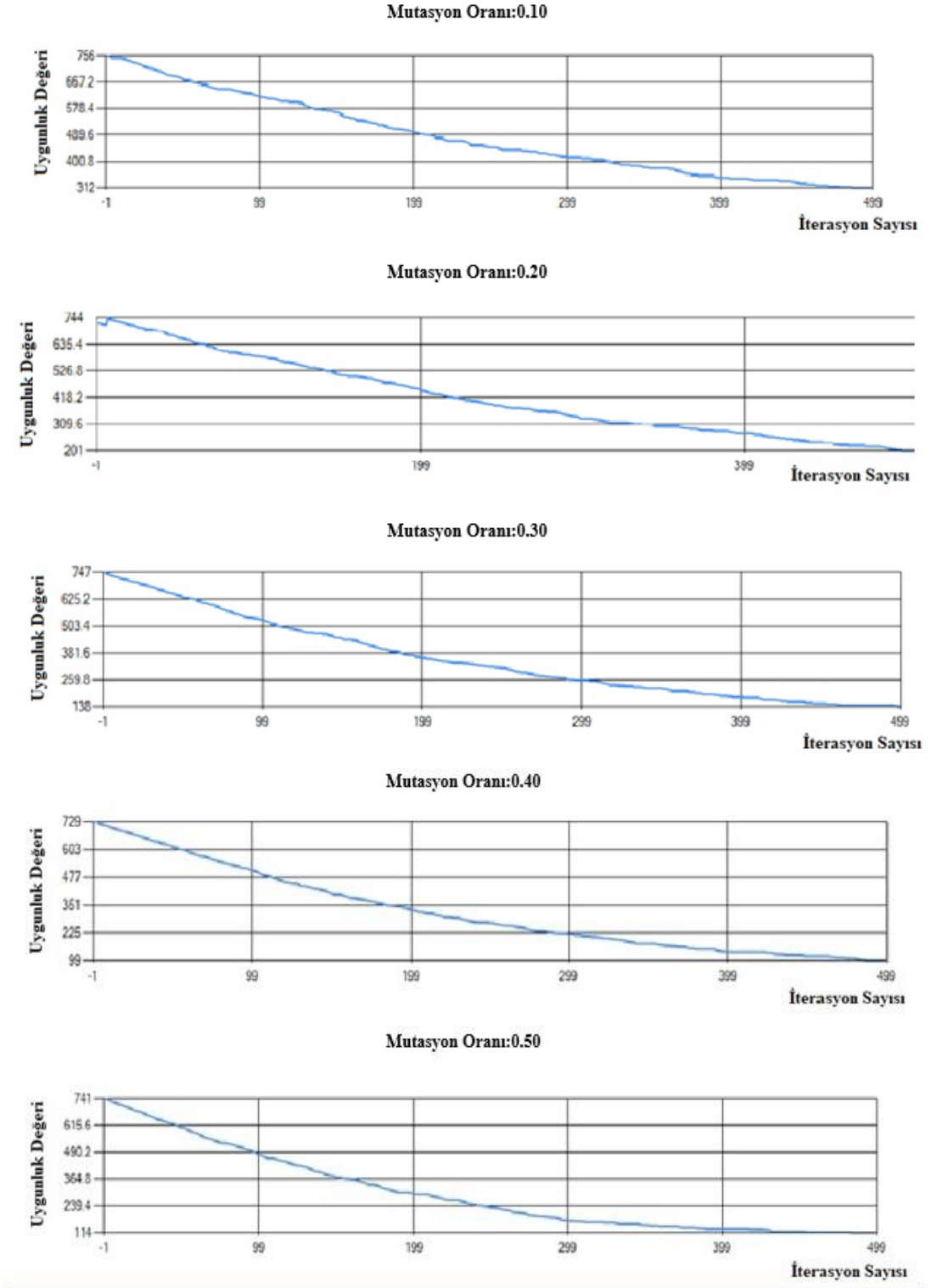
#### 4.2.2 Deney 2 ve sonuçları

Yapılan Deney 2 'e ait program içerisinde belirlenen parametreler Tablo 4.5 'te verilmiştir. Çaprazlama oranı 0.50 olarak sabit tutulmuştur.

**Tablo 4.5: Deney 2 'ye ait değerler**

Birey Sayısı	100
İterasyon sayısı	500
Mutasyon Oranı	0.10, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50
Çaprazlama Oranı	0.50
Mutasyon Türü	Rasgele
Çaprazlama Türü	İki Noktadan

Tablo 4.5 'de yer alan değerlere ait grafiksel gösterim Şekil 4.10 'da verilmiştir.



