

ATAMA PROBLEMLERİNİN GENETİK ALGORİTMA İLE OPTİMİZASYONU HEKİM ATAMA UYGULAMASI

Dr. Muhammer İLKUÇAR



**ATAMA PROBLEMLERİNİN GENETİK
ALGORİTMA İLE OPTİMİZASYONU
HEKİM ATAMA UYGULAMASI¹**

Dr. Muhammer İLKUÇAR



¹ Bu çalışma doktora tezinden türetülmüştür.

Copyright © 2023 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or
transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical
methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses
permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social
Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TURKEY TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com

www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.

Iksad Publications – 2023©

ISBN: 978-625-6404-97-7

Cover Design: İbrahim KAYA

March / 2023

Ankara / Turkey

Size = 16 x 24 cm

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|-----------|
| KISALTMALAR | iv |
| ÇİZELGELER..... | v |
| ŞEKİLLER..... | vi |
| GİRİŞ | 9 |
| BÖLÜM I..... | 13 |
| 1. ATAMA PROBLEMLERİ..... | 13 |
| 1.1. ATAMA PROBLEMLERİNİN GENEL YAPISI | 13 |
| 1.2. ATAMA MODELİ..... | 13 |
| 1.3. ATAMA PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ..... | 15 |
| 1.4. LİTERATÜR TARAMASI..... | 16 |
| BÖLÜM II | 21 |
| 2. SEZGİSEL YÖNTEMLER VE GENETİK ALGORİTMA | 21 |
| 2.1. SEZGİSEL YÖNTEMLER..... | 21 |
| 2.2. EVRİMSEL ALGORİTMA..... | 22 |
| 2.3. GENETİK ALGORİTMANIN TEMELLERİ | 24 |
| 2.4. GENETİK ALGORİTMA TERMİNOLOJİSİ | 27 |
| 2.5. GENETİK KODLAMA | 28 |
| 2.5.1. İkili Kodlama..... | 28 |
| 2.5.2. Genetik Algoritmada Permütasyon Kodlama..... | 30 |
| 2.5.3. Genetik Algoritmada Değer ile Kodlama..... | 32 |
| 2.6. GENETİK ALGORİTMA BAŞLANGIÇ POPÜLASYONU VE KROMOZOM YAPISI | 32 |
| 2.7. UYGUNLUK (FITNESS) FONKSİYONU..... | 34 |
| 2.8. KROMOZOM SEÇME METODLARI | 36 |

| | |
|--|-----------|
| 2.8.1. Rastgele Seçim Metodu..... | 36 |
| 2.8.2. Eşik Değer Seçim Metodu..... | 37 |
| 2.8.3. Rulet Çarkı Seçim Metodu | 37 |
| 2.8.4. Ağırlıklı Rulet Çarkı Seçim Metodu | 38 |
| 2.8.5. Sıralı (Rank) Seçim Metodu..... | 39 |
| 2.8.6. Turnuva (Tournament) Seçim Metodu..... | 40 |
| 2.8.7. Seçkinlik (Elitism) Seçim Metodu | 41 |
| 2.8.8. Açgözlü Seçim Metodu (Greedy Over-Selection Method) .. | 41 |
| 2.9. ÇAPRAZLAMA (CROSSOVER)..... | 42 |
| 2.9.1. Tek Noktalı Çaprazlama..... | 43 |
| 2.9.2. Çok Noktalı Çaprazlama | 43 |
| 2.9.3. Tekdüze (Uniform) Çaprazlama..... | 44 |
| 2.9.4. Ekleyerek Çaprazlama (Path Relinking) | 45 |
| 2.10. MUTASYON | 46 |
| 2.11. KARARLI DURUM GENETİK ALGORİTMASI | 47 |
| BÖLÜM III..... | 50 |
| 3. HEKİM ATAMA PROBLEMİ VE GENETİK ALGORİTMA İLE MODELLENMESİ | 50 |
| 3.1. HEKİM ATAMA PROBLEMİ..... | 50 |
| 3.2. HEKİM ATAMA BİLGİ SİSTEMİNİN İŞLEYİŞİ | 58 |
| 3.3. PROBLEMİN ADAY-KURUM TERCİH GRAFİK MODELİ | 59 |
| 3.4. ADAYLARIN KURUM TERCİH MATRİSİ | 60 |
| 3.5. PROBLEMİN DOĞRUSAL MODELİ | 61 |
| 3.5.1. Amaç ve Uygunluk Fonksiyonu..... | 62 |
| 3.5.2. Problem Kısıtları | 64 |

| | |
|--|------------|
| 3.6. PROBLEMİN GENETİK ALGORİTMA AKIŞ ŞEMASI | 66 |
| 3.7. PROBLEMİN ÇÖZÜM ADIMLARI | 68 |
| 3.7.1.Kurum Tablosu ve Kurum İhtiyaçlarının Belirlenmesi..... | 68 |
| 3.7.2.Problemde Kullanılacak Aday Puanının Hesaplanması | 70 |
| 3.7.3.Tercih Sırasına Göre Aday Puan Hesabı..... | 73 |
| 3.7.4.Aday (Personel) Tablosu ve Aday Bilgileri | 74 |
| 3.7.5.Problemin Genetik Algoritma Kromozom Yapısı..... | 75 |
| 3.7.6.Problemin Başlangıç Kromozom Popülasyonunun Oluşturulması..... | 79 |
| 3.7.7.Kromozomların Çaprazlanması..... | 81 |
| 3.7.8.Çaprazlanacak Ebeveyn Kromozom Seçimi | 81 |
| 3.7.9.Seçilen Kromozomların Çaprazlanması | 83 |
| 3.7.10. Kromozomlarda Düzeltme Yapılması | 85 |
| 3.7.11. Kromozomların Mutasyona Uğratılması | 87 |
| 3.8. ADAY-KURUM ATAMA ALGORİTMASI VE AKIŞ ŞEMASI | 88 |
| BÖLÜM IV | 90 |
| 4. HEKİM ATAMA PROBLEMİ UYGULAMASI: ÇÖZÜM VE SONUÇLARI..... | 90 |
| 4.1. HEKİM ATAMA PROBLEMİNİN ÇÖZÜMÜ | 90 |
| 4.2. HEKİM ATAMA PROBLEMİ ÇÖZÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ..... | 98 |
| KAYNAKÇA | 103 |

KISALTMALAR

| | |
|------|--|
| ABC | Artificial Bee Colony (Yapay Arı Kolonisi Algoritması) |
| ABD | Amerika Birleşik Devletleri |
| ACO | Ant Colony Optimization (Karıncı Kolonisi Optimizasyonu) |
| AP | Atama sırasında kuruma atanan personel sayısı |
| AHP | Analtik Hiyerarşik Programlama |
| AIS | Artificial Immune System (Yapay Bağışıklık Sistemi Algoritması) |
| bkz. | Bakınız |
| BT | Benzetimli Tavlama Algoritması |
| CLA | Colony Location Algorithm (Koloni Yerleşim Algoritması) |
| EA | Evrimsel Algoritma |
| EP | Evrimsel Programlama |
| EPA | Evrimsel Programlama Algoritması |
| GA | Genetik Algoritma |
| GS | Gale-Shape Algoritması |
| IP | Kurumun ihtiyacı olan, istenen personel sayısı |
| KP | Atama sırasında kurumda atanarak ayrılanlardan sonra kalan personel sayısı |
| MP | Bir kurumda belirli bir branşta halen çalışan mevcut personel sayısı |
| PDC | Personel Dağılım Cetveli |
| PSO | Particle Swarm Optimization (Parçacık Sürü Optimizasyonu) |
| QAP | Quadratic Assignment Problem (Karesel Atama Problemi) |
| SA | Simulated Annealing (Tavlama Algoritması) |
| s. | sayfa |
| vd. | ve diğerleri |
| YSA | Yapay Sinir Ağları |

ÇİZELGELER

| | |
|---|----|
| Çizelge 1.1 Atama Modeli..... | 14 |
| Çizelge 2.1. <i>i</i> . işçisinin <i>j</i> . göreve atandığındaki maliyet tablosu | 33 |
| Çizelge 2.2. Bir kromozomun yapısı ve atama maliyeti | 33 |
| Çizelge 2.3. İşçi-görev atamasının başlangıç popülasyonu..... | 34 |
| Çizelge 2.4. Uygunluk fonksiyonun hesaplanması | 36 |
| Çizelge 2.5. Uygunluk değerine göre kromozomların sıralanması | 36 |
| Çizelge 2.6. Rulet çarkı seçim yöntemi kümülatif oranlar tablosu | 38 |
| Çizelge 2.7. Ağırlıklı rulet çarkı seçim yöntemi kümülatif oranlar tablosu ... | 39 |
| Çizelge 3.1. Örnek PDC dağılım cetveli..... | 51 |
| Çizelge 3.2. Örnek kurum bilgi tablo yapısı | 53 |
| Çizelge 3.3. Örnek aday bilgileri, tercihleri ve atandığı kurum tablosu..... | 54 |
| Çizelge 3.4. Adayların kurumlara atama tablosu (Atama Matrisi)..... | 54 |
| Çizelge 3.5. Atamadan sonraki durumu gösteren kurum bilgileri tablosu | 56 |
| Çizelge 3.6. Adayların puanı ve tercihine göre atandığı kurum. | 57 |
| Çizelge 3.7. Aday-Kurum tercih matrisi..... | 61 |
| Çizelge 3.8. Kurumların personel durum, istek, yerleşim tablosu | 69 |
| Çizelge 3.9. Aday bilgi tablosu. | 75 |
| Çizelge 3.10. Örnek bir başlangıç kromozomu yapısı | 80 |
| Çizelge 3.11. Başlangıç popülasyon havuzu kromozom yapısı | 82 |
| Çizelge 3.12. Kromozomların uygunluk değerleri, kromozom yüzdelik değerine göre sıralanmış tablo | 82 |
| Çizelge 4.1. Atamadan önceki örnek kurum bilgileri | 90 |
| Çizelge 4.2. Atamadan sonraki örnek kurum bilgileri | 91 |
| Çizelge 4.3. Örnek aday-bilgi, aday-tercih ve aday-atama tablosu | 91 |
| Çizelge 4.4. Kromozom havuzu ve uygunluk tablosu | 92 |
| Çizelge 4.5. Kurum-Aday Atama Tablosu | 94 |
| Çizelge 4.6. Aday bilgilerinden, aday amaç fonksiyonun hesaplanması | 94 |
| Çizelge 4.7. Kurum yerleşim ve dağılım oranları tablosu..... | 95 |
| Çizelge 4.8. Geliştirilen model ile farklı veri setleri için elde edilen sonuçlar | 99 |

ŞEKİLLER

| | |
|--|----|
| Şekil 2.1. Doğadaki evrimsel sürecin evrimsel algoritmaya dönüşümü..... | 23 |
| Şekil 2.2. Evrimsel oluşum süreci | 25 |
| Şekil 2.3. Genetik Algoritmanın Terminolojisi | 26 |
| Şekil 2.4. Yeni popülasyon oluşum adımları | 27 |
| Şekil 2.5. Genetik algorithmada bir bireyin (Kromozom) yapısı | 28 |
| Şekil 2.6. İkili kromozom kodlama | 29 |
| Şekil 2.7. Biyolojideki genetik yapı ile sayısal genetik algoritma arasındaki benzerlik ve ikili kodlama örneği. | 29 |
| Şekil 2.8. Yangın istasyonu yerleşim problemi gösterimi..... | 30 |
| Şekil 2.9. Yangın istasyonu yerleşim probleminin kromozom yapısı. | 30 |
| Şekil 2.10. Permütasyon ile kodlanmış kromozom yapısı | 31 |
| Şekil 2.11. Beş şehirlik gezgin satıcı probleminin şematik gösterimi | 31 |
| Şekil 2.12. Gezgin Satıcı Probleminin kromozom yapısı | 31 |
| Şekil 2.13. Değer ile kodlama örneği | 32 |
| Şekil 2.14. Cluster geometri optimizasyon problemi için kromozom örneği. | 32 |
| Şekil 2.15. Rulet Çarkı Yöntemine Göre Kromozom Seçimi | 37 |
| Şekil 2.16. Sıralamadan önceki uygunluk grafiği durumu..... | 39 |
| Şekil 2.17. Sıralamadan sonraki durum grafiği (sıralama değeri uygunluk değeri verilmiş şekilde dağılım durumu) | 40 |
| Şekil 2.18. Turnuva seçimi algoritması | 41 |
| Şekil 2.19. Çaprazlama işleminin biyolojik yapısı..... | 42 |
| Şekil 2.20. İki ebeveynin çaprazlanarak yeni bireylerin oluşturulması | 43 |
| Şekil 2.21. Tek noktalı çaprazlama için kromozom yapısı | 43 |
| Şekil 2.22. İki noktalı çaprazlama kromozom yapısı | 44 |
| Şekil 2.23. Üç noktalı çaprazlama | 44 |
| Şekil 2.24. Tekdüze(Uniform) çaprazlama | 45 |
| Şekil 2.25. Ekleyerek çaprazlama yöntemiyle yeni birey elde etme | 45 |
| Şekil 2.26. Mutasyon İşlemi | 47 |
| Şekil 3.1. Bir adayın tercih ettiği kurumların tercih sırasına göre durum matrisi | 55 |
| Şekil 3.2. Bir Kurumun personel ve atama bilgileri durum matrisi | 55 |
| Şekil 3.3. Hekim Atama Bilgi Sistemi Akış Şeması | 59 |
| Şekil 3.4. Adayların kurum tercihleri iki taraflı grafik şeması..... | 60 |
| Şekil 3.5. Hekim Atama Problemi Genetik Programlama akış şeması | 67 |
| Şekil 3.6. Adayın hesaplanmış puanının şematik gösterimi..... | 71 |

| | |
|---|----|
| Şekil 3.7. Aday puanının hesaplaması | 72 |
| Şekil 3.8. Aday tercihi göre puanının hesaplaması | 74 |
| Şekil 3.9. Hekim Atama Probleminin Kromozom Yapısı | 76 |
| Şekil 3.10. Başlangıç popülasyonu kromozom dizisi matris yapısı | 79 |
| Şekil 3.11. Rulet Çarkı seçme metodu..... | 83 |
| Şekil 3.12. Kromozomların iki noktadan çaprazlanması | 84 |
| Şekil 3.13. Çocuk kromozomların mutasyon işlemi | 87 |
| Şekil 3.14. Örnek 3 ve 6 numaralı adayın tercih ettiği kurumlar | 87 |
| Şekil 3.15. Hekim atama akış şeması | 89 |
| Şekil 4.1. Aday-Kurum Atama Grafiği..... | 97 |

GİRİŞ

Ülkemizin sosyal, coğrafi ve demografik yapısından dolayı, bölgelerimiz ve illerimiz arasında kamuda veya özel sektörde çalışanlara göre tercih edilebilirlik açısından birçok farklılıklar vardır. Buna pek çok neden gösterilebilir. Bu nedenlerden bazıları; güvenlik, sosyal ve kültürel imkanlar, eğitim olanakları, iklim şartları, ulaşım imkanları, merkezi yerlere uzaklığı, çalışma koşulları vb. gibi sıralanabilir. Bir ildeki ilçeler veya il merkezindeki kurumlar arasında dahi tercih edilebilirlik açısından farklılıklar söz konusu olabilmektedir. Bu farklılıklardan dolayı, kamuda istihdam edilen personel, bazı bölge ve illeri daha az tercih etmekte ya da hiç tercih etmemekte, bazı bölge ve illerde ise aşırı talepten dolayı bir yığılma söz konusu olabilmektedir. Bu yüzden çalışanlar, istediği kurumda çalışmamakta ve kurumlar arasında dengesiz dağılmaktadır. Bu durum bazı kurumların personel sıkıntısı çekmesi ve aynı zamanda çalışanların da istedikleri kurumda çalışmaması gibi problemlere sebep olmaktadır. Özellikle Sağlık Bakanlığı, Milli Eğitim Bakanlığı gibi kurumlarda bariz şekilde görünen benzer problemler diğer kurumlarda da karşılaşılmaktadır. Kurumlar, personel ihtiyacını karşılamak ve personelin istedikleri yerde çalışabilmesini sağlamak için yıl içerisinde birkaç kez yeniden atama yapmak suretiyle bu sıkıntıyı belirli ölçüde gidermeye çalışmaktadır. Bu problemi tamamen çözmemesinin yanı sıra, personelin sık değişmesinden kaynaklanan başka sorunlara neden olabilmektedir. Ayrıca personelin kurumlar arasında dengesiz dağılımı, kurumların daha kaliteli hizmet sunmasına ve personelin arzu ettiği kurumda çalışmasına engel teşkil etmektedir. Atama sırasında personelin istekleri azami ölçüde karşılanırsa, personel verimliliği, dolayısıyla kurum verimliliği artabilecektir. Personel, kurumlar arasında dengeli dağıtıldığı takdirde, kurumlardaki personel yetersizliğinden veya fazlalığından doğabilecek sorunlar da minimize edilmiş olacaktır. Personel ve kurum memnuniyeti arttırıldığında, hem personel hem de kurum hizmet kalitesi artacak aynı zamanda atama dönemleri uzatılarak, sürekli sirkülasyondan dolayı oluşabilecek problemler de azaltılabilecektir. Bunun yanında kurumlar arasında dengeli bir personel dağılımı olursa, personel dengesizliğinden dolayı yapılan geçici atamalar ve insan unsurundan kaynaklanabilecek problemler de elimine edilmiş olacaktır.