Şekil 4.10:Deney 2 sonuçları

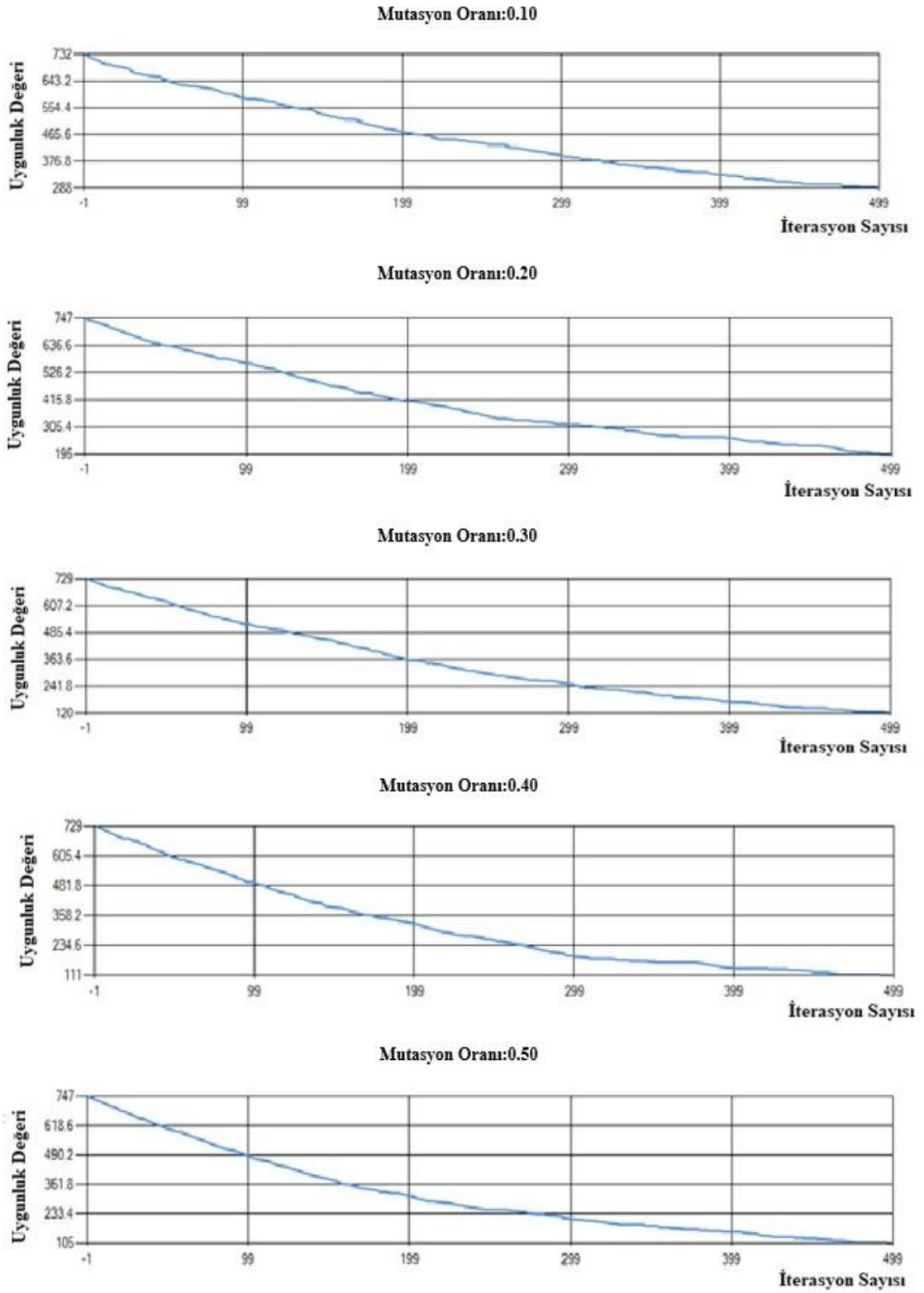
#### 4.2.3 Deney 3 ve sonuçları

Yapılan Deney 3 'e ait program içerisinde belirlenen parametreler Tablo 4.6 'da verilmiştir. Çaprazlama oranı 0.50 olarak sabit tutulmuştur.

**Tablo 4.6: Deney 3 'e ait değerler**

Birey Sayısı	100
İterasyon sayısı	500
Mutasyon Oranı	0.10, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50
Çaprazlama Oranı	0.50
Mutasyon Türü	Rasgele
Çaprazlama Türü	Çok Noktadan

Tablo 4.6 'da yer alan değerlere ait grafiksel gösterim Şekil 4.11 'de verilmiştir.



Şekil 4.11: Deney 3 sonuçları

#### 4.2.4 Deney 4 ve sonuçları

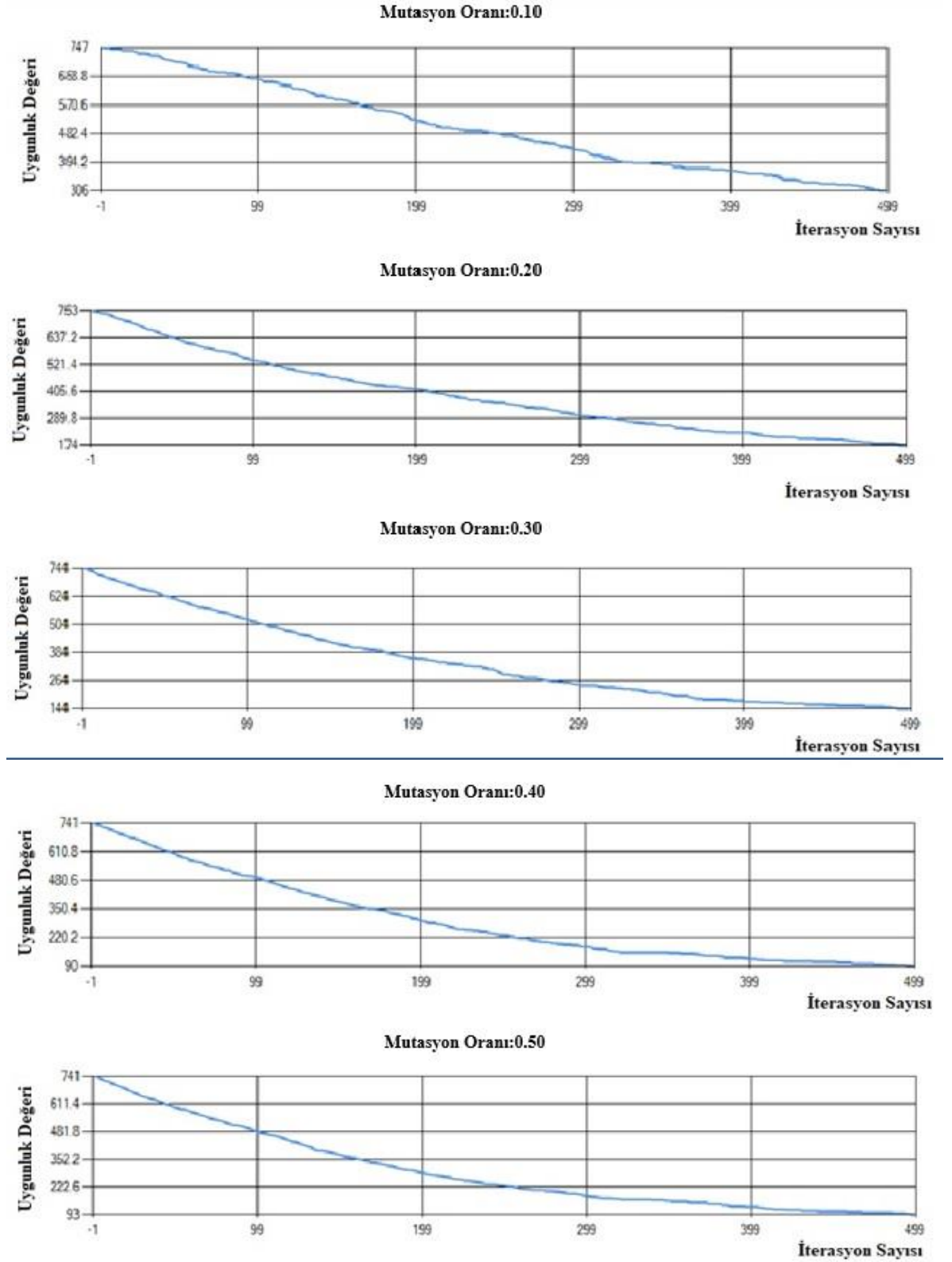
Yapılan Deney 4 'e ait program içerisinde belirlenen parametreler Tablo 4.7 'de verilmiştir. Çaprazlama oranı 0.50 olarak sabit tutulmuştur.