Bu çalışma, Sağlık Bakanlığına bağlı kurumlarda (devlet hastanesi, sağlık ocağı, dispanser vb.) farklı branşlarda (Kalp Damar, Ortopedi, Dahiliye, KBB, Kadın Doğum, Pratisyen hekim, vb.) istihdam edilen binlerce sağlık personelinin mevcut durumları, istekleri ve tercihleri doğrultusunda, kurumların da mevcut durumları, istekleri ve kısıtları dikkate alınarak, personelin kurumlar arası yeniden atanması işleminin optimizasyonu ile ilgilidir. Bakanlık bünyesinde istihdam edilen personelin atama ve nakilleri, Sağlık Bakanlığı Atama ve Nakil Yönetmeliğine göre gerçekleştirilmektedir (Mevzuat, 2007). Bu yönetmelikte halen 10'dan fazla atama ve nakil işlemi mevcuttur. Bunların birçoğu personelin özel durumu ile ilgili dar kapsamlı atama veya nakil işlemidir. Bunların uygulaması için, ilgili yönetmelik maddesinin el ile işletilmesi yeterlidir. Ayrıca bir algoritmaya ve çözüm yöntemi geliştirmeye gerek yoktur. İlk defa atama işlemi ise, basit bir algoritma ile kolayca yapılabilir. Ancak kurum içi yeniden atama, adaylar (personel) ve kurumlar açısından yerine getirilmesi gereken birçok istek ve koşul (kısıtlar) dikkate alınarak yapılması gereken karmaşık bir atama (yeniden yerleştirme) işlemidir. Bu işlem, belirli kısıtlar altında mümkün olduğu kadar adayların ve kurumların isteklerinin karşılanması ve aynı zamanda adayların kurumlar arasında dengeli dağıtılmasını gerektiren çok yönlü bir optimizasyon problemidir. Kurumlar arası yeniden atama işlemi, personelin tercih ettiği kurumda çalışabilmesi ve kurumların ihtiyaçlarının giderilmesi için, yılda üç kez (Ocak, Haziran, Eylül) yapılır (Mevzuat, 2007). Atama sırasında, kurumların ihtiyaçları ve adayların tercihleri doğrultusunda, il içi veya iller arası yeniden yerleştirme yapılmaktadır. Personelin yeniden yerleştirilmesi işleminde, hem kurumların ihtiyaçları göz önünde bulundurulmalı, hem adayların istekleri mümkün olduğunca yerine getirilmeli, hem de personelin kurumlar arasında dengeli dağıtılmasına özen gösterilmelidir.

Mevcut atama işlemine göre; adaylar, açık kadro belirleyen kurumlar içerisinde, en çok istediği kurumu birinci sırada olmak üzere, toplam beş kurum tercihi yaparlar. Adaylar, tercih önceliğine göre, hizmet puanı dikkate alınarak tercih ettiği kurumlardan birine yerleştirilmeye çalışılır. Bu şekilde yapılacak atamada, eğer adayın tercihleri arasındaki kurumların, istenen kadroları, atama sırasında, daha önce atanacak personel tarafından doldurulmuş ise aday atanmamaktadır. Bu yüzden puanı yüksek olan adayların atanma

ihtimali yüksek iken, puanı düşük olan adayların atanma ihtimali oldukça azalmaktadır.

Atama sırasında hem adaylar hem de kurumlarla ilgili yerine getirilmesi gereken birçok husus söz konusudur. Örneğin; atama esnasında, bir kurumdan atanarak ayrılacak adayın halen çalıştığı kurumun personel durumu dikkate alınmalıdır. Kurumların personel istekleri önceden belirlendiği için, kurumdan atanarak ayrılacak personel sayısının öngörülmesi mümkün olmadığından, atama sırasında ilgili branşta kurumda halen çalışan personelin tümü atanarak ayrılabilir. Bu, kurumu personel yönünden sıkıntıya sokacaktır. Çalışmada, bu duruma önlem olarak, kurumdan atanarak ayrılan personel kadar, kurumun istenen personel sayısı, atama esnasında güncellenerek artırılır. Böylece kurumun eksik olan personeli kadar, ya da ihtiyaç duyduğu personel kadar, yeni personel gelme imkanı sağlanmış olur. Başka bir husus ise, kurumlar, yerine yeni personel gelmiş olsa dahi mevcut personelinin tümünün atanarak ayrılmasını arzu etmemektedir. Bu nedenle atama sırasında, halen çalışan personelin ancak belirli bir oranının atanarak ayrılmasına izin verilmemelidir.

Atama sırasında adayların hangi kriterlere göre atanacağı Personel Atama ve Nakil Yönetmeliğinde (Mevzuat, 2007) belirtilmiştir. Mevzuata göre; adayın daha önce çalıştığı kurumlar, halen çalışmakta olduğu kurum, idari görevleri, yurt içi yurt dışı yayınları, mesleki faaliyetleri, akademik çalışmaları gibi kriterlerden oluşan hizmet puanı, kadro derecesi ve tercihleri dikkate alınarak ataması yapılmalıdır. Atama esnasında, adaylar arasında bir yarışma (racing: Birden çok adayın aynı kurumu tercih etmesi) durumu olduğunda, adayların hizmet puanı dikkate alınmalıdır. Hizmet puanı daha büyük olan aday diğerlerine göre atama önceliğine sahiptir. Eğer hizmet puanları eşit ise, kadro derecesi yüksek olan aday atama önceliğine sahiptir. Kadro dereceleri de eşit ise, görev süresi fazla olan aday öncelikli olarak atanmalıdır. Adaylar sadece tercih ettiği kurumlardan birine atanabilir. Atamada, adayların öncelikli tercihlerine yerleştirilmesine özen gösterilmelidir. Şartlar elvermediği takdirde aday atanmayabilir. Öte yandan, mümkün olduğu kadar çok adayın atanmasına gayret edilmeli ve aynı zamanda adaylar kurumlara dengeli dağıtılmalıdır.

Çalışmada, yukarıda bahsedilen hususlar göz önüne alınarak, Sağlık Bakanlığında istihdam edilen belirli bir branştaki personelin, yeniden atanması işleminin, kurumların mevcut personel durumu, ihtiyacı ve koşulları ile birlikte adayların hizmet puanı, tecrübesi, kadro derecesi, görev süresi ve tercihleri gibi

kriterlere göre adayların kurumlara dengeli bir şekilde yeniden yerleştirilmesi işleminin optimizasyonu yapılacaktır.

Problem büyük ölçekli, çok değişkenli (NP-Zor) ve kendine has bir atama problemidir. Problemin çözüm için sezgisel algoritmalarından faydalanılacaktır. Atama problemlerinin çözümü için sezgisel algoritmaların çok başarılı bir şekilde kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. İkinci Bölümde bunlarla ilgili bazı çalışmalar ele alınmaktadır. Problem, yarım asırdan fazla bir süredir pek çok problemin çözümünde başarı ile uygulanmış, sezgisel yöntemlerden olan Genetik Algoritma kullanılarak çözülecektir.

Çalışma dört bölümden oluşmaktadır. Birinci Bölümde atama problemleri ve daha önce yapılan çalışmalar, İkinci Bölümde sezgisel yöntemler ve genetik algoritma, Üçüncü Bölümde problemin genetik modellenmesi, Dördüncü Bölümde ise örnek uygulama ve sonuçlar verilmiştir.

BÖLÜM I ATAMA PROBLEMLERİ

1.1. ATAMA PROBLEMLERİNİN GENEL YAPISI

Yöneylem araştırmalarının temel problemleri arasında, görevlerin etkinliklere birebir optimum şekilde atanması işlemi de vardır. Atama problemleri; işçilerin işe veya göreve atanması, futbolcuların sahadaki görev dağılımı, gibi hususlarda en uygun şekilde nasıl atanacağını araştırılmasıdır. Atama probleminin temel amacı; görev sırasında toplam süreyi minimize etmek veya yeteneklerin ortaya koymanın maksimize edilmesi veya atama maliyetlerinin minimize edilmesi olabilir (Odior et all. 2010). Atama Problemleri ilk defa 1952 yılında Votaw ve Orden (Votaw, 1952) tarafından söz edilmiştir. Ancak klasik atama problemleri, Kuhn (1955) tarafından geliştirilen ve Hungarian Method (Macar Yöntemi) adıyla bilinen bir metot ile çözülmüştür.

Atama problemi, iki veya daha fazla veri setinin optimum şekilde eşleştirilmesi ile ilgilenen bir yöntemdir. Başka bir deyişle problem, m adet işçinin, n adet göreve veya makineye, minimum maliyetle nasıl atanacağı ile ilgilidir (Burkard, 2009). Problemin boyutu, eşleştirilecek veri setlerinin sayısına bağlıdır. Örneğin; işçi veri setinin, görev veri seti ile eşleştirilmesi. Burada işçi olarak insan veya makine olabilir. Klasik atama problemlerinde her göreve farklı bir işçi atanmalıdır. Bunun yanı sıra her işçi en çok bir göreve atanmalıdır. Bu tür atamaya bire bir atama (one-to-one assignment) denir. Bazen bir göreve birden çok işçi atanabilir. Bazı uygulamalarda aynı işçiye birden çok görev atanabilir (one-to-many assignment).

Atama problemleri, 1-0 lineer programlamanın özel bir türüdür. Literatürde atama problemlerinin pek çok farklı türüne rastlamak mümkündür (Pentico, 2007). Bunlardan bazıları;

- Klasik Atama problemleri (Classic assignment problem),
- Karesel Atama Problemi (The quadratic assignment problem),
- Çok kriterli atama problemi (Multi-criteria assignment problems),
- Tek yön kısıtlı atama problemi (The assignment problem with side constraints) v.b gibi sayılabilir.

1.2. ATAMA MODELİ

Klasik atama problemlerinde n adet işçinin m adet göreve, bire-bir (one-to-one), eşleştirilmesi yapılır. Genel atama problemlerinde problem dengeli olmalıdır. Yani işçi sayısı ile görev sayısı eşit olmalıdır ($n=m$). Eşleştirmede amaç atamanın toplam maliyetini minimize etmektir.

Çizelge 1.1'de m işçinin ve n adet göreve atanmasının modeli görülmektedir. Modele göre m adet işçi n adet işe yerleştirilecektir. İşçiler; $i=1,2,3,\dots,m$ ve görevler; $j=1,2,3,\dots,n$ ile gösterilmiştir. İşçi sayısı görev sayısına eşittir ($m=n$). C_{ij} ; i işçisinin j görevine atıldığı durumda maliyetini göstermektedir. Amaç; işçilerin görevlere en az maliyetle (optimum) atanmasını sağlamaktır. Problem kısıtı olarak; her işçi bir göreve ve her göreve bir işçi atanmalıdır.

Çizelge 0.1: Atama Modeli

| | | GÖREVLER | | | | | |
|---------|-----|----------|----------|----------|-----|----------|-----|
| | | 1 | 2 | 3 | ... | n | |
| İŞÇİLER | 1 | C_{11} | C_{12} | C_{13} | .. | C_{1n} | 1 |
| | 2 | C_{21} | C_{22} | C_{23} | .. | C_{2n} | 1 |
| | 3 | C_{31} | C_{32} | C_{33} | .. | C_{3n} | 1 |
| | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | m | C_{m1} | C_{m2} | C_{m3} | .. | C_{mn} | 1 |
| | | 1 | 1 | 1 | ... | 1 | |

Klasik atama probleminin matematiksel modeli aşağıdaki gibidir, (Taha, 2002:196-203):

Amaç fonksiyonu:

$$\text{Minimize } \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} c_{ij}$$

Kısıt fonksiyonları;

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad i = 1, \dots, m$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & , \text{eğer atama yapılmış ise} \\ 0 & , \text{atama yapılmamış ise} \end{cases}$$

Burada; i işçisi j görevine atanmış ise $x_{ij}=1$, aksi halde $x_{ij}=0$ dır. i işçinin j görevine atanması durumundaki maliyet ise c_{ij} dir.

Kısıt fonksiyonlarının birincisi, her göreve bir işçinin atanmasını, ikincisi ise her işçinin en çok bir göreve atanmasını garanti eder.

Problem dengeli değil ise (görev ve işçi sayıları farklıysa) dengeli hale getirilir. Bunun için yapay “dummy” işçi veya görev eklenmelidir. Yapay işçi veya göreve atama yapılmaz ve c_{ij} maliyet değeri de 0 (sıfır) olarak hesaplanır.

Genel atama problemlerinde problemin dengeli olmasına gerek yoktur. Yani işçi sayısı ile görev sayısı farklı olabilir ($n \neq m$). Bu durumda; işçi sayısı fazlaysa aynı göreve birden çok işçi atanabilir, görev sayısı fazla ise bir işçi birden çok göreve atanabilir. Bu durumda matematiksel model şu şekilde olacaktır (Pentico, 2007):

Amaç fonksiyonu:

$$\text{Minimize } \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} c_{ij}$$

Kısıt fonksiyonları;

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq 1 \quad i = 1, \dots, m$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \quad i = 1,2, \dots, m; \quad j = 1,2, \dots, n$$

Birinci kısıt fonksiyonu her işçinin en az bir göreve atanmasını, ikincisi ise her göreve en az bir işçinin atanmasını garanti eder.

Genel atama problemlerinin yerleştirme problemleri, araç rotalama, grup teknolojisi, çizelgeleme gibi birçok uygulama alanı bulunmaktadır (Tapkan, 2008). Fisher ve arkadaşları (1986) tarafından ispatlandığı gibi genel atama problemleri NP-zor bir yapıya sahiptir, dolayısıyla bu tür problemlerin çözümüne yönelik literatürde birçok çalışma yapılmıştır.

1.3. ATAMA PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

Optimizasyon problemleri karar değişkenlerinin sürekli veya süreksiz (kesikli) olmasına göre iki gruba ayrılır. Karar değişkenleri, kesikli veya süreksiz optimizasyon problemleri kombinatoriyel optimizasyon problemlerdir

(Engin, 2004). Atama problemleri de kombinatoriyel problemler grubundandır. Atama probleminin çözümü birçok değişik yolla elde edilebilir. Örnek olarak; kısıtlara uyan tüm alternatifler belirlenerek aralarından en küçük maliyete sahip olan seçilirse çözüm elde edilmiş olur. Ancak dikkat edilirse, atama probleminde ($m!$) uygun geçerli çözüm bulunmaktadır. Problemin büyüklüğü (m) arttıkça, uygun çözüm sayısı çok büyük bir hızla artacaktır. Örnek olarak $m = 100$ olduğunda uygun çözüm alternatifi sayısı $100! = 9.33 \times 10^{157}$ olacaktır. Bu olağanüstü çok sayıdaki uygun alternatiflerin her birinin teker teker belirlenmesi bilgisayarda dahi oldukça uzun bir zaman gerektirmektedir (Öner, 2003).