**Tablo 4.7: Deney 4 'e ait değerler**

Birey Sayısı	100
İterasyon sayısı	500
Mutasyon Oranı	0.10, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50
Çaprazlama Oranı	0.50
Mutasyon Türü	Rasgele
Çaprazlama Türü	Uniform



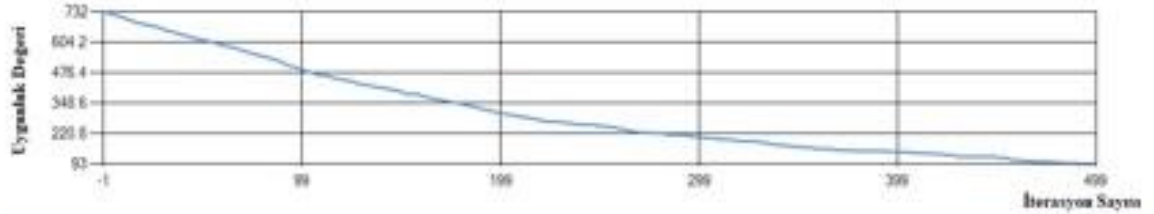
Tablo 4.7 'de yer alan değerlere ait grafiksel gösterim Şekil 4.12 'de verilmiştir.



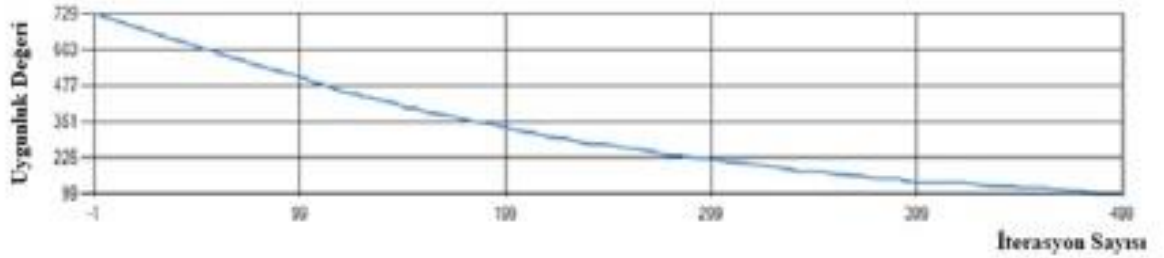
Şekil 4.12: Deney 4 sonuçları

Yapılan deneylere ait elde edilen iterasyon sayıları ile uygunluk değerleri yukarıda verilen deney sonuçlarında gösterilmektedir. Gerçekleştirilen deneylerin karşılaştırılmasına ait grafik Şekil 4.13 'de gösterilmiştir.

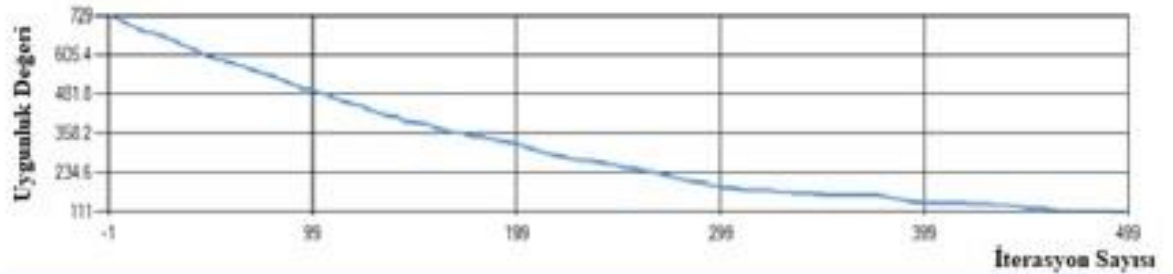
#### Çaprazlama Türü: Tek Noktadan



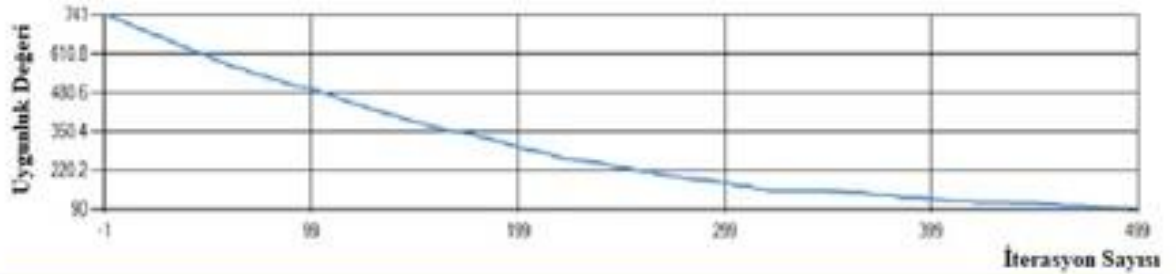
#### Çaprazlama Türü: İki Noktadan



#### Çaprazlama Türü: Çok Noktadan



#### Çaprazlama Türü: Uniform



Şekil 4.13: Deney sonuçlarının karşılaştırılması

Yapılan deneylere ait elde edilen uygunluk değerleri bulguları Tablo 4.8 'de verilmektedir. Bu elde edilen sonuçlarda mutasyon türü olarak rasgele mutasyon türü seçilmiş ve sabit tutulmuştur. Ayrıca çaprazlama oranı 0.50 olarak kabul edilerek her sonuç için sabit tutulmaktadır.

**Tablo 4.8: Deney sonuçlarının çaprazlama türleri ve mutasyon oranlarına göre uygunluk değerleri**

		Uygunluk Değerleri				
		0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
Çaprazlama Türü	Mutasyon Oranı					
<b>Tek Noktadan (Deney 1)</b>		285	204	156	93	99
<b>İki Noktadan (Deney 2)</b>		312	201	138	99	114
<b>Çok Noktadan (Deney 3)</b>		288	195	120	111	105
<b>Uniform (Deney 4)</b>		306	174	144	90	93

Elde edilen bulgular incelendiğinde sonuç değerlerinin en iyi çözümü üretebilmesi uygunluk değerinin minimum değerler aldığı alanlarda görülmektedir. Bunun sebebi minimizasyonun sağlandığı uygunluk değerlerinde ceza değerlerinin olmadığı durumlar olduğu görülmektedir. Uygunluk değerleri hesaplama işlemleri, 4.1.5 Uygunluk değeri kısmında verilmektedir. Uygunluk değeri hesabı yapılırken sert kısıtlar ele alınmış ve bu kısıtların aşılması durumunda ceza değerleri verilerek uygunluk değerlerine etkisi gerçekleştirilmiştir. Buna göre en iyi çözüm değerlerinin elde edildiği sonuçlarda, hesaplanan uygunluk değerleri içerisinde yer alan etmenlerin kümülatif değerlerinin de minimum çıkması gerekmektedir.

Tablo 4.8 'de görüleceği üzere mutasyon değerinin 0.40 olduğu durumlarda uygunluk değerlerinin minimum çıktığı yani bir başka deyişle en iyi çözümün elde edilebildiği görülmektedir. Mutasyon değerinin artırılması sayesinde çeşitlilik artması aktif rol oynarken aynı zamanda optimum sonuca ulaşılmasında da etkisi yadsınamaz bir durum oluşturmuştur. Ayrıca çaprazlama türünde ise uniform çaprazlamanın diğer çaprazlama türlerine göre kısmi de olsa daha başarılı sonuçlar elde edilmesinde etkisi görülmektedir. Uniform çaprazlama türünün özellikle çeşitliliğin artırılması için

gerçekleştirilen yüksek mutasyon oranlarında en optimum sonuca yaklaştığı da görülebilmektedir.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çözülmesi zor olarak sınıflandırılan (NP) optimizasyon tekniği ve problemlerinden birisi de ders çizelgeleme problemleridir. Ders çizelgeleme problemleri noktasında literatürde çok yaygın çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Çözüm için yapılan çalışmalar kapsamında tam sonuç veren algoritmalarla çözüme ulaşmak çok zor ve zahmetli bir iştir. Ayrıca günümüz bilgisayarları ile tam sonuç veren algoritmalarla çözüme ulaşmaya çalışmak yıllar sürebilmektedir. Bu noktada sezgisel algoritmaların varlığına ihtiyaç duyulmuştur. Bu sayede optimum veya optimuma yakın çözümlerin geliştirilmesi sağlanmış olmaktadır. Gerçekleştirilen çalışmalarda çok farklı algoritma yöntemleri kullanılmıştır. Evrimsel süreci taklit eden algoritmalarından olan GA kapsamında ders çizelgeleme problemlerinin çözümü üzerinde de çalışmalar mevcuttur. GA sezgisel tabanlı olması ve evrimsel süreç içerisinde yer alan operatörleri sayesinde optimum çözüm noktasında büyük bir performans sergiledikleri görülmektedir.

Koordinatörlük görevi ve koordinatör öğretmen atama işlemi meslek liseleri ile mesleki eğitim merkezinin görevleri arasında olmakla birlikte, yıl içerisinde işletmelerde beceri eğitiminin sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi açısından son derece önem arz eden çalışmalar içerisinde yer almaktadır. Okul-sanayi işbirliğinin en önemli parçalarından biri olan işletmelerde beceri eğitimi dersi kapsamında meslek lisesi öğrencileri ile mesleki eğitim merkezinde eğitim gören öğrencilerin, okulda almış oldukları teorik eğitimi pratiğe dönüştürme noktasında ciddi katkılar sağlamaktadır. Ayrıca Milli Eğitim Bakanlığı(MEB) bu kapsamda ciddi atılımlar gerçekleştirmiş, öğrencilerin gelişen teknoloji ile çağdaş eğitim seviyelerinin artırılması ve işletmelerle bütünleşmesinin önünün açılmasını sağlamıştır. İşletmelerde beceri eğitimi dersi kapsamında staj gören öğrencilerin işletme ve okul arasında koordinasyonunu sağlamakta koordinatör öğretmenlerin sorumluluğunda gerçekleştirilmektedir. Bu noktada meslek liselerinde hangi alan/dal da, hangi öğrenciye, hangi koordinatör öğretmen atamasının yapılması gerektiği önem arz etmektedir. Eğitim öğretim yılı başında gerçekleştirilen koordinatör öğretmen belirleme süreci, okul idaresi ve alan şefleri için ciddi bir mesele olmakla beraber uzun bir zaman mesaisine ve işlemler dizisine yol açmaktadır.