Atama problemlerinin çözümü için birçok algoritma geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları: Simplex algoritması, Graf yöntemi ve Kuhn'nun Macar yöntemi (Kuhn, 1955). Bunun yanında forest algoritması ve relaxataion tekniği de atama problemlerinin çözümü için kullanılan diğer yöntemlerdir (Odiar, 2010). Klasik atama problemlerinin çözümü için geliştirilen yöntemlerin listesi Burkard ve diğerleri (2009:128)'de görülebilir. Çözüm yöntemlerini fazla olması atama problemlerinin gerçek hayatta farklı türlerinin kullanıldığını göstergesidir.

Son otuz yıllık periyotta yönetim bilimi, bilgisayar, mühendislik gibi birçok farklı alanda bu tip problemler ortaya çıkmıştır. Kombinatoriyel optimizasyon problemlerinin büyük çoğunluğu, "NP-Zor" problemler sınıfında yer almaktadır. Bu tür problemlerin çözüm zamanı problem boyutuna bağlı olarak üstel artış gösterir. Kombinatoriyel optimizasyon problemleri için optimal veya yaklaşık çözümler elde etmeye yönelik metodların oluşturulması, bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler ile hız kazanmıştır. Fakat pratikteki bir çok kombinatoriyel optimizasyon problemlerinin optimal çözümünü veren etkin algoritmalar henüz geliştirilememiştir (Engin, 2004).

Literatürdeki pek çok çalışma göstermiştir ki, atama problemlerinin çözümünde sezgisel algoritmalar çok başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Sezgisel algoritmalarla yapılan çözümler optimum ya da optimuma çok yakın çözümler verdiği ispatlanmıştır. Bu çalışma "NP-Zor" problem grubuna girdiğinden, problemin çözümünde sezgisel yöntemlerden olan Genetik Algoritma kullanılacaktır.

1.4. LİTERATÜR TARAMASI

Atama problemlerinin ilk ortaya atıldığı 1950'lerden bu yana, problemle ilgili literatürde pek çok çalışmaya rastlamak mümkündür. Daha önce bahsedildiği gibi, atama problemlerinin farklı türleri mevcuttur. Geçen 60 yıl boyunca farklı atama problemi çözümü için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Yapılan çalışmalarda, problemin büyüklüğü arttıkça (30'den fazla değişkenli) sezgisel yöntemlerle çözülmesi daha uygun olduğu ifade edilmektedir (Misevicius, 2003a). Çözüm için klasik yöntemlerin yanında, problemin özelliğine göre farklı sezgisel algoritmalar da yararlanıldığını literatürde

görmek mümkündür. Yapılan literatür taramasında genel atama problemlerinde ve bu çalışmaya benzeren çalışmalarda kullanılan yöntemlerden bazıları bu kısımda ele alınacaktır.

Shmoys ve Tardos (1993) paralel makinelerde minimum maliyetle çizelgeleme problemini bir genelleştirilmiş atama problemine benzeterek, problemi yaklaşım algoritması kullanarak optimize etmişlerdir.

Chu ve Beasley (1997), genel atama probleminin genetik algoritma ile çözmüşlerdir. Genel atama problemini basit bir mantıkla genetik algortmada modellemişlerdir. Makalede atama problemleri için oluşturulan küçük orta ve büyük ölçekli veri setleri üzerinde çalışmış ve bu veri setleri üzerinde diğer yöntemlerle elde edilen sonuçlarla aynı sonucu ya da çok yakın sonuçları elde etmiştir. GA ile büyük ölçekli veri setleri (NP-Zor) üzerinde başarılı sonuçlar alınabileceğini göstermişlerdir.

Gambardella ve arkadaşları (1999) karesel atama problemi (Quadratic Assignment Problem - QAP) optimizasyonunda, hybrid karınca koloni sistemi algoritmasının yerel arama algoritmalarını kullanarak optimize etmeye çalışmışlardır. QAP'da kullanılan klasik yöntem ve en iyi sezgisel yöntemlerin karşılaştırmasını da yapmışlardır. Bunlar; tabu arama algoritması, hybrid genetik algoritma ve benzetimli tavlama algoritması metotlarıdır. Çalışmalarının sonucunda Karınca Kolonisi Algoritmasının atama problemlerin çözümünde neredeyse en iyi sezgisel algoritmaların çözümleri kadar başarılı olabileceğini göstermişlerdir.

Çizelgeleme problemleri de atama problemlerinin bir çeşididir. Caron (1999) bir hastanedeki hemşirelerin günlük nöbetlerinin atanmasını, kıdem ve tercihlerine göre optimizasyonunu genel atama problemi haline getirerek çözmüşlerdir.

Hava yolları personel uçuş nöbeti problemi (Airlines Crew Rostering Problem-ACRP) çok amaçlı çok kısıtlı bir atama problemidir. Problemin amacı personelin hangi uçuşlara atanacağını belirlemektir. Moudani ve arkadaşları (2001) çok amaçlı ACRP problemini genetik algoritma kullanarak çözmüşler ve havayolu şirketinin zararlarını azalttıklarını ve mürettebatın da memnuniyetinin arttırdıklarını iddia etmişlerdir.

Misevicius (2003a), karesel atama problemlerinin optimizasyonunu simulated annealing (tavlama-algoritması) (SA) algoritmasını ve tabu arama yaklaşımını birlikte kullanarak daha önceki SA algoritmaları ile çözümden daha iyi bir çözüm elde ettiğini ileri sürmektedir. Çalışmasında standart olarak sunulan QAPLIB (Burkard 1997) kullanmıştır.

Misevicius (2003b), karesel atama problemini hibrit genetik algoritma ile ruin and recreate (R and R) (Schrimpf, 2000), yardımıyla optimize etmiş ve küçük ve orta büyüklükteki (20-80 değişkenli) problemlerin çözümünde bilinen sezgisel algoritmalar kadar iyi sonucu daha az sürede elde etmiştir. R and R algoritmasının üstünlüğü basit genetik algortmaya göre daha az

başlangıç çözüm setiyle çözüme başlanabilmesi ve yerel minimumlara takılıp kalmadığı sürece mutasyona ihtiyacı olmamasıdır.

Drezner (2003), karesel atama problemlerine farklı bir genetik algoritma yaklaşımı kullanarak optimizasyonunu yapmaya çalışmıştır. Çalışmaya ayrıca tabu algoritmasını da katarak daha iyi bir sonuca gittiğini iddia etmiştir.

Toroslu (2003) standart atama probleminin farklı varyasyonlarını hiyerarşik sıralamalı kısıtlar altında tek taraflı graf kullanarak sezgisel yöntemle çözmüştür.

Wang (2004a, 2004b), klasik atama problemini, koloni yerleşim algoritması (Colony Location Algorithm- CLA) kullanarak çözmüşlerdir. CLA ile daha kısa sürede, yüksek güvenilirlik derecesinde optimum çözümü bulunduğunu iddia etmektedir.

Colucci ve arkadaşları (2004), atama problemini, atama işleminin işçinin yeteneklerine göre yapılmasını semantik tabanlı yaklaşımla (bkz. Sweetser, 1990) çözmüşlerdir.

Garrett ve arkadaşları (2005), Amerikan Deniz Kuvvetlerinde çalışan askerlerin rotasyonunu yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada, ABD deniz kuvvetlerinde çalışan denizci askerlerin yeniden ataması probleminin (United States Navy's Sailor Assignment Problem-SAP) Gale-Shape Algoritması (bkz. Kleinberg, 2006), ile elde edilen çözümü ile genetik algoritma ile elde edilen çözüm karşılaştırılmıştır. Makaleye göre, iki yılda bir yaklaşık 250 bin denizcinin yeniden atanması gerekmektedir. Bunun için denizciler öncelikle web ortamında kendilerine ait bilgileri, tercihlerini, isteklerini sisteme kaydederler. Daha sonra donanma tarafından bu bilgiler gözden geçirilip, her denizcinin başvurduğu pozisyona uygunluğu kontrol edilerek, uygunluk derecesine göre sıraya konur. Bu esnada denizcinin tercih etmediği ve denizciye daha uygun bir pozisyon bulunmuş ise denizci ile irtibata geçilip tercihleri gözden geçirmesi sağlanır. Problem, karmaşık bir atama problemidir. N adet denizciden her biri M adet pozisyon içerisinde denizcinin kendi tercih ettiği pozisyonlardan birine atanmalıdır. Denizcilerin memnuniyetini maksimizasyon ve donanmaya olan toplam maliyetin de en az olması amaçlanmaktadır. Gale-Sahpe algoritması çok amaçlı problemlerin çözümünde yetersiz olduğundan, Gale-Shape tek maliyet amaçlı olarak başarılı sonuç vermesine rağmen, denizcilerin arzu etmedikleri işlerde çalışmasına ve morallerinin bozulmasına neden olmakta ve verimi düşürmektedir. Dolayısıyla sadece maliyete odaklanmak yerine denizcilerin memnuniyetlerinin de dikkate alan bir atama yapılması gerektiği ilkesinden yola çıkarak, hem maliyetleri en aza indirecek, hem de denizcileri memnun edecek bir atama yapılmalıdır. Bu durumda problem çok amaçlı problem haline getirilmiştir. Artık problemin Gale-Shape ile çözülmesi mümkün değildir. Problem çok amaçlı problem haline geldiğinden bu tür problemlerde başarılı sonuçlar elde edilen genetik algoritma kullanılarak problem çözülmüştür. Genetik algoritma ile dikkate değer maliyet tasarrufu sağlayacak çözüm elde etmişlerdir. Çalışmalarında

genetik algoritmanın farklı versiyonlarını kullanarak alternatif çözümler elde etmişler ve böylece karar vericilere seçenekli bir çözüm sunmuşlardır (Garrett et all. 2005).

James ve arkadaşları (2005), çok parametrelili QAP optimizasyonunun klasik sayısal yöntemlerle çok zor olduğundan, bu tür problemlerin sezgisel yöntemlerle çözümünün daha kolay olacağını öne sürerek, bu tür problemler için en iyi aday algoritmaların sezgisel yaklaşımlar olabileceğini iddia etmişlerdir. Çalışmalarında, QAP optimizasyonu için sequential ve parallel path-relinking algoritmalarından faydalanmışlardır. Geliştirdikleri yöntemin literatürde bu tür problemin çözümü için geliştirilen diğer tüm yöntemlerle yarışabilecek bir yöntem olduğunu savunmaktadırlar.

Yine aynı problem için Garret (2007), hibrit çok amaçlı evrimsel algoritma (Multiobjective Evolutionary Algorithms – MOEAs) kullanarak seçenekli çözüm sunmuştur. Böylece problemin çözümü için bir çözüm bölgesi oluşturulmuştur. Bulduğu çözümü Strength Pareto Evolutionary Algorithm (SPEG2) (bkz. Zitzler 2001), Nondominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA-II) (Deb, 2002) ve CHC genetik algoritma (Eshelman, 1991) ile bulunan sonuçlarla mukayese etmiştir.

Toroslu ve Arslanoğlu (2007) personel atama problemine iki taraflı grafta hiyerarşi ve takım kısıtları ekleyerek, atama problemlerinin çok-kriterli ve çok amaçlı bir türevi şeklinde ele almışlardır. Grafiğin kenarlarına atanmış ağırlıkların toplamının maksimizasyonunun yanında, hiyerarşik sıralamayı minimize edilmesi gereken kriterler olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada, problemi çözmek için genetik algoritmanın farklı yaklaşımlarını kullanmışlar ve elde edilen sonuçlar mukayese etmişlerdir.

Peters ve Zelewski (2007), işyerinin haftalık çalışma günü sayısı, günlük çalışma saati, iş güvenliği, işyerindeki hava kirliliği, gürültü kirliliği, bina güvenliği, iletişim olanakları, ofis büyüklüğü kriterleri altında, işçilerin yetenek, beceri ve tercihleri dikkate alınarak, işçilerin işyerlerine yerleştirme işlemini analitik hiyerarşi süreci (Analytic Hierarchy Process-AHP) (bkz. Saaty, 1980) ile gerçekleştirmişlerdir.

Sahu ve Tapadar (2007) genel atama probleminin optimizasyonunu genetik algoritma (GA) ve tavlama algoritması ile çözmüşlerdir. GA ile çözümden kodlama yaparken, kromozomların eşsiz olması için kısmi eşleştirme çaprazlamasından (Partially Matched Crossover - PMX) faydalanılmıştır. Tavlama algoritmasında ise Newton Soğuması (Newton Coolonig) kullanmışlardır. Çözümlerde algoritmaların parametrelerini değiştirerek parametrelerin çözüm üzerindeki etkilerini incelemişlerdir.

Dipankar ve arkadaşları (2008), (Sailor Assignment Problem) SAP probleminin çözümünde işlem süresini azaltmak için bir ön çözümle başlayıp asıl çözümü daha kısıtlı bir bölgede aramışlardır. Ön çözüm işlemini Kuhn-Munkers Algoritması (Macar algoritması) yöntemiyle yapmışlar ve çözüm kümesini daraltmışlardır. Daha sonra kalan çözüm kümesi içerisinde en iyi

çözümü bulmak için genetik algoritmayı kullanarak daha kısa sürede önceki buldukları çözüme yakın çözümler elde etmişlerdir.

Korkmaz ve arkadaşları (2008), askeri personelin tekrar atanması problemini sosyal ve coğrafik koşullar ve adayların eğitimi, tecrübesi, yetenekleri gibi kriterlere göre adayların mümkün olduğu kadar istedikleri yere atanması şeklinde analitik hiyerarşi süreci ve iki taraflı eşleştirme (two-side matching) yöntemlerini kullanarak çözmüşlerdir. Problemden, silahlı kuvvetlerdeki personel iki ile dört yılda bir rotasyon işlemlerine tabi olmaktadır. Rotasyon işlemlerinde, ordu personelinin moralinin yüksek tutulması istenmektedir. Bu yüzden rotasyonlarda personelin durumundaki değişiklikler de dikkate alınmalıdır. Ayrıca her yıl silahlı kuvvetlerin yapısı, birimler ve pozisyonlar sürekli değişiklik göstermektedir. Bunun yanında askeri personelin farklı yetenekleri ve tecrübeleri, güçlü geçmişi ve kariyerlerinin de rotasyonda dikkate alınması gerekmektedir. Böylece personel, yeteneklerine uygun bir birimde çalışacak ve daha verimli olabilecektir. Öte yandan, personelin rütbesine ve tecrübesine uygun bir pozisyona atanması da sağlanacaktır. Bütün bu durumlar dikkate alınarak bir yerleştirme yapmışlardır.

Gong ve Tuson (2008), karesel atama problemlerinde optimizasyon için Parçacık Sürü Algoritmasından (Particle Swarm Optimization-PSO) yararlanmış ve bunun genetik algoritma kullanımına bir alternatif olabileceğini ifade etmişlerdir.

Huang ve arkadaşları (2009), iki amaçlı personel atama problemini bulanık mantık (fuzzy-logic) (bkz. Ragin 2000, Zadeh 1965) karar verme tekniklerini kullanarak gerçekleştirmişlerdir.

Lui ve Geo (2009), atama problemlerinin bir uygulaması olan dengeli dağılım (equilibrium) multi-job, karesel (quadratic) atama problemlerini fuzzy parametrelerle formüle ederek genetik algoritma yardımıyla çözmüşlerdir.