Koordinatör öğretmen atama işlemi, ders çizelgeleme problemleri içerisinde yer alan bir problem türüdür. Ders çizelgeleme ile kıyaslandığında, dersliklerin aslında işletmeler olduğu görülecektir. Ayrıca işletmelerde yer alan öğrenci sayılarının sınıf

kapasitesi olarak görülmesi de benzer özellikler taşıyan bir diğer yönüdür. Bu kapsamda hazırlanan bu yazılım, ders çizelgeleme probleminin bir türevi olarak nitelendirilebilir. Geliştirilen yazılımda koordinatör öğretmen atama probleminin çözüm noktasında en iyi performansı sağlayan algoritmalarından biri olarak bilinen GA kullanılmıştır. Belirlenen veriler ışığında, yine var olan kısıtlara bağlı olarak bir dizi kromozom üzerinden GA operatörleri ile çaprazlama ve mutasyon oranlarının belirlenmesi şeklinde GA'nın probleme yansıtılması ve çözüm/çözümlerin elde edilmesi sağlanmıştır.

Bu tez kapsamında GA kullanılarak koordinatör öğretmen atama probleminin çözümünün gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Bu kapsamda piyasada mevcut ticari programlar olmasına rağmen, genel olarak bakıldığında ticari boyutunun ön planda olmasından dolayı algoritma yapısı arka planda kalmıştır. Bu çalışma bu yönüyle ilk olma özelliğini de barındırmaktadır. Meslek liseleri üzerinde yapılan çalışmalar daha çok haftalık ders programı üzerine yoğunlaşırken, koordinatör öğretmen görevlendirme yazılımı ile koordinatör öğretmen atama işlemi için çözüm yönteminin geliştirilmesi sağlanmıştır.

CTPCuGA (Coordinator Teacher Placement Chart using Genetic Algorithm) yazılımı geliştirme aşamasında ele alınan konu koordinatör öğretmen atama işleminin gerçekleştirilmesinin sağlanması olmuştur. Bu konu ile çözüm yöntemi geliştirilirken GA tabanında bir yazılım geliştirilmesi sağlanmıştır. Koordinatör öğretmen atama işlemi için gerçekleştirilen bu yazılımda yaşanan güçlüklerden birisi katı ve esnek kısıtların çok çeşitli olmasıdır. Ayrıca yazılımın geliştirilmesi işlemi için temel alınan Milli Eğitim Bakanlığı(MEB)'nin Ortaöğretim Kurumları Yönetmeliği'ne ait ilgili maddelerinin çözüm noktasında uyarlanmasında karşılaşılan güçlüklerden birisi olmuştur.

Yazılım içerisinde yer alan kromozom yapısının oluşturulmasında gen yapısının oluşturulmasında titiz davranılması yazılımın başarısı üzerinde doğrudan etkili olmuştur. Gen yapılarına bağlı olarak uygunluk değerlerinin hesaplanması GA'nın başarısında etki eden diğer bir unsurdur. Buna bağlı olarak yazılımdaki uygunluk değerleri hesaplatılmış ve doğal seçimin gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Doğal seçim GA'da uygunluk değeri yüksek olan bireylerin bir sonraki nesile aktarılması için kullanılan basamaklardan birisidir. Yazılım içerisinde başarı oranı yüksek olması, negatif değerleri hesaplayabilmesi gibi etkenlere bağlı olarak doğal seçim yöntemlerinden biri olan turnuva yöntemi kullanılmıştır.

GA içerisinde çeşitliliğin sağlanması ve yakınsamanın önlenmesi açısından kritik basamaklardan birisi de GA operatörlerinin uygulanması aşamasıdır. Yazılım içerisinde de oluşturulan bireyler turnuva yöntemi ile seçim işlemine tabi tutulduktan sonra GA operatörleri uygulanmıştır. Çaprazlama ve mutasyon işlemleri için program içerisinde belirlenen mutasyon türü ile çaprazlama türleri oluşturulmuştur. Yine bu türlere bağlı olarak kullanıcı tarafından belirlenebilen mutasyon ve çaprazlama oranları ile uygulamanın amacına ulaşması sağlanmış olmaktadır.

Bu tez kapsamında yapılan çalışma ileriki çalışmalara yön vermesi ve farklı algoritma teknikleri ile de bu problemin çözümünün araştırılması ve karşılaştırılmasının sağlanması açısından da önem arz etmektedir. Ayrıca eğitim öğretim için belirlenen yönetmelikler ve kısıtların değişmesi göz önünde bulundurulmaktadır. Yazılımın esneklik işlevinin artırılması konusunda geliştirilmesinin sağlanması konusunda da çalışmalar yapılacaktır.

## KAYNAKLAR

- 2014-2018 Türkiye Mesleki ve Teknik Eğitim Strateji Belgesi ve Eylem Planı.
- Ağalday M.F., 2018, Genetik Algoritma İle Merkezi Sınavlarda Tek ve Çok Boyutlu Yakınlığa Göre En İyi Oturum Planının Oluşturulması, Yüksek Lisans Tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, *Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul .
- Akca İ., 2005, Elektrik Verilerin Lamarckian Genetik Algoritma İle Ters Çözümü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Akmeşe Ö.F, Küce S.T, 2013, Web Tabanlı Ders Yerleştirme Programı, Hitit Üniversitesi Osmancık Ömer Derindedede Meslek Yüksekokulu, Çorum.
- Altıntaş C, 2011, Sezgisel Algoritmalarla Sınav Çizelgeleme Problemi Çözümü, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta.
- Altunay H., Eren T., 2017, Ders Programı Çizelgeleme Problemi İçin Bir Literatür Taraması, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi*, 23(1), 55-70.
- Alvarez R., Crespo E, Tamarit JM.,2002, “Design and implementation of a course scheduling system using tabu search”, *European Journal of Operational Research*, 137(3), 512-523.
- Aslan E., Şimşek T., Karkacier A., 2017, A Binary Integer Programming Model For Exam Scheduling Problem With Several Departments, *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi* , 12(2), 167-173.
- Atanak M.M., Hocaoğlu F.O., 2004, Genetik Algoritmalarla Ders Programı Hazırlama Otomasyonu Tasarımı, Anadolu Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü Mühendislik Fakültesi, Eskişehir.
- Ateş A.M., Kestane Ö., 2014, Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Bilimler Üniversitesi, *SDU Teknik Bilimler Dergisi*, 4(2), 1-11.
- Atmaca E., Pehlivan C., Aydoğdu C.B., Yakıcı M., 2012, Hemşire Çizelgeleme Problemi ve Uygulaması, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, *Fen Bilimleri Dergisi*, 28(4), 351-358.
- Barut İ.O., Solakoğlu L., 2005, Otomatik Ders Programı Çıkarma, Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Elazığ.
- Bayata Ö., 2012, Genetik Algoritmaların Ders Çizelgeleme Problemlerinde Kullanımı ve Eğitim Kurumlarında Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.



- Baysal C., 2011, Evrimsel Hesaplama Tekniği Kullanılarak Otomatik Sınav Programı Oluşturma, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli.
- Bırtıl F.S., 2011, Kız Meslek Lisesi Öğrencilerinin Akademik Başarısızlık Nedenlerinin Veri Madenciliği Tekniği İle Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon.
- Blum, C., Roli A., 2003, Metaheuristics in Combinatorial Optimization: Overview and Conceptual Comparison. *ACM Computing Surveys*, 35 (3), 268-308.
- Bolat B., 2006, Asansör Kontrol Sistemlerinin Genetik Algoritma İle Simülasyonu, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Burke E., Elliman D., Weare R., 1994, A Genetic Algorithm for University Timetabling, Department of Computer Science, University of Nottingham, Nottingham.
- Cauvery N.K., 2011, Timetable Scheduling using Graph Coloring, Dept of CSE, R V College of Engineering, Bangalore, *International Journal of P2P Network Trends and Technology*, Volume1 Issue2, 24-29.
- Ceylan H., Haldenbilen S., 2005, Şehirler Arası Ulaşım Talebinin Genetik Algoritma İle Modellenmesi, *İMO Teknik Dergi*, 3599-3618, Yazı 238.
- Chaudhuri A., 2010, Fuzzy Genetic Heuristic for University Course Timetable Problem, *International Journal of Advances in Soft Computing and its Applications*, Vol 2, No 1, 100-123.
- Colorni A., Dorigo M., Maniezzo V., 1993, A Genetic Algorithm To Solve The Timetable Problem, *Submitted to Computational Optimization and Applications Journal* , 1-24.
- Corne D., Fang H.L., Mellish C., 1993, Solving the Modular Exam Scheduling Problem with Genetic Algorithms, DAI Research, Heriot-Watt University, Edinburgh, 622.
- Çalışkan F., Yüksel H., Dayık M., 2016, Genetik Algoritmaların Tasarım Sürecinde Kullanılması, *SDÜ Teknik Bilimler Dergisi*, Cilt: 6, Sayı: 2, 21-27.
- Çalışkan S., Demirci U., Kuş Z., 2017, Evrimsel Algoritmalar ve Uygulamaları, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, *Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Çayıroğlu İ., Dizdar E.N., 2006, Uzman Sistem Destekli Online Ders Yerleştirme Programı, *TEKNOLOJİ Dergisi*, 9(4), 283-293.
- Çivril H., 2009, Hemşire Çizelgeleme Problemlerinin Genetik Algoritma İle Çözümü, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta.

- Çolak M.E., 2015, MapReduce İle Metasezgisel Optimizasyon, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ.
- Çolak S., 2010, Genetik Algoritmalar Yardımı İle Gezgin Satıcı Probleminin Çözümü Üzerine Bir Uygulama, *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 19(3), Adana, 423-438.
- Çunkaş M., 2006, Genetik Algoritmalar ve Uygulamaları Ders Notları, Selçuk Üniversitesi, *Teknik Eğitim Fakültesi*, Konya.
- Hearn D.D., Baker M.P., 1997, Computer Graphics C Version, Second Edition, ISBN:817758765X, Prentice Hall, New Jersey.
- Daban F., Özdemir E., 1996, Çok Parametrelili Genetik Algoritma Kullanarak Ders Programlarının Hazırlanması, Mustafa Kemal Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Hatay.
- Daş R., Türkoğlu İ., Poyraz M., 2006, Genetik Algoritma Yöntemiyle İnternet Erişim Kayıtlarından Bilgi Çıkarılması, *SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(2), 67-72.
- Değertekin S.Ö., Ülker M., Hayalioğlu M.S., 2006, Uzay Çelik Çerçevelerin Tabu Arama ve Genetik Algoritma Yöntemleriyle Optimum Tasarımı, *İMO Teknik Dergi*, 3917-3934, Yazı 259.
- Demir M., 2016, Sezgisel Yöntemlerde Altın Oran, Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Malatya.
- Demir Y., Çelik C., 2016, Müfredat Bazlı Akademik Zaman Çizelgeleme Probleminin Çözümüne Tam Sayılı Doğrusal Programlama Yaklaşımı, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31(1), 145-159.
- Dil Y., 2015, Yazılım Projelerinin Optimizasyon Problemi Olarak İncelenmesi ve Genetik Algoritma İle Çözümü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Dilaver D., 2015, Genetik Algoritmalar Yardımıyla İş Atölye Çizelgelemesi Üzerine Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, *Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İzmir.
- Emel G.G., Taşkın Ç., 2002, Genetik Algoritmalar ve Uygulama Alanları, *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(1), 129-152.
- Eren H., 2002, Akış Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Genetik Algoritma İle Çözüm Performansının Arttırılmasında Deney Tasarımı Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Esnaf Ş., 2009, Sürü Zekası Optimizasyon Tekniği ve Tedarik Zinciri Yönetiminde Bir Uygulama, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