Chakraborty ve arkadaşları (2010), öğrencilerin kolejlere yerleştirilmesi işlemini, öğrencilerin tercihlerine ve yeteneklerine göre, kolejlerin kriterleri doğrultusunda iki taraflı eşleştirme (Two-sided matching) problemi şeklinde çözmüşlerdir.

Bu çalışma, Gareth ve Arkadaşlarının (2005) Amerikan Deniz Kuvvetlerinde çalışan askerlerin rotasyonu için yaptıkları çalışma ile benzerlik göstermektedir, burada kullanılan yöntemlerden yola çıkılarak çalışma gerçekleştirilmiştir.

BÖLÜM II

SEZGİSEL YÖNTEMLER VE GENETİK ALGORİTMA

1.1. SEZGİSEL YÖNTEMLER

Doğada yaşayan canlılar tarafından basit bir mantıkla milyonlarca yıldır etkili bir şekilde kullanılan yöntemler hayatımızdaki pek çok karmaşık problemin çözümünde ilham kaynağı olmuştur. Bilim ve teknolojideki gelişmeler sayesinde doğada yaşayan canlıların davranışlarını ve doğayı daha iyi anlayabilmek mümkün hale gelmiştir. Canlıların o basit ama son derece etkili yöntemlerini anlama ve bunu kendi problemlerimizin çözümünde kullanma imkanı da doğmuştur. Böylece doğadaki biyolojik ve sosyal sistemlerin yöntemleri taklit edilerek, birçok problemin çözümü için kullanılacak algoritmalar geliştirilmiştir. Bu tür algoritmalarda özellikle birbiriyle ve çevresiyle etkileşim içinde olan basit bireylerin birliktelik davranışları incelenmiş; bireylerin birlikte etkileşimli davranış sergilediklerinde bir “sürü zekası” ortaya çıkardığı gözlemlenmiştir. Bu tür algoritmalar günlük hayata, NP-Zor dediğimiz, çözümü klasik yöntemlerle neredeyse imkansız olan problemlerin çözümünde yeni çözüm yöntemi olarak uygulanmaktadır. Literatürde bu türden algoritmaların farklı problemlerin çözümünde kullanıldığı pek çok çalışmaya rastlamak mümkündür. Çeşitli problemlerin çözümü için kullanılan sezgisel algoritmalarından bazıları aşağıda açıklanmaktadır.

Karıncaların yuvaları ile yiyecek arasında en kısa yolu seçebilmelerini taklit eden karıncaların davranışlarından esinlenerek karınca kolonisi optimizasyon algoritması (Ant Colony Optimization - ACO) geliştirilmiştir. ACO algoritması birçok probleme uygulanarak başarılı sonuçlar elde edilmiştir (bkz. Dorigo ve Maniezzo, 1996).

Bal arılarının çevrelerindeki en iyi nektar bölgelerini keşif edebilmeleri ile ilgili arıların davranışlarını taklit eden yapay arı kolonisi algoritması (artificial bee colony-ABC) geliştirilmiş ve birçok problemin çözümünde kullanılmaktadır (bkz. Karaboğa, 2007).

Kuş ve balık sürülerinin sosyal davranışlarından esinlenilerek popülasyon temelli sezgisel bir optimizasyon tekniği olan parçacık sürü optimizasyonu (Particle Swarm Optimization - PSO) elde edilmiştir (bkz. Kennedy, 1995).

Sürülerin yiyecek durumuna göre yerleşim yeri seçiminden esinlenen, koloni yerleşim algoritması (Colony Location Algorithm - CLA) geliştirmiştir (bkz. Wang 2004a, 2004b, 2008).

Yine doğadaki olayların taklidi olan yapay sinir ağları (YSA), insan beyninin bilgi işleme yöntemlerinden esinlenerek geliştirilmiş bir bilgi işleme algoritmasıdır (bkz. McCulloch ve Pitts, 1943).

İnsan vücudundaki doğal bağışıklık sisteminin çalışma prensibine göre oluşturulmuş, rassal arama tabanlı sezgisel algoritmalarından biri de Yapay Bağışıklık Sistemidir (Artificial Immune System - AIS) (bkz. Hofmeyr ve Forrest, 1999).

Kirkpatrick ve arkadaşları (1983), bir metalin soğuyarak ve donarak minimum enerjili kristal yapısına dönüşmesi (tavlama süreci) ile daha genel bir sistemde minimumun araştırılması arasındaki benzerlikten yararlanarak benzetimli tavlama (BT) adında bir optimizasyon algoritması geliştirmişlerdir (Cura, 2008).

Doğada güçlü olanlar hayatta kalır, zayıf olanlar yok olur kuralından yola çıkarak evrimsel algoritma (EA) ve onun bir türevi olan genetik algoritma (GA) geliştirilmiş ve bilim, ticaret ve mühendislikte çeşitli problemlerde arama ve optimizasyon algoritması olarak çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Geliştirilen bu sezgisel yöntemler genel olarak üç grupta toplanabilir. Biyolojik tabanlı, Fizik tabanlı ve Sosyal tabanlı algoritmalar. GA, EA, AIS, YSA algoritmaları biyolojik tabanlı algoritmalarlardır. BT, fiziksel tabanlı algoritmadır. PSO, CLA, ACO, ABC, Tabu Search algoritmaları ise sosyal tabanlıdır.

Çalışmanın bu kısmında uygulama bölümünde kullanılacak olan evrimsel algoritma ile genetik algoritma konularında ayrıntılı bilgi verilecektir.

1.2. EVRİMSSEL ALGORİTMA

Evrimsel algoritma, arama, optimizasyon, makine öğrenme gibi problemlerin çözümünde kullanılan popüler algoritmalarından biridir. Genetik algoritma, evrimsel strateji ve evrimsel algoritmanın farklılaşmış halidir (Whitley, 2001).

Evrimsel Algoritma, biyolojideki evrimsel süreçten esinlenerek geliştirilmiş, “güçlü olanlar hayatta kalır” diye ifade edilen, doğal seçim ilkelerine dayanan bir arama ve optimizasyon yöntemidir. Evrimsel algoritma daha çok “evrimsel hesaplama tekniği” veya “evrimsel teknik” olarak bilinir. Evrimsel algoritma çeşitli karmaşık mühendislik problemlerinin çözümünde kullanılan bir araçtır. Sürekli optimizasyon için evrimsel algoritmalarla ilgili araştırmalar Back ve Schwefel (1993) tarafından yapılmıştır. Mutasyon ve seçim yöntemlerini sürekli optimizasyonda ağırlıklı olarak kullanan araştırmalar Schwefel (1981) tarafından yapılmış ve algoritmanın ismi evrim stratejisi olarak tanımlanmıştır.

Şekil 2.1’de doğadaki evrimsel süreçle onun modellenmesi arasındaki ilişki görülmektedir. Doğada güçlü olanlar hayatta kalır, zayıf olanlar yok olur. Görüleceği üzere modelleme neredeyse doğanın bire bir aynısıdır. Tabi ki doğadan farklı olarak modelleme üzerinde yeni geliştirmeler yapılabilir.



Şekil 1.1: Doğadaki evrimsel sürecin evrimsel algoritmaya dönüşümü
Kaynak: Branke, 2008.

Doğadaki Evrim

- Birey (Individual)
- Çevre (Environment)
- Fitness/ Ne kadar uyumlu
- En iyilerin hayatta kalması
- Mutasyon (mutation)
- Çaprazlama(crossover&offspring)

Evrimsel Algoritma (yapay)

- Potansiyel Çözüm
- Problem
- Uygunluk/Maliyet/Çözümün kalitesi
- İyi çözümler tutulmalıdır
- Rastgele küçük değişiklik
- Belirli çözümlerin tekrar karıştırılması

Evrimsel algoritmanın problem çözümü için bilgisayar ortamında programlanmasına Evrimsel Programlama (EP) denir. Evrimsel programlama, Fogel (1966) tarafından geliştirilmiştir. Evrimsel algoritma genetik algoritmadan farklı olarak, tek bir birey (kromozom) de yeni çocuk (yeni kromozom) oluşturabilir (Cura, 2008). Evrimsel Programlama Algoritması (EPA) Liste 2.1’de gösterilmiştir (Branke, 2008).

Liste 1.1: Evrimsel Programlama Algoritması.

- 1: Başlangıç Popülasyonu oluşturulur (çözüm kümesinin belirli sayıdaki elemanı).
- 2: Amaç fonksiyonuna göre bireylerin UYGUNLUK DEĞERİ hesaplanır
- 3: **repeat**
- 4: Ebeveyn SEÇİMİ yapılır
- 5: Seçilen Ebeveynlerin ÇAPRAZLANMASI yapılır
- 6: Elde edilen yeni Çocuk Bireylerin MUTASYON’a Uğrattılır
- 7: Çocuk Bireylerin UYGUNLUK DEĞERİ hesaplanır
- 8: Çocuk Bireylerin Popülasyona ekleniri
- 9: Popülasyondaki en uygun değere sahip belirli sayıdaki bireyden YENİ NESİL popülasyon oluşturulur
- 10: **until** bitirme kriterleri sağlanana kadar tekrarlanır

1.3. GENETİK ALGORİTMANIN TEMELLERİ

Genetik Algoritma doğal genetik ve doğal seçim algoritmalarından esinlenmiş sayısal bir optimizasyon algoritmasıdır (Coley, 1999). Genetik Algoritma metodu, ilk defa Holland (1975) tarafından uygulanmaya başlanmıştır. Daha sonra Holland'ın öğrencisi olan Goldberg tezinde; gaz boru hattının kontrolünü içeren bir problemin çözümünü genetik algoritma ile gerçekleştirmiştir (Çunkaş, 2006). Temel ilkelerinin ortaya atılmasından sonra, genetik algoritmalar, birçok bilimsel çalışmada kullanılmıştır. Genetik algoritma, atama, çizelgeleme, mekanik öğrenme, tasarım, hüresel üretim gibi alanlarda başarılı sonuçlar veren uygulamalarda kullanılmıştır. Özellikle son on yıllarda, genetik algoritmalar bilim, ticaret ve mühendislikte çeşitli problemlerde arama ve optimizasyon algoritması olarak çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bunun asıl nedeni, kolay uygulanabilir ve genel kabul görmüş olmasıdır. Genetik algoritma ile yapılmış farklı çalışmalar Mitchell (1999)'in çalışmalarında ele alınmıştır.

Genetik algoritmalar arama ve optimizasyon için sezgisel yöntemlerdir. Geniş arama algoritmalarının aksine, genetik algoritmalar en iyiyi seçmek için tüm farklı durumları üretmez. Bundan dolayı, mükemmel çözüme ulaşamayabilir. Fakat zaman kısıtlamalarını hesaba katan en yakın çözümlerden biridir. Genetik algoritmalar şartlara uyum sağlayabilir. Bunun anlamı, önceden hiç bilgisi olmamasına karşın, olayları ve bilgiyi öğrenme ve toplama yeteneğine sahip olmasıdır (Tektaş, 2010:135).

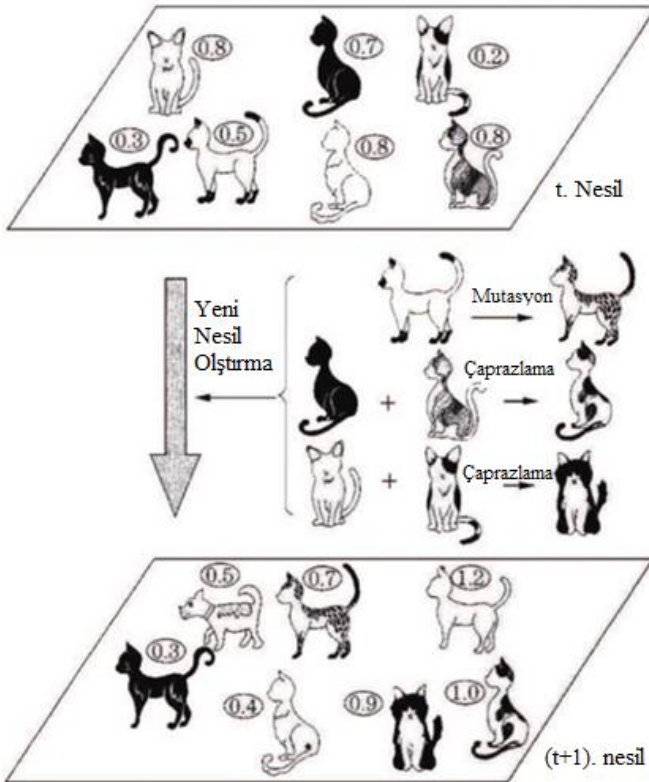
Genetik algoritmalar problemlere tek bir çözüm üretmek yerine farklı çözümlerden oluşan bir çözüm kümesi üretir. Böylelikle, arama uzayında aynı anda birçok nokta değerlendirilmekte ve sonuçta optimum çözüme ulaşma olasılığı yükselmektedir. Çözüm kümesindeki çözümler birbirinden tamamen bağımsızdır (Wikipedi, 2012).

Genetik algoritmanın bilgisayar ortamında bir programlama dili yardımıyla gerçekleştirilmesine ise Genetik Programlama adı verilir (İlba, 2010). Genetik Programlama ile genetik yapı bilgisayar ortamında taklit edilerek problemlerin çözümünde kullanılır. Problemin çözüm uzayındaki her bir olası çözüm, bir kromozom ile ifade edilir. Olası çözümlerin oluşturduğu kromozomlar (bireyler) popülasyonu oluşturur. Bireyin güçlü olup olmaması, hayatta kalıp kalamayacağını belirler. Aynı şekilde bir kromozomun popülasyonda kalıp kalmayacağını kromozomun sunduğu olası çözümün diğerlerine göre göreceli değeri belirler. Bu değere uygunluk değeri (fitness) denir. Popülasyondaki daha uygun değere sahip olan kromozomlar olası çözüm adayları olarak hayatta kalırken uygunluk değeri diğerlerine göre daha az olanlar da popülasyondan atılacaklardır. Belirli kurallara göre seçilen ebeveyn bireylerin eşleştirilmesiyle yeni bireyler (çocuk) oluşturulur ve yeni nesil popülasyona eklenir. Popülasyondaki daha iyi uygunluk değerine sahip bireylerden yeni nesil popülasyon oluşturulur. Bu işlem optimum çözüme ulaşana kadar veya belirtilen süre veya sayı kadar tekrarlanır. Sonuçta en son

popülasyondaki bireyler en iyi uygun değerine sahip bireylerdir. Başka bir deyişle genetik süreçten geçerek elde edilen yeni popülasyon optimum çözümü verebilecek çözüm kümesini oluşturur.

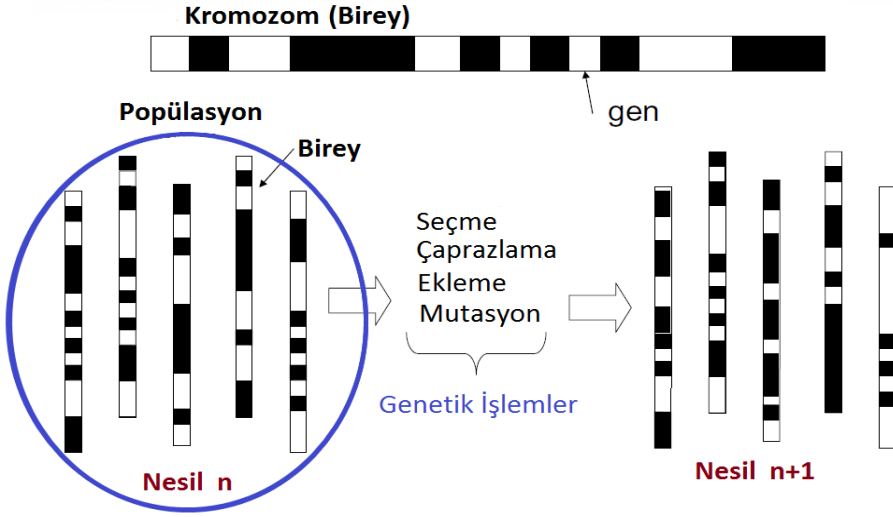
Genetik algoritmada kromozomların (bireylerin) kodlanması problemin çözümünün en önemli aşamasını oluşturur. Her kromozom çözüm kümesinin bir üyesi olduğundan, problemin yapısına uygun bir kromozom oluşturulmalı ve kodlanmalıdır. Kromozomların çözüm kalitesi uygunluk değerlerine (fitness) göre değerlendirilir. Bir bireyin popülasyonda kalıp kalmayacağı, çaprazlama için seçilip seçilmeyeceği uygunluk değerine göre belirlenir. Bu yüzden problemin amaç fonksiyonuna göre uygunluk değerinin hesabı için oluşturulacak fonksiyon problemin amacına tam hizmet etmelidir. Aksi takdirde optimum çözüme ulaşmak imkansız hale gelir.