- Gerşil M., Palamutçuoğlu T., 2013, Ders Çizelgeleme Probleminin Melez Genetik Algoritmalar İle Performans Analizi, *Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi*, 6(1), 242-262.
- Gök M., Göloğlu C., 2009, Genetik Algoritma Kullanılarak Maliyet Tabanlı Bilgisayar Konfigürasyonu Belirleme, *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, Karabük.
- Gözütok S., Özdemir O.N., 2004, Genetik Algoritma Yöntemi İle Su Şebekelerinde Hidrolik Kalibrasyonun Geliştirilmesi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(2), 125-130.
- Tuncel H., 2005, Askeri Nöbet Çizelgelerinin Genetik Algoritma Kullanılarak Eniyilenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir.
- Hacıoğlu A., 2003, Aerodinamik Dizayn ve Optimizasyonda Genetik Algoritma Kullanımı, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Harmanşah C., Seylan N., Sözeri V., Önal A., 2011, Web Tabanlı Derslik Yerleştirme Sistemi, *XVI. Türkiye'de İnternet Konferansı*, , İzmir.
- Hertz A., Widmer M., 2003, "Guidelines For The Use Of Meta-Heuristics In Combinatorial Optimization", *European Journal of Operation Research*, 151, 247-252.
- Işık A.H., Bilen M., Yiğit T., 2017, İnteraktif ve Web Tabanlı Genetik Algoritma Eğitim Yazılımı, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(3), 928-934.
- İlkuçar M., 2011, Sınav Gözetmenlik Çizelgeleme Probleminin Optimizasyonu ve Bir Uygulama Yazılımı, *Akademik Bilişim'11 - XIII. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri*, Malatya, 425-432.
- İşçi Ö., Korukoğlu S., 2003, Genetik Algoritma Yaklaşımı ve Yöneylem Araştırmasında Bir Uygulama, *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 10(2), 191-208.
- Kalaycı O., 2009, Parça Toplayan Hareketli Robotlar İçin Genetik Algoritmalarla Yol Planlaması, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.
- Kalender M., 2007, Ders Çizelgeleme Programı, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, Proje Yarışması.
- Kalınlı A., 2012, Genetik Algoritmalar, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- Kara M., 2016, Oğul Robotları Yön Bulma Problemleri, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Karaarslan E., Zengin K., 2016, Ateş Böceği Algoritması İle Ders Programı Hazırlama, *EEB 2016 Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu*, Tokat, 400-404.

- Karaboga D., 2007, A powerful and Efficient Algorithm for Numerical Function Optimization: Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm, *Journal of Global Optimization* , 3 (39), 459-171.
- Karaboğa, D., 2011, Yapay Zekâ Optimizasyon Algoritmaları, ISBN:978-605-133-764-7, *Nobel Yayın Dağıtım*, İstanbul.
- Kaya E., 2014, Genetik Algoritma İle Bulanık Kural Kümesinin Otomatik Olarak Oluşturulmasında Yeni Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Kaya S., Fıglalı N., 2016, Çok Amaçlı Optimizasyon Problemlerinde Pareto Optimal Kullanımı, *Social Sciences Research Journal*, Volume 5, Issue 2, 9718, ISSN: 214775237
- Keskintürk T., 2006, Diferansiyel Gelişim Algoritması, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* , 5(9), 85-99.
- Keskintürk T., 2007, Portföy Seçiminde Markowitz Modeli İçin Yeni Bir Genetik Algoritma Yaklaşımı, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi, *Yönetim Dergisi*, 18(56), 78-90.
- Keskintürk T., Şahin S., 2009, Doğrusal Olmayan Regrasyon Analizinde Gerçek Değer Kodlamalı Genetik Algoritma, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(15), 167-178.
- Küçükşille E.U., Tokmak M., 2011, Yapay Arı Kolonisi Kullanarak Otomatik Ders Çizelgeleme, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(3), 203-210.
- Laporte, G., Gendreau M., Potvin J.Y., Semet F., 2000, “Classical And Modern Heuristics For The Vehicle Routing Problem”, *International Transactions in Operation Research*, 7, 285-300.
- Memiş G., 2008, Yarı Otomatik Ders Programı Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Ortakçı Y., 2011, Parçacık Sürü Optimizasyonu Yöntemlerinin Uygulamalarla Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük.
- Öner A., 2002, Deniz Harp Okulu ’nda Çizelgeleme/Atama Problemleri ve Çözüm Yöntemleri, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Özcan E., Alkan A., 2003, Çok Nüfuslu Kararlı Hal Genetik Algoritması Kullanarak Otomatik Çizelgeleme, Yeditepe Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

- Özçalıcı M., 2016, Sınavlara Gözetmen Atama Problemlerinin Çalışma Sayfaları İle Optimizasyonu, Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Temmuz, 9(3), 103-114.
- Özçalıcı M., 2017, Hisse Senedi Fiyat Tahmininde Genetik Algoritma İle Değişken Seçimi, *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 17(3), 109-124.
- Özdemir M., 2013, Zaman Kısıtı Altında Takım Oryantiring Problemlerinin Yapay Arı Kolonisi Yaklaşımı İle Çözümü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, *Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul.
- Öztürk A., 2002, Gerçel Sayı Kodlamalı Genetik Algoritmaların Optimizasyonda Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Öztürk O., 2017, Sınav Takvimi Atama/ Çizelgeleme Problemlerine Yazılımsal Bir Çözüm Denemesi, Yüksek Lisans Tezi, Hitit Üniversitesi, *Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Çorum.
- Paksoy S., 2007, Genetik Algoritma İle Proje Çizelgeleme, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, *Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Adana.
- Potvin, J., 1996, Genetic algorithms for the travelling salesman problem, *Annals of Operations Research*, 63(3), 337-370.
- Sağ T., 2008, Çok Kriterli Optimizasyon İçin Genetik Algoritma Yaklaşımları, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Seyfi G., 2018, Metasezgisel Algoritmalar Kullanılarak Sınav Çizelgeleme, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, *Fen Bilimler Enstitüsü*, Konya.
- Şeker Ş., 2007, Araç Rotalama Problemleri ve Zaman Pencereli Stokastik Araç Rotalama Problemine Genetik Algoritma Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Şimşek B., 2014, Olaylara Dayalı Senaryoların Genetik Algoritma İle Optimizasyonu, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, *Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Erzurum.
- Tosun E., 2006, Frezeleme İşlemlerinde Genetik Algoritma Yaklaşımı İle Kesme Koşullarının Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Turfan D., 2014, Tabakalı Rastgele Örneklemede Örneklem Büyüklüklerinin Genetik Algoritma İle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Uçaner M.E., Özdemir O.N., 2002, Genetik Algoritmalar İle İçme Suyu Şebekelerinde Ek Klorklama Optimizasyonu, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 17(4), 157-170.

Uğur A., Korukoğlu S., Çalışkan A., Cinsdikici M., Alp A., 2009, Genetic Algorithm Based Solution For Tsp On A Sphere, *Mathematical and Computational Applications*, 14(3), 219-228.

Vatansever F., Şen D., 2013, Genetik Algoritma Tabanlı PID Kontrolör Simülasyonu Tasarımı, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18(2), 7-18.

Vural M., 2005, Genetik Algoritma Yöntemi İle Toplu Üretim Planlama, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Weise, T., 2009, *Global Optimization Algorithms -Theory and Application*.

Yang, X.S., 2010, Levy Flight. In *Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms Second Edition*, Luniver Press, 14-17.

Yang, X.S., 2010, *Engineering Optimization*, USA: WILEY.

Yapıcı M.M., 2012, Genetik Algoritma Kullanılarak Ders Çizelgeleme Yazılımının Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, *Bilişim Enstitüsü*, Ankara.

Yiğit T., 2006, Meslek Liseleri Haftalık Ders Çizelgelerinin Genetik Algoritmalar Yardımıyla Oluşturulması, *Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19, 25-39.

Yiğit V., 2011, Genetik Algoritma İle Türkiye Net Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2020 Yılına Kadar Tahmini, *International Journal of Engineering Research and Development*, 3(2), 37-41.

<http://www.turkpaylasim.com/cevahir/etiket/matlab-code/> Erişim Tarihi: 01.06.2018

<https://www.researchgate.net/publication/2253354> Erişim Tarihi: 15.02.2019

<https://dergipark.org.tr/download/article-file/206929> Erişim Tarihi: 13.05.2019

[https://ogm.meb.gov.tr/meb\\_iys\\_dosyalar/2016\\_11/01062228\\_meb\\_ortaogretim\\_kurumlari\\_yonetmeligi\\_28\\_10\\_201629871.pdf](https://ogm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2016_11/01062228_meb_ortaogretim_kurumlari_yonetmeligi_28_10_201629871.pdf) Erişim Tarihi: 20.05.2019

<http://ikucukkoc.baun.edu.tr/lectures/EMM4129/EMM4129-S1.pdf> Erişim Tarihi: 10.05.2019

<https://media.iskur.gov.tr/15334/turkiyede-temel-mesleki-ve-teknik-egitim-raporu.pdf> Erişim Tarihi: 12.03.2019

[https://mtegm.meb.gov.tr/meb\\_iys\\_dosyalar/2018\\_11/12134429\\_No1\\_Turkiyede\\_Mesleki\\_ve\\_Teknik\\_Egitimin\\_Gorunumu.pdf](https://mtegm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2018_11/12134429_No1_Turkiyede_Mesleki_ve_Teknik_Egitimin_Gorunumu.pdf) Erişim Tarihi: 26.03.2019

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : İDRİS SARI  
**Uyruğu** : T.C.  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : KONYA / 15.10.1981  
**Telefon** : 0(553) 478 16 35  
**Faks** :  
**E-Posta** : selcuktef.idrissari@gmail.com

### EĞİTİM

Derece	Adı	İlçe	İl	Bitirme Yılı
Lise	: SELÇUKLU İMAM HATİP LİSESİ		SELÇUKLU / KONYA	1999
Yükseköğretim	: GAZİ ÜNİVERSİTESİ ÇORUM MESLEK YÜKSEKOKULU BİLGİSAYAR PROGRAMCILIĞI BÖLÜMÜ			2004
Üniversite	: SELÇUK ÜNİVERSİTESİ TEKNİK EĞİTİM FAKÜLTESİ ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR EĞİTİMİ BİLGİSAYAR SİSTEMLERİ ÖĞRETMENLİĞİ BÖLÜMÜ		KONYA	2009
Yüksek Lisans	:			
Doktora	:			

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2009-2010	MUŞ YEŞİLOVA YİBO	ÖĞRETMEN
2010-2016	SAMSUN TERME ENDÜSTRİ MESLEK LİSESİ	ÖĞRETMEN/ALAN ŞEFİ
2016-	UŞAK BANAZ ŞEHİT TUNCAY DURMUŞ MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ	ALAN ŞEFİ

### UZMANLIK ALANI

### YABANCI DİLLER

### BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

#### YAYINLAR

GENETİK ALGORİTMA KULLANILARAK KOORDİNATÖR ÖĞRETMEN YERLEŞTİRME ÇİZELGESİNİN HAZIRLANMASI (2.ULUSLARARASI AKADEMİK ÖĞRENCİ ÇALIŞMALARI KONGRESİ, SHF 358-366, 26-27 NİSAN 2019, İSTANBUL)