Şekil 2.2’de bir evrimsel sürecin nasıl gerçekleştiği görülmektedir. Yeni nesil oluşturmak için; rastgele oluşturulmuş başlangıç popülasyonu ile başlanıp sırasıyla seçme, çaprazlama, mutasyon işlemleri tekrarlanarak daha iyi nesiller elde edilebilir.



Şekil 1.2: Evrimsel oluşum süreci Kaynak: (Ilba, 2010; 4)

Şekil 2.3’de görüldüğü gibi genetik algoritmada genler, kromozom (birey) yapısını (kromozom dizisi), kromozomlar kümesi de popülasyonu oluşturur. Yeni nesil (yeni popülasyon) oluşturmak için bir takım genetik işlem (seçme, çaprazlama, mutasyon) yapmak gerekmektedir. Her yeni popülasyon bir önceki popülasyondan daha iyi bir çözüm kümesi sunacaktır. Popülasyonun uygunluğu, belirli kurallar dâhilinde maksimize veya minimize edilir. Her yeni nesil, rastgele bilgi değişimi ile oluşturulan diziler içinde hayatta kalanların eşleştirilmesi ile elde edilmektedir (Angeline, 1995).

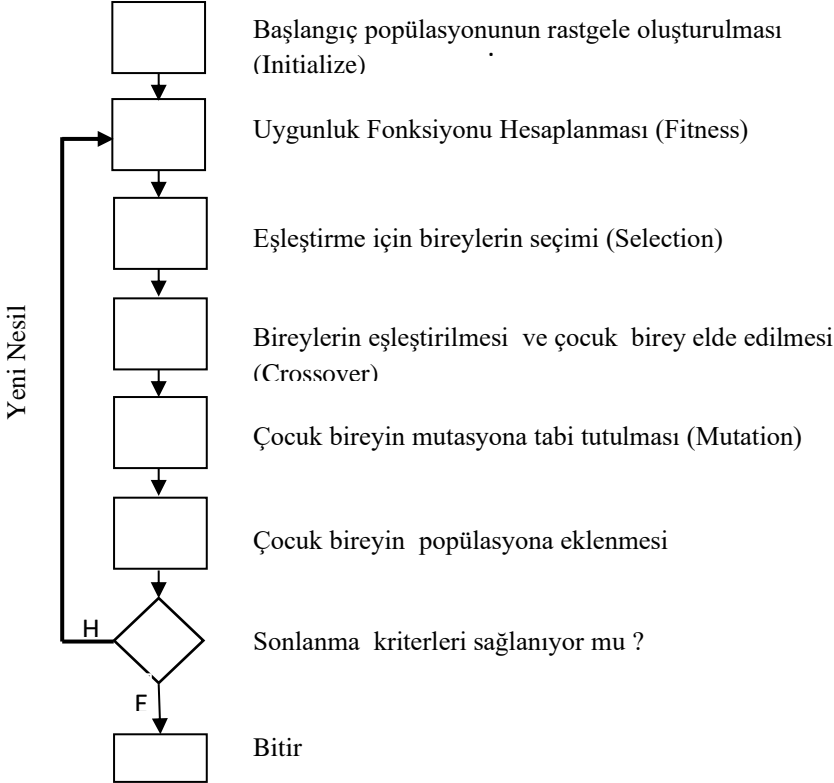


Şekil 1.3: Genetik Algoritmanın Terminolojisi Kaynak :Weck, 2004.

Genetik algoritmada kromozom yapı taşı olan gen temel kalıtım birimidir. Genler, her biri farklı karakteristiği temsil eden ve kromozomu oluşturan yapılardır. Her bir genin alabileceği farklı formlara ise “allel” denir (Curtis,1975). Örneğin; allel değerine göre insanın gözünün biri mavi olurken diğeri kahverengi olmaktadır. Kromozomlardaki allel’lerin kombinasyonları fertlerin kişisel özelliklerini belirler. Birey üzerinde allel’lerden biri baskın olurken diğeri pasif olabilmektedir (Çunkaş, 2006).

Bir genetik algoritma sürecinin akış diyagramı Şekil 2.4’de gösterilmiştir. Birinci adımda, genetik algoritma başlangıç popülasyonu olası çözüm kümesinden rastgele oluşturulmuş bireylerden oluşur. İkinci adımda popülasyondaki bireylerin uygunluk değerleri (fitness) hesaplanır. Üçüncü adımda ise, yeni nesiller oluşturmak üzere eşleştirme için ebeveyn seçimi yapılır. Dördüncü adım olarak seçilen ebeveynler belirli bir kurala göre çaprazlanır. Beşinci ve altıncı adımlarda çaprazlama sonucu yeni oluşan çocuk bireyler mutasyona uğrattılır ve yeni nesil popülasyonuna eklenir. Bu işlem sonlanma kriteri sağlanıncaya kadar devam ettirilir. İşlem sonlandığında

popülasyondaki bireylerin optimum çözüme yakın bireylerden oluştuğu söylenebilir (uygunluk değeri en iyi olan bireylerdir). Bu adımların her biri izleyen bölümde detaylı olarak ele alınacaktır.



Şekil 1.4: Yeni popülasyon oluşum adımları Kaynak: Weck, 2004.

1.4. GENETİK ALGORİTMA TERMİNOLOJİSİ

Kromozom: Bir bireyin tam ifadesidir ya da olası çözüm kümesinin bir elemanıdır.

Gen: Hücrenin kromozomlarında bulunan, canlı bireylerin kalıtsal karakterlerini taşıyıp ortaya çıkışını sağlayan ve nesilden nesile aktaran kalıtım faktörleri. Genetik unsurun en küçük parçası, bir kromozomun içerisindeki tek bir özelliktir.

Allel: Bir genin alabileceği değerdir. Örneğin saç renginin bir gende temsil edildiği durumlarda bu genin allel'leri; sarı, siyah ve kahverengi gibi, veya bir gen 0 ve 1 rakamlarından oluşabilir.

Uygunluk (Fitness): Kromozomun amaç fonksiyonuna göre hesaplanması.

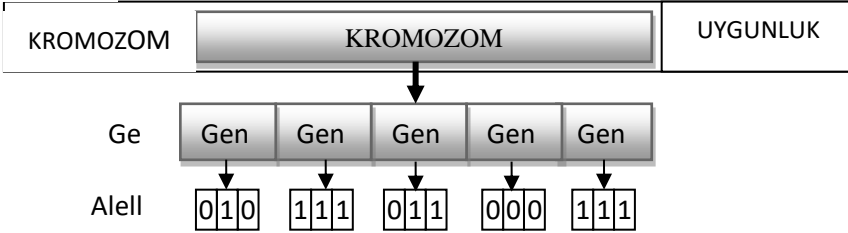
Çaprazlama (Crossover): Seçilen iki ebeveynin farklı genlerinden yeni çocuk birey oluşturma işlemidir.

Mutasyon: Bir kromozomun bazı genlerinin değiştirilmesidir. Bu sayede problemin çözümü yerel optimumdan kurtulur ve global optimuma yönelmesi sağlanır.

Genotip: Bir kromozomun temsil edilmiş biçimidir. Örneğin kromozomun genleri 0 ve 1 ile temsil ediliyorsa, genotipi “01011” biçiminde olabilir.

Şekil 2.5’de Genetik Algoritmada ve Evrimsel Algoritmada kullanılan bir bireyin (kromozom) yapısı gösterilmiştir. Şekle göre, kromozom genlerden oluşmakta, genler ise alabileceği değere göre farklı alell’lere sahiptir. Her kromozom çözüm uzayının bir parçası olduğundan, kromozomun kalitesini uygunluk değeri belirler.

BİREY



Şekil 1.5: Genetik algoritmada bir bireyin (Kromozom) yapısı
Kaynak : (Alba, 2008: 9)

1.5. GENETİK KODLAMA

Problemin genetik yapısını bilgisayar ortamında taklit etmek için uygun bir kodlama ile ifade etmek gerekir. Genetik algoritmanın temel taşı genlerdir. Genlerin birleşmesiyle kromozomlar oluşur. Kromozomlar olası çözüm kümesinin bir elemanıdır. Bu yüzden kromozom yapısının sağlıklı bir şekilde oluşturulması (kodlanması) gerekmektedir. Kodlama işlemi ikili (binary) ve gerçek kodlama olarak iki başlık altında incelenebilir.

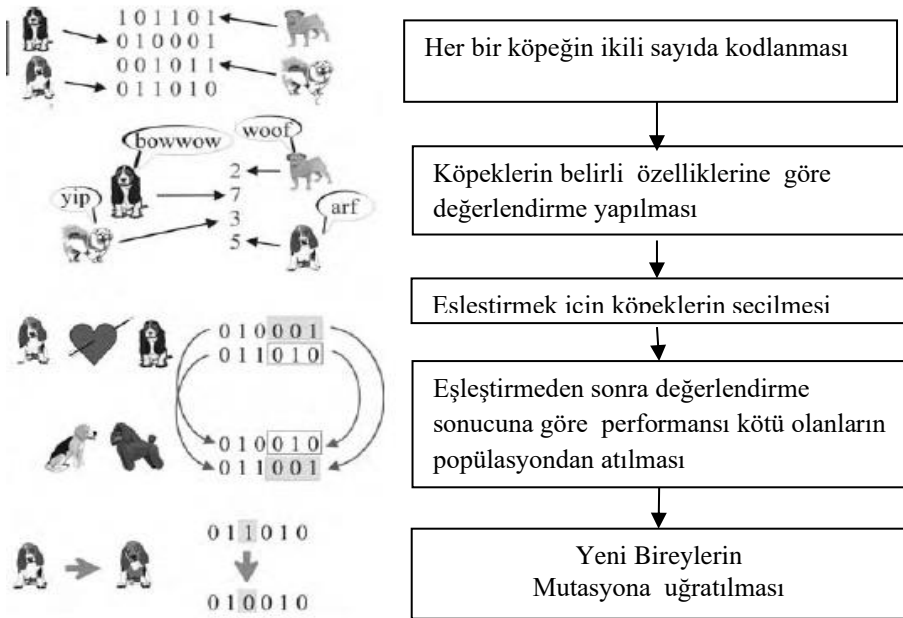
2.5.1. İkili Kodlama

İkili kodlamada her bir gen (özellik) 0 veya 1 (bit) ile ifade edilir. Belirli miktardaki ikili rakamların birleşmesiyle elde edilen küme bir kromozomu meydana getirir. Bunun yanında her bir gen 0 ve 1 kümelerinden de oluşabilir. Şekildeki kromozomB’de genler üçer bitlik kodlama ile oluşturulmuştur. Her gendeki üç bitten (allel) her biri farklı bir özelliği ifade etmektedir.

| | | | | | | | |
|-----------|-----|-----|-----|-----|---|---|---|
| KromozomA | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| KromozomB | 101 | 011 | 110 | 111 | | | |

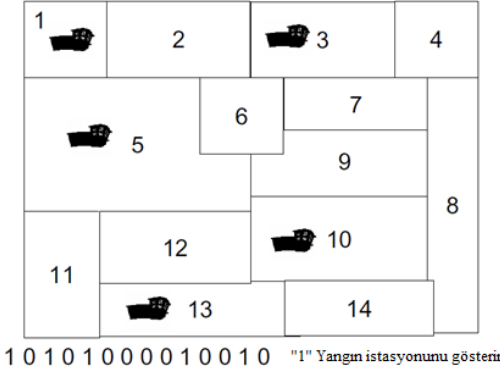
Şekil 1.6: İkili kromozom kodlama

Şekil 2.7’de her köpek, genler 0 ve 1’den elde edilmiş altı bitten oluşan bir kromozom ile ifade edilmiştir. Her köpeğin her farklı özelliği bir bit (0,1) ile gösterilmiştir. Başka bir deyişle bir köpeği gösteren ikili sayılardaki her bit farklı bir özelliğini ifade etmektedir. Köpekler istenen özelliklerine göre bir değerlendirmeye tabi tutulurlar ve bu değerlendirme sonucu istenen özelliği en iyi olan (en uygun olan) iki köpek seçilerek eşleştirilir. Eşleştirme sonucu elde edilen yavru köpekler de özelliklerine göre değerlendirilerek popülasyona dahil edilir. Değerlendirme sonucu uygunluğu en kötü olan köpek ya da köpekler popülasyondan atılır. Popülasyonda kalan köpeklerin bir kısmı (mutasyon oranı, örneğin:0,2) mutasyon işlemine tabi tutulur. Bu işlem adımları sonlandırma kriterleri sağlanan kadar tekrarlanır. En son popülasyonda kalan köpeklerin, başlangıç popülasyonundaki köpeklere göre daha uygun özelliklere sahip (arzu edilen özelliklere sahip) köpekler olması beklenir. Böylece farklı özelliklere sahip köpekler eşleştirilerek istenilen özelliklere sahip yeni köpekler elde edilebilecektir.



Şekil 1.7: Biyolojideki genetik yapı ile sayısal genetik algoritma arasındaki benzerlik ve ikili kodlama örneği. Kaynak :Haupt, 2004:28.

Şekil 2.8’de bir yangın istasyonu yerleşim probleminin ikili kodlaması gösterilmiştir. 14 adet yerleşim yerine, her yerleşim yerine bitişik bir istasyon olacak şekilde en az istasyonun nasıl yerleştirileceğine dair bir problemin GA ile çözümünün ikili kodlamasının nasıl yapılacağı gösterilmiştir. İstasyon kurulacak yerler 1 ile, diğer yerler ise 0 ile gösterilmiştir. İstasyon yerleri; 1...14 şeklinde dizinin indisi olarak gösterilmiştir. Buna göre olası çözümü gösteren kromozom yapısı Şekil 2.9’daki gibi olacaktır.



Şekil 1.8: Yangın istasyonu yerleşim problemi gösterimi
Kaynak :Weck, 2004.

Dizi indisi
(yerleşim yeri)

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |

Şekil 1.9: Yangın istasyonu yerleşim probleminin kromozom yapısı.

Örnek kromozom yapısına göre, bu şekilde rastgele başlangıç kromozomları oluşturulup genetik algoritma sürecinden geçirilerek istasyonların optimum şekilde kurulması mümkün olabilecektir.

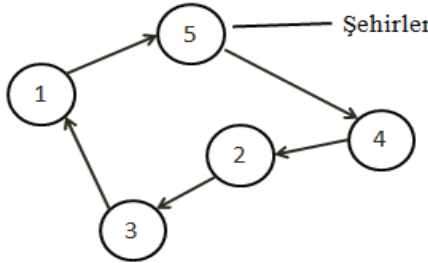
2.5.2. Genetik Algoritmada Permütasyon Kodlama

Permütasyon kodlama; gezgin satıcı problemi, atama problemi gibi problemlerde kullanılabilen bir kodlamadır. Bu kodlamada her kromozom tamsayılardan oluşmuş bir dizidir. Dizide kullanılan her rakam, her biri bir kez olacak şekilde tüm rakamlar kullanılmalıdır. Şekil 2.10’da kromozomA ve kromozomB’de örnek birer permütasyon kodlama görülmektedir.

| | | | | | | | | | |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| KromozomA | 1 | 5 | 3 | 2 | 6 | 4 | 7 | 9 | 8 |
| KromozomB | 8 | 2 | 5 | 1 | 3 | 9 | 4 | 7 | 6 |

Şekil 1.10: Permütasyon ile kodlanmış kromozom yapısı

Şekil 2.11’de permütasyon kodlamaya örnek olabilecek beş şehirli gezgin satıcı problemi görülmektedir. Burada her şehrin birbirine göre uzaklıkları tablo halinde verilmelidir ki uygunluk fonksiyonu hesaplanabilsin. Amaç herhangi bir şehirden yola çıkan bir gezgin satıcının bütün şehirlere uğramak şartıyla başladığı şehre en kısa yoldan geri dönmesidir. Her şehir 1 ile 5 arasında sırayla bir rakamla ifade edilmiştir. Rakamların sıralanışında sonraki rakam bir sonraki gidilecek şehri ifade etmektedir. Örneğin; 4,2 ise 4. şehirden sonra 2. şehre gidilecek demektir. Herhangi bir kromozomda her biri bir kez kullanılmak üzere bütün şehirler olmalıdır. Gezgin satıcı probleminin genetik algoritma ile çözümü için kromozom yapısı Şekil 2.12’deki gibi yapılabilir.



Şekil 1.11: Beş şehirlik gezgin satıcı probleminin şematik gösterimi

Kromozomlar oluşturulurken, şehirleri gösteren rakamların her biri bir kez olacak şekilde rastgele türetilerek belirli sayıda kromozom oluşturulur. Böylece başlangıç popülasyonu elde edilir. Daha sonra genetik adımları uygulanarak optimum çözüme ulaşılır.

| | | | | | |
|------------|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Kromozom 1 | 5 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| Kromozom 2 | 1 | 3 | 5 | 4 | 2 |
| Kromozom 3 | 1 | 3 | 5 | 2 | 4 |

Şekil 1.12: Gezgin Satıcı Probleminin kromozom yapısı

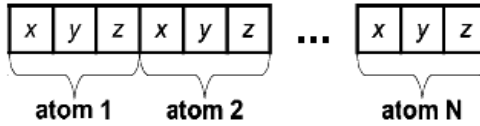
2.5.3. Genetik Algoritmada Değer ile Kodlama

Değer ile kodlamada kromozom yapısı; tam sayı, reel sayı, karakter, kelime gibi bir kodlama yapısına sahip olabilir. Şekil 2.13'te bu tür kodlamaya örnek kromozom yapıları gösterilmektedir. KromozomA'nın genleri büyük harflerden, KromozomB'nin genleri reel sayılardan, KromozomC'nin genleri yön bildiren birer kelimden ve KromozomD'nin genleri ise notalardan oluşmaktadır.

| | |
|-----------|--|
| KromozomA | CBAJEFIJDHIERJFDLFFETGLD |
| KromozomB | 2,657 3,785 0,965 2,236 1,652 |
| KromozomC | (ileri), (sola), (geri), (sağa), (geri) |
| KromozomD | (do), (re) , (mi), (fa), (sol), (la), (si) |

Şekil 1.13: Değer ile kodlama örneği
Kaynak: (<http://www.obitco.com>)

Şekil 3.14.'te kimyada önemli bir problem olan cluster geometri optimizasyon problemi için tasarlanmış bir kromozom yapısı gösterilmiştir. Kromozomda her gen bir atomdan oluşmakta ve atomlar da x,y,z allell'eri ile kodlanmıştır.



Şekil 1.14: Cluster geometri optimizasyon problemi için kromozom örneği
Kaynak : (Pereira, 2008: 223)

1.6. GENETİK ALGORİTMA BAŞLANGIÇ POPÜLASYONU VE KROMOZOM YAPISI

Başlangıç popülasyonu belirli sayıdaki rastgele üretilmiş kromozomlardan oluşur. Başlangıç popülasyonunun tüm çözüm kümesinden oluşması gerekmez. Popülasyon büyüklüğü, çözüm kümesinin büyüklüğü (kromozom dizisinin büyüklüğü) ile orantılı olmalıdır. Popülasyon büyüklüğü Denklem 2.1 ile hesaplanabilir (Haupt, 2004: 36). Bunun yanında, başlangıç popülasyonu oluşturmak için farklı algoritmalar da kullanılmaktadır. Örneğin; daha iyi başlangıç çözümleri elde etmek ve prematüre kromozomları engellemek için Chaos algoritmasından (bkz. Yang, 2011) faydalanılabilir.

$$P(0) = \text{random}(0,1) (P_L - P_H) + P_L \quad (2.1)$$

Burada;

$P(0)$: Başlangıç popülasyonu

P_L : En küçük değer

P_H : En büyük değer

Popülasyon oluşturmak için $M \times N$ 'lik (M Satır, N Sütun) bir matris oluşturulur. Matristeki M değeri (satırları) kromozom sayısını, N değeri (sütunları) her kromozomdaki gen sayısını ifade eder. Başka bir deyişle M adet kromozom üst üste konularak popülasyon oluşturulur. Burada popülasyondaki birey (kromozom) sayısı M adettir denir.

Örneğin P adet işçiyi N adet göreve yerleştirelim. Çizelge 2.1'de bir işçi bir göreve atandığında maliyetinin ne kadar olduğu görülmektedir. Maliyetler, amaç fonksiyonuna göre uygunluk (fitness) değeri hesaplamak için kullanılacaktır.

Çizelge 1.1: i . işçinin j . göreve atandığındaki maliyet tablosu

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
|---|---|---|---|---|---|-----------------|
| 1 | 3 | 5 | 2 | 9 | 7 | → Görev (j) |
| | 4 | 1 | 3 | 0 | 2 | |
| 2 | 9 | 2 | 7 | 5 | 4 | |
| | 6 | 9 | 5 | 8 | 6 | |
| 3 | 1 | 9 | 7 | 2 | 6 | |
| | 8 | 5 | 9 | 2 | 1 | |
| 4 | 6 | 7 | 2 | 3 | 1 | |
| | 4 | 8 | 0 | 8 | 6 | |
| 5 | 8 | 2 | 7 | 2 | 6 | |
| | 3 | 8 | 6 | 4 | 3 | |

İşçi (i)

C_{ij} (i . işçinin j . göreve atandığında maliyeti)

Çizelge 2.1'den birinci satır bilgisini ele alarak Çizelge 2.2'yi oluşturabiliriz. Buradan;

Çizelge 1.2: Bir kromozomun yapısı ve atama maliyeti

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | İşçi(i) |
|----|----|----|----|----|---------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Görev (j) |
| 34 | 29 | 79 | 38 | 63 | Maliyet |

- Birinci işçi, birinci göreve atanırsa maliyeti 34 birim

- İkinci işçi, ikinci göreve atanırsa maliyeti 29 birim
- üçüncü işçi, üçüncü göreve atanırsa maliyeti 79 birim
- Dördüncü işçi, dördüncü göreve atanırsa maliyeti 38 birim
- Beşinci işçi, beşinci göreve atanırsa maliyeti 63 birim

Çözüm kümesi içerisinde rastgele çözümler alınarak bir başlangıç popülasyonu oluşturulur. Örnek olarak Çizelge 2.3'teki matris, dört kromozomlu bir başlangıç popülasyonunu göstermektedir. Popülasyondaki herhangi bir kromozom; 1 ile P arasında birbirinden farklı ve 1 ile P arasındaki tüm tamsayıları kapsayacak şekilde, rastgele üretilen tamsayılardan edilecektir.

Çizelge 1.3: İşçi-görev atamasının başlangıç popülasyonu

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | → Sütun indeksi (İşçiler ' ler) |
|------------|---|---|---|---|---|--|
| Kromozom 1 | 4 | 1 | 5 | 3 | 2 | → j . göreve atanan i . işçi Örneğin: Kromozom2' de 1 işçi 2. göreve atanmıştır. Buna göre Çizelge 2.1 'den 1. işçi 2. göreve atandığında maliyeti 51'birimdir. Bu şekilde toplam maliyet bulunur. |
| Kromozom 2 | 2 | 5 | 3 | 1 | 4 | |
| Kromozom 3 | 1 | 3 | 4 | 5 | 2 | |
| Kromozom 4 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | |

1.7. UYGUNLUK (FITNESS) FONKSİYONU

Amaç fonksiyonu, giriş değişken kümesine göre (kromozom), çıkış üreten bir fonksiyondur. Amaç fonksiyonu, matematiksel, deneysel veya bir oyun olabilir. Burada amaç, giriş parametreleri için uygun değer buluncaya kadar çıkış üretmektir. Farkında olmadan banyo küvetini doldururken en uygun değeri bulma işi yapılır. Arzu edilen su sıcaklığına ulaşana kadar, giriş parametreleri olan sıcak ve soğuk su muslukları uygun şekilde ayarlanır. Su sıcaklığı el ile kontrol edildiğinden amaç fonksiyonu deneyseldir (Haupt, 1998: 30).

Genetik algoritmanın birçok aşamasında tek karar verme kriterimiz olan uygunluk (fitness) değerinin hesaplanması için gerekli olan uygunluk fonksiyonunun parametrelerinin doğru seçilmesi ve uygun hesaplama yöntemleri ile hesaplanması gerekir. Hangi kromozomların varlığını sürdüreceği, hangilerinin atılacağı, hangi kromozomların eşleştirmede kullanılacağı, hangi kromozomların optimum çözüm olduğu hakkında karar vermek işlemi kromozomların uygunluk değerlerine göre yapılır. Bir kromozomun uygunluk değeri, problemin amaç fonksiyonunun hesaplanmasıyla elde edilen değerdir. Başka bir deyişle uygunluk fonksiyonu, Genetik Algoritma tarafından bulunan çözümlerin kalitesinin belirlenmesini

sağlayan bir fonksiyondur. Problemin amacının maksimizasyon veya minimizasyon olması uygunluk fonksiyonunu etkilemez. Zira maksimizasyon veya minimizasyon birbirlerine dönüştürülebilir. Örneğin sabit bir N sayısından amaç fonksiyonu çıkartılarak (N -Amaç fonksiyonu) veya ($1/Amaç$ fonksiyonu) şeklinde amaç fonksiyonunun çarpmaya göre tersi alınarak yada amaç fonksiyonu (-1) ile çarpılarak ($(-1)*Amaç$ fonksiyonu) şeklinde dönüştürme işlemi yapılabilir.

Başlangıç popülasyonu oluşturulduktan sonraki ilk adım her kromozomun uygunluk fonksiyonunun hesaplanmasıdır. Zira sonraki adımlarda uygunluk değerine göre karar verilecektir.

Örneğin; Çizelge 2.3'teki başlangıç popülasyonu kromozomlarının uygunluk değerlerini hesaplamak için Çizelge 2.1'teki maliyet tablosundan yararlanılır. Buna göre k . kromozomun uygunluk fonksiyonu denklem 2.2'ye göre hesaplanacaktır.

$$f(k) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N c_{ij} x_{ij} \quad i: \text{işçi}, j: \text{görev} \quad (2.2)$$

c_{ij} : i . işçi j . göreve atandığındaki maliyeti.

x_{ij} : i . işçi j . göreve atanmış ise $x_{ij}=1$, aksi halde $x_{ij}=0$ dır..

Kromozom2 için uygunluk değerini hesaplırsak : (1→2, 51 açıklama 1. işçi 2. göreve atandığında maliyeti 96 birimdir)

| | | | | | |
|----|----|----|----|----|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | İşçi(i) |
| 2 | 5 | 3 | 1 | 4 | Görev (j) |
| 51 | 46 | 79 | 64 | 24 | Toplam=264 birim maliyet |

| İş | İşçi | Maliyeti |
|----------------------------|------|----------|
| 1 | 2 | 51 birim |
| 2 | 5 | 46 birim |
| 3 | 3 | 79 birim |
| 4 | 1 | 64 birim |
| 5 | 4 | 24 birim |
| Toplam Maliyet = 264 birim | | |

Buna göre kromozom2 için uygunluk değeri;

$$f(2) = 51 + 46 + 79 + 64 + 24 \Rightarrow f(2) = 264 \text{ birim olarak hesaplanır.}$$

Bu şekilde tüm kromozomların uygunluk fonksiyonlarını hesaplırsak;

Çizelge 1.4: Uygunluk fonksiyonun hesaplanması

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | f |
|------------|---|---|---|---|---|-----------------------|
| Kromozom 1 | 4 | 1 | 5 | 3 | 2 | 90+96+61+20+28 = 293 |
| Kromozom 2 | 2 | 5 | 3 | 1 | 4 | 51+46+79+64+24 = 264 |
| Kromozom 3 | 1 | 3 | 4 | 5 | 2 | 34+75+22+16+28 = 175 |
| Kromozom 4 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 90+46+18+78+76 = 308 |
| Kromozom 5 | 5 | 2 | 3 | 4 | 1 | 72+ 29+79+38+83 = 301 |

Maliyetin minimizasyonu esasına göre Çizelge 2.4'ü uygunluk sırasına göre sıralarsak Çizelge 2.5'i elde ederiz. Burada amaç minimizasyon olduğundan en uygun değere sahip olan birey Kromozom3 olduğundan bu optimum çözümü veren kromozomdur.

Çizelge 1.5. Uygunluk değerine göre kromozomların sıralanması

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | f |
|------------|---|---|---|---|---|-----|
| Kromozom 3 | 4 | 1 | 5 | 3 | 2 | 175 |
| Kromozom 2 | 2 | 5 | 3 | 1 | 4 | 264 |
| Kromozom 1 | 1 | 3 | 4 | 5 | 2 | 293 |
| Kromozom 5 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 301 |
| Kromozom 4 | 5 | 2 | 3 | 4 | 1 | 308 |

1.8. KROMOZOM SEÇME METODLARI

Çözüm uzayında optimum yada optimuma yakın çözümleri aramak için, yeni nesillerin oluşturulması ve bir sonraki popülasyonda hangi kromozomların yer alacağıın belirlenmesi gerekir. Yeni nesil popülasyonun daha uygun bireylerden oluşması için, yeni oluşturulan bireyler popülasyona dahil edilirken, uygunluk değeri kötü olan bireyler de popülasyondan atılır. Böylece popülasyonda kalan kromozomlar daha uygun bireylerden oluşur ve giderek optimum çözüme yaklaşacağı varsayılır. Başka bir deyişle yeni popülasyon daha uygun değere sahip kromozomlardan oluşacaktır. Yeni nesil oluşturma işlemi belirli bir sonlanma şartı sağlanıncaya kadar devam ettirilir. Popülasyondaki yeni neslin daha uygun çözümler sunabilmesi için, yeni nesli oluşturmak üzere çaprazlamaya girecek ebeveyn seçimi için farklı yöntemler geliştirilmiştir.

2.8.1. Rastgele Seçim Metodu

Çaprazlamada kullanılacak kromozomların seçimi için 1 ile K (kromozom sayısı) arasında rastgele iki sayı türetilir ve bu sayılara denk gelen

kromozomlar alınarak yeni çocuk kromozom oluşturma için eşleştirilir (Haupt, 2004; 39). Burada ebeveyn1 ve ebeveyn2 birbirinden farklı bireyler olmalıdır.

Ebeveyn1 = Rastgele Tamsayı (1, Kr)

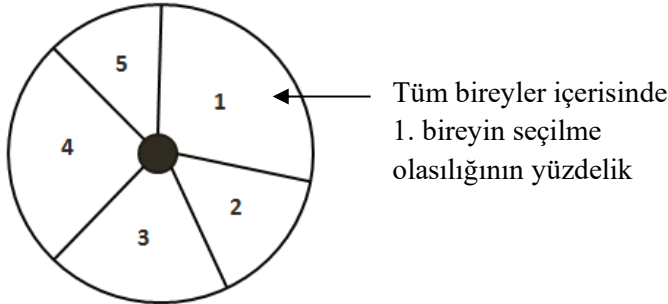
Ebeveyn2 = Rastgele Tamsayı (1, Kr); *Kr: kromozom sayısı*

2.8.2. Eşik Değer Seçim Metodu

Belirli bir değer eşik olarak belirlenir ve uygunluk değeri bu değer altında kalan kromozomlar popülasyondan atılır üstünde kalanlar ise popülasyonda kalır. Burada kromozomların uygunluk değerine göre sıralanmasına gerek yoktur.

2.8.3. Rulet Çarkı Seçim Metodu

Bu seçim yöntemi, uygunluk değeri yüksek olan kromozomların seçilme olasılığının daha fazla olması gerektiği ilkesine dayanmaktadır. Popülasyondaki tüm kromozomlar bir rulet çarkını oluşturur. Her kromozom uygunluk değerine göre rulet çarkı üzerinde bir alana sahip olur. Şekil 2.15' de görüldüğü gibi bir kromozomun rulet çarkında kapladığı alanla orantılı olarak seçilme şansı vardır.



Şekil 1.15. Rulet Çarkı Yöntemine Göre Kromozom Seçimi

Rulet çarkı işlemi için şu adımlar izlenmelidir (Goldberg, 1989:16):

1. Popülasyondaki kromozomların uygunluk değerleri toplanır:

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

2. Her bir kromozomun uygunluk değeri, toplam uygunluk değerine bölünür:

$$P_i = \frac{f(i)}{\sum_{i=1}^K f(i)}$$

3. Her bir kromozomun kümülatif oranı hesaplanır (Çizelge 2.6. IV. Sütun)
4. 1 ile 100 arasında rastgele bir sayısı türetilir. Türetilen sayı Çizelge 2.6'daki V. sütundaki hangi eşitliğe uyarsa o satırdaki X_i kromozomu seçilir.

Çizelge 1.6: Rulet çarkı seçim yöntemi kümülatif oranlar tablosu

| I | II | III | IV | V |
|-----------------|-------------------------|--|----------------|---|
| Kromozom | Uygunluk (f) | Uygunluk Oranı (seçilme olasılığı-P) (Uygunluk /Toplam Uygunluk) | Kümülatif Oran | Rastgele üretilecek (1,100) n sayısına göre X_i seçilmesi |
| Kr ₁ | 40 | 40/130 = 31% | 31 | 31 \geq n $>$ 0 |
| Kr ₂ | 16 | 16/130 = 12% | 31+12= 43 | 43 \geq n $>$ 31 |
| Kr ₃ | 24 | 24/130 = 18% | 43+18= 61 | 61 \geq n $>$ 43 |
| Kr ₄ | 32 | 32/130 = 25 % | 61+25= 86 | 86 \geq n $>$ 61 |
| Kr ₅ | 18 | 18/130 = 14 % | 86+14= 100 | 100 \geq n $>$ 86 |
| | $\sum_{i=1}^5 f(i)=130$ | 100% | | |

2.8.4. Ağırlıklı Rulet Çarkı Seçim Metodu

Rulet tekerleği seçimi için bir başka yöntem de ağırlıklı rulet tekerleği seçimidir. Herhangi bir kromozomun seçilme olasılığı, kromozomun uygunluk değerinin tüm kromozomların uygunluk değerlerinin toplamı ile ilişkilidir (Ilba, 2010; 12). Şöyle ki;

Kromozom1 $f_1=1.0$

Kromozom2 $f_2=2.0$

Kromozom3 $f_3=0.5$

Kromozom4 $f_4=3.0$

Kromozom5 $f_5=3.5$

Kromozomlar ve uygunluk değerleri toplanarak toplam uygunluk değeri bulunur.

$$f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5 = 10$$

Daha sonra 0 ile 10 arasında rastgele sayı üretilir. Buna göre kromozomların seçilme işlemi aşağıdaki gibi yapılır:

Eğer rastgele sayı [0.0 – 1.0) ise f_1 seçilir

Eğer rastgele sayı [1.0 –3.0) ise f_2 seçilir

Eğer rastgele sayı [3.0 – 3.5] ise f_3 seçilir
Eğer rastgele sayı [3.5 – 6.5] ise f_4 seçilir
Eğer rastgele sayı [6.5 – 10.0] ise f_5 seçilir

Örneğin rastgele üretilmiş beş sayı ve bu sayıya göre hangi kromozomların seçileceği aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

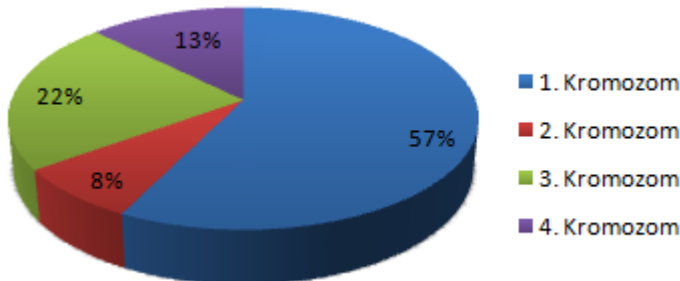
Çizelge 1.7: Ağırlıklı rulet çarkı seçim yöntemi kümülatif oranlar tablosu

| Üretilen Rastgele sayı | Seçilecek Kromozom |
|------------------------|--------------------|
| 1.3 | Kromozom1 |
| 5.5 | Kromozom2 |
| 8.4 | Kromozom3 |
| 4.5 | Kromozom4 |
| 7.5 | Kromozom5 |

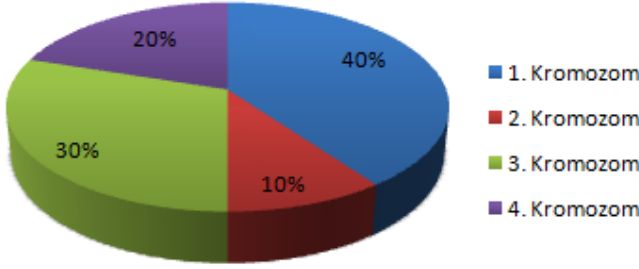
Rulet tekerleği seçim yönteminin tek dezavantajı; eğer en uygun değer diğerlerine göre çok farklı ise bu kromozom tekerleğin büyük bir kısmını kaplayacağından diğer kromozomların seçilme olasılığı çok azalacaktır. Örneğin en iyi kromozomun uygunluk değeri rulet tekerleğinin %90'nı kaplarsa, bu durumda diğer kromozomların seçilme şansını çok azalacaktır (<http://www.obitko.com>).

2.8.5. Sıralı (Rank) Seçim Metodu

Genetik algoritmada sıralı seçimi Baker (1985) geliştirmiştir. Yöntem son derece basittir. Popülasyon, uygunluk değerine göre en iyiden en kötüye doğru sıralanır. En kötü uygunluk değeri olanın uygunluk değerine 1, ikinci kötü uygunluk değeri olana 2, vb. devam edilerek en iyi uygunluk değerine sahip kromozomun uygunluk değeri olarak da K değeri verilir (K: popülasyondaki kromozom sayısı). Uygunluk değerinin sıralama değeri olarak verildiğinde nasıl bir şekle dönüştüğü Şekil 2.16. ve Şekil 2.17'de görülmektedir.



Şekil 1.16: Sıralamadan önceki uygunluk grafiği durumu

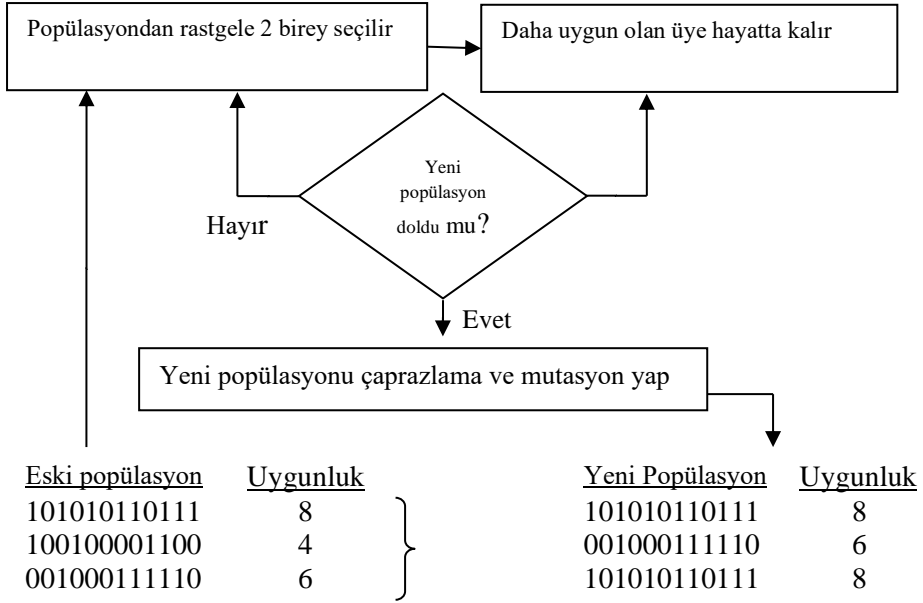


Şekil 1.17: Sıralamadan sonraki durum grafiği (sıralama değeri uygunluk değeri verilmiş şekilde dağılım durumu)

Bundan sonra tüm kromozomlar seçilme şansı vardır. Ancak bu metot sonuca ulaşmanın daha uzun zaman alacağı anlamına gelir, çünkü en uygun değere sahip kromozom diğerlerinden çok fazla farklı değildir.

2.8.6. Turnuva (Tournament) Seçim Metodu

Mevcut popülasyondan iki veya üç adet kromozom rastgele seçilir. Seçilen bu kromozomlar bir birleriyle karşılaştırılır. Karşılaştırma sonucuna göre uygunluk değeri daha iyi olan kromozom yeni popülasyona eklenir. Turnuva seçim metodunda kromozomların sıralanmasına ihtiyaç duyulmaz. Büyük popülasyonlarda sıralama zaman alıcı bir işlem olduğundan, turnuva seçim metodu iyi bir seçme yöntemi olabilir. Goldberg (1991), çalışmasında Turnuva, Rulet Çarkı gibi farklı seçim yöntemlerinin avantaj ve dezavantajlarından bahsetmiştir. Turnuva seçim algoritması Şekil 2.18'de görülmektedir.



Şekil 1.18: Turnuva seçimi algoritması. Kaynak:Weck, 2004.

2.8.7. Seçkinlik (Elitism) Seçim Metodu

Popülasyondaki en iyi kromozomların (ya da bir kısmının) bozulmadan varlığının devam ettirmesi ilkesine dayanan bir seçme yöntemidir. En iyi kromozomlar herhangi bir işleme tabi tutulmadan bir sonraki nesle aktarılır. Böylece çaprazlama ve mutasyondan dolayı bozulmaları önlenmiş olur (Coley, 1999). Seçkinlik yöntemi, bulunan en iyi çözümleri muhafaza ettiği için GA'nın etkinliğini hızlı bir şekilde arttırabilir.

2.8.8. Açgözlü Seçim Metodu (Greedy Over-Selection Method)

Açgözlü seçim en uygun bireyi seçme eğilimine dayalı yöntemdir. Açgözlü seçim (Koza, 1992) genellikle popülasyon çok büyük olduğu zaman kullanılır (Örneğin popülasyon 1000 bireyden daha büyükse). Bu metoda göre seçme işlemi uygunluk değerlerine göre yapılacaktır. Ancak bu metod en iyi performansa sahip olanları seçme eğilimindedir. Bu ise yeni nesil sayısını azaltacaktır. Bu handikapı elimine etmek için Koza (1992) aşağıdaki iki stratejiyi kullanmıştır (Ilba, 2010; 13).Uygunluk değerini kullanarak popülasyon iki gruba ayrılır.

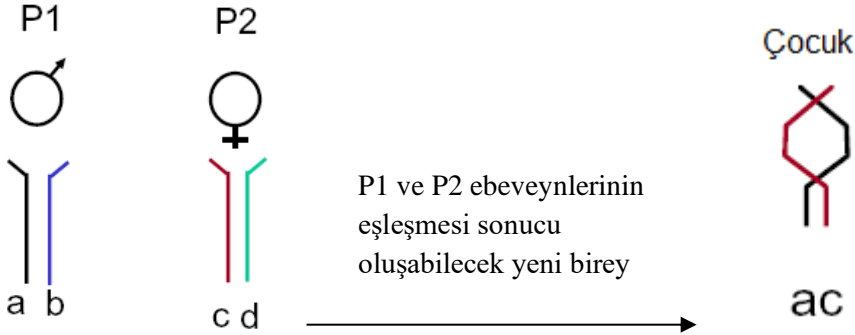
Strateji1: Yeni Popülasyonun %20'sini I. grup, %80'i de II. grup olarak belirlenir.

Strateji2: Yeni popülasyonun %50'si I. gruptan, %50'si II. gruptan seçilir.

Seçim metodu uygunluk değeri ile orantılı olacaktır. Bu oranları kullanıcı kendisi isterse değiştirebilir.

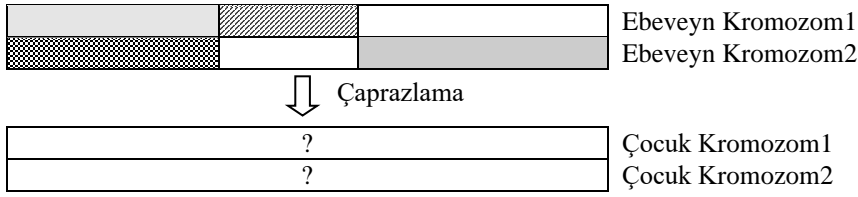
1.9. ÇAPRAZLAMA (CROSSOVER)

İki farklı ebeveynin farklı genlerinin birleştirilmesi ile yeni çocuk birey oluşturma işlemidir. Seçilen iki ebeveyn kromozom dizisinin, elemanları farklı ebeveyn dizisinden belirli orandaki değerlerin birleşmesiyle yeni bir çocuk kromozom dizisi oluşturma işlemine çaprazlama denir. Çaprazlama Şekil 2.19'da gösterildiği gibi; dişi ve erkek bireyler eşleşerek kendi kromozom yapısını içerecek çocuklar meydana getirirler. Oluşacak çocuk, anne ve babanın kromozomlarının farklı orandaki birleşimidir. Şekildeki P1 ve P2 ebeveynlerinin eşleşmesi sonucu *ac*, *ad*, *bc* veya *bd* şeklinde dört farklı yeni birey oluşabilir. Oluşacak her yeni birey, ebeveynlerinden daha iyi olabileceği gibi, daha kötü de olabilecektir. İyi olanlar hayatta kalırken, kötü olanlar da yok olacaktır. Dolayısıyla yeni nesillerin daha iyi bireylerden olma ihtimali artacaktır.



Şekil 1.19: Çaprazlama işleminin biyolojik yapısı. (Kaynak :Weck ,2004)

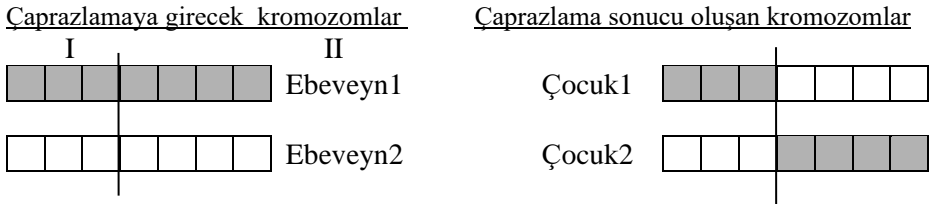
Çaprazlama işlemi farklı şekillerde yapılabilmektedir. Bunlar içinde, tek noktali, çok noktali, tek düze ve ekleyerek çaprazlama yöntemleri bu kısımda ayrıntılı olarak ele alınacaktır. Şekil 2.20'de iki kromozomun çaprazlanması sonucu ortaya çıkacak yeni bireylerin nasıl oluştuğu gösterilmiştir.



Şekil 1.20: İki ebeveynin çaprazlanarak yeni bireylerin oluşturulması

2.9.1. Tek Noktalı Çaprazlama

Tek noktalı çaprazlamada; seçilen iki ebeveynin rastgele seçilmiş bir noktadan ikiye ayrılarak, bu iki parça aşağıdaki gibi birleştirilip iki yeni çocuk birey elde edilir.



Rastgele seçilmiş çaprazlama noktası

Şekil 1.21: Tek noktalı çaprazlama için kromozom yapısı

Tek notalı çaprazlama için kromozom yapısı (gen sayısı) ile uyumlu bir şekilde $[2, (N-1)]$ arasında (N: kromozomun dizi eleman sayısı Şekil 2.21’de bu değer 7) rastgele bir sayı türetilir. Türetilen bu sayı çaprazlamaya girecek olan Ebeveyn1 ve Ebeveyn2 kromozomlarını iki parçaya ayırır. Şekil 2.21’de görüldüğü gibi Ebeveyn1 ve Ebeveyn2 kromozomları tek noktadan iki parçaya ayrılmıştır. Ebeveyn1 kromozomunun I. parçası ile Ebeveyn2 kromozomunun II. parçası birleştirilerek Çocuk1, Ebeveyn2 kromozomunun I. parçası ile Ebeveyn1 kromozomunun II. parçası birleştirilerek Çocuk2 kromozomu elde edilmiştir.

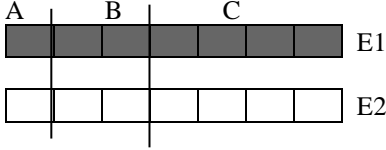
Burada rastgele üretilen sayı kromozom dizisinin büyüklüğü kadar olursa çaprazlama noktası Ebeveyn kromozomları ikinci parçaları olmayacağı için çocuk kromozomlarında ebeveyn kromozomlardan farklı olmayacaktır. Bu yüzden rastgele sayı türetilirken çaprazlama noktası ebeveyn kromozomların her iki parçasında da çaprazlamaya girebilecek kadar olacak şekilde yapılmalıdır.

2.9.2. Çok Noktalı Çaprazlama

Bu tür çaprazlamada çaprazlama noktası olarak rastgele birden çok birbirinden farklı sayılar türetilir. Örneğin iki adet rastgele çaprazlama noktası

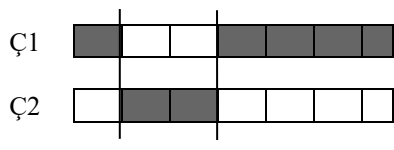
türetirsek Şekil 2.22’de görüldüğü gibi ebeveyn kromozomları üçer parçaya bölmüş oluruz. Çocuk kromozomlar oluştururken;
 Çocuk1 : E1’ in A parçası, E2’nin B parçası, E1’in C parçası
 Çocuk2 : E2’nin A parçası, E1’in B parçası, E2’nin C Parçası

Çaprazlamaya girecek kromozomlar



Çaprazlama Noktaları

Çaprazlama sonucu oluşan kromozomlar

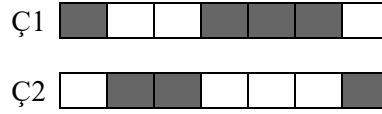
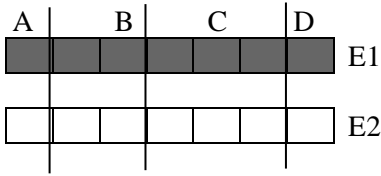


Şekil 1.22: İki noktalı çaprazlama kromozom yapısı

Üç noktalı çaprazlamada birbirinden farklı üç adet rastgele sayı türetilir. Bu üç sayı Ebeveyn kromozomları dört parçaya böler. Şekil 3.23’te üç noktalı çaprazlama işlemi görülmektedir. Çocuk kromozomları oluşturmak için:

Çocuk1 : E1’ in A bölümü, E2’nin B bölümü, E1’ in C bölümü , E2’nin D bölümü

Çocuk2 : E2’nin A bölümü, E1’ in B bölümü, E2’ in C bölümü, E1’n in D bölümü



Çaprazlanacak Ebeveyn kromozomlar

Çaprazlamadan sonra oluşan Çocuk kromozomlar

Şekil 1.23: Üç noktalı çaprazlama

2.9.3. Tekdüze (Uniform) Çaprazlama

Rastgele seçilen genlerin ebeveynler arasında karşılıklı yer değiştirilerek yapılan bir çaprazlama yöntemidir (Syswerda,1989). İşlemin algoritması şu şekilde yazılabilir:

Uniform (Ebeveyn1, Ebeveyn2) begin

$L \leftarrow$ kromozom uzunluğu

$r \leftarrow$ Değiştirilecek gen’in seçilme olasılığı ($0 \leq r \leq 1$)

for $i = 1$ to L **do**

begin

if ($Random(0,1) \geq r$) **then** // 0 ile 1 aralığında sayı üret

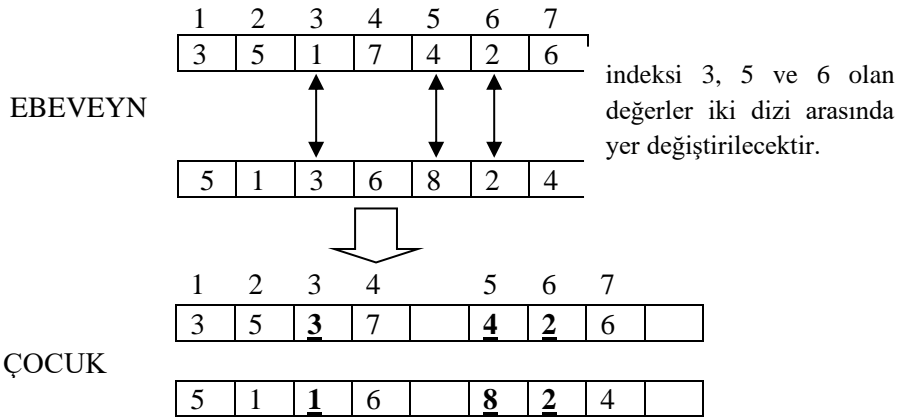
Ebeveyn1’ in i . geni ile Ebeveyn2’ nin i . geni karşılıklı yer değiştirilir

end

return Ebeveyn1 ve Ebeveyn2

end

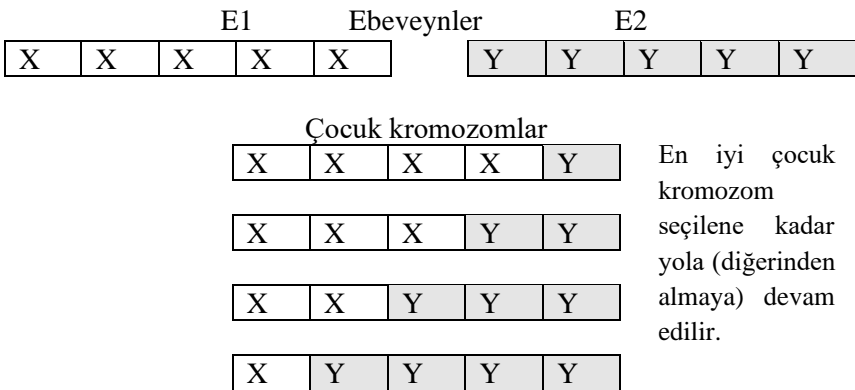
Şekil 2.24’te tekdüze çaprazlama örneği görülmektedir. Kromozomların i .geni için $[0-1]$ aralığında türetilen sayı r den büyük ise ebeveynlerin i .genleri karşılıklı yer değiştirilmiştir. Örneğin; ebeveyn kromozomların 3,5,6. genleri karşılıklı olarak yer değiştirilerek çocuk kromozomlar elde edilmiştir.



Şekil 1.24: Tekdüze(Uniform) çaprazlama

2.9.4. Ekleyerek Çaprazlama (Path Relinking)

Ekleyerek çaprazlama yönteminde ebeveyn1 dizisinin sonundan atılacak gen kadar, ebeveyn2 dizisinin başından alınacak gen birleştirilerek yeni çocuk kromozomlar oluşturulur (Şekil 2.25). Bu yöntemde göre çocuk kromozom başlangıçta ebeveyn1’e çok benzer çünkü genlerinin büyük bir kısmı ebeveyn1’den çok az bir bölümü ebeveyn2 den gelmektedir. Her yeni çocukta bu oran ebeveyn2 lehine artar. Son çocuk kromozom ebeveyn2 ye çok benzeyen bir kromozom şeklini alacaktır.



Şekil 1.25: Ekleyerek çaprazlama yöntemiyle yeni birey elde etme

Ekleyerek çaprazlama yönteminde E1 ebeveyn dizisinin son elemanı E2 ebeveyn dizisinin ilk elemanı alınarak yeni bir çocuk kromozom oluşturulur (Çocuk1). Çocuk 2 için E1 ebeveyninin son iki elemanı E2 ebeveyn dizisinin ilk iki elemanı olacak şekilde oluşan yeni dizidir. İşlem adımları Şekil 2.25'te gösterilmiştir. Bu işleme en iyi çocuk kromozom elde edene kadar devam edilir. İlk çocuk kromozom E1 ebeveynine çok benzerken, son çocuk kromozom E2 ebeveynine çok benzeyecektir. Çünkü ilk çocuk kromozomun dizisinin son elemanı hariç tümü E1 ebeveyninden alınmaktadır. Yine son çocuk kromozom dizisinin ilk elemanı E1 ebeveyninden alınırken kalan tüm elamanlar E2 kromozom dizisinden oluşmaktadır. Ancak herhangi bir ebeveynine daha az benzeyen bir çocuğun E1 ve E2 ebeveynlerinin belirli oranda çaprazlanması sonucu daha iyi bir birey olma ihtimali yüksektir. Basseur (2005) ve Arroyo (2010) çalışmalarında yeni çocuk kromozomlar için ekleyerek çaprazlama yöntemi kullanılmıştır.

1.10. MUTASYON

Bir kromozomun belirli genlerini karşılıklı yer değiştirme işlemine mutasyon adı verilmektedir. Mutasyon işlemi, genetik algoritmada çözümün yerel optimumlara takılıp kalmaması, global optimuma yönelmesi için çözüm kümesini oluşturan kromozomların genlerinin belirli oranda rastgele değişikliğe uğratılmasıdır. Genellikle popülasyondaki, uygunluk değeri en iyi olan kromozomlar mutasyona uğratılmaz, böylece iyi çözümler bozulmadan korunmuş olur. Popülasyondaki kaç kromozomun mutasyona uğrayacağı Denklem 2.10.a ile hesaplanır (Haupt, 2004; 43). Bu denklem ile rastgele seçilecek kromozomlar mutasyona uğratılır.

$$\text{Mutasyona uğrayacak kromozom sayısı} = \mu * (N_{pop} - 1) * N_{gen\ sayısı} \quad (2.10.a)$$

μ : Mutasyon oranı (0,1). Popülasyondaki bireylerin ne kadarının mutasyona uğrayacağını belirten katsayı.

$$\text{mutasyon noktası1} = \text{rastgele tamsayı} [1, N_{gen\ sayısı}] \quad (2.10.b)$$

$$\text{mutasyon noktası2} = \text{rastgele tamsayı} [1, N_{gen\ sayısı}] \quad (2.10.c)$$

Mutasyona uğratılacak bireyler için, denklem 2.10.b ve 2.10.c kullanılarak 1 ile dizi indisinin son değeri (gen sayısı) arasında rastgele iki farklı sayı türetilir. Türetilen sayının bulunduğu indislerdeki değerler karşılıklı olarak yer değiştirilir.

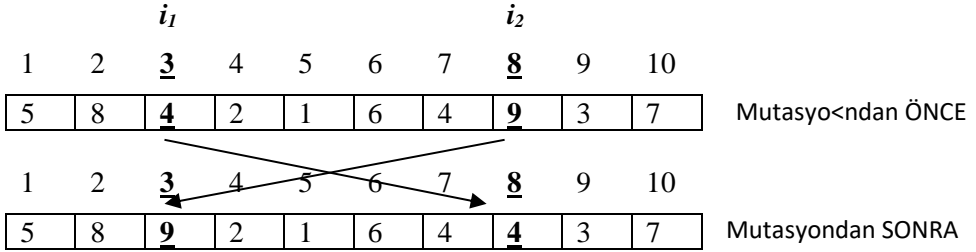
Örneğin; Şekil 2.26'daki kromozomu mutasyona uğratacak olursak;
Mutasyon noktası1 için;

$$i_1 = \text{rastgele tamsayı} [1,10]$$

Mutasyon noktası2 için;

i_2 = rastgele tamsayı [1,10] ; $i_1 \neq i_2$ olmalıdır.
 $i_1 = 3$ olsun ve $i_2 = 8$ olsun.

Buna göre 3. indiste bulunan 4 değeri ile 8. indiste bulunan 9 değeri karşılıklı yer değiştirecektir.



Şekil 1.26: Mutasyon İşlemi

1.11. KARARLI DURUM GENETİK ALGORİTMASI

Geleneksel genetik yaklaşımlara alternatif olan kararlı hal yaklaşımında; popülasyonun tümünü bir anda oluşturmak yerine popülasyon kademeli olarak güncellenmektedir (Luke, 2010:45,46). Bu yaklaşıma göre oluşturulan her yeni bireyin uygunluk değeri hesaplanır ve popülasyondaki en kötü bireyle karşılaştırılır ve daha iyi ise popülasyona dahil edilir. Yeni bireye yer açmak için popülasyondan en kötü birey atılır.

Kararlı durum genetik algoritması iki önemli özelliğe sahiptir. Bunlardan birincisi; geleneksel genetik algortmada iki adet popülasyon oluşturulur (eski popülasyon ve yeni neslin oluşturduğu yeni popülasyon), bu yüzden daha fazla bellek kullanır. Kararlı durum yaklaşımında ise tek bir popülasyon kullanıldığı için geleneksel yöntemin kullandığı belleğin yarısı kullanılır. İkinci önemli özelliği ise popülasyondan atılan birey sayısı popülasyona yeni katılan üye sayısı kadar olduğundan bireylerin popülasyonda kalma süresi daha uzun olacaktır. Böylece seçkinlik seçme yönteminde olduğu gibi iyi bireylerin bozulma veya yok olma riski engellenmiş olacaktır. Popülasyondan atılacak bireylerin seçiminin nasıl olacağı konusunda farklı yaklaşımlar vardır. Eğer en uygun olmayan birey popülasyondan atılırsa popülasyondaki çeşitlilik hızlı bir şekilde yok edilir. Bunun için ortak görüş popülasyondan atılacak bireyin rastgele seçilmesidir (Luke, 2010:45,46). Liste 2.2’de kararlı durum genetik algoritmasının işlem adımları verilmiştir.

Liste 1.2: Kararlı Durum (Steady-State) Genetik Algoritması

```

1: popsize ← arzu edilen popülasyon büyüklüğü
2: P ← {} // popülasyon
3: for popülasyon büyüklüğü kadar do
  begin
4:   P ← P ∪ { yeni rastgele bireyler oluştur } ;
  end
5: Best ← ∅ // Boş
6: for her birey için Pi ∈ P do begin
7:   FitnessHesapla( Pi)
8:   if ( Best = ∅ OR Fitness(Pi) > Fitness (Best) ) then
9:     Best ← Pi
10: end
11: repeat
12:   Ebeveyn Pa ← EbeveynSeç (P) //rastgele seçilir
13:   Ebeveyn Pb ← EbeveynSeç (P) //Kalanlardan rastgele seçilir
14:   Çocuk Ca, Cb ← Çaprazla( Pa,Pb )//Pa ve Pb'yi çaprazla Ca ve Cb
  çocuklarını oluştur.
15:   Ca ← Mutasyon (Ca)
16:   Cb ← Mutasyon (Cb)
17:   FitnessHesapla ( Ca)
18:   if ( Fitness(Ca) > Fitness(Best)) then
19:     Best ← Ca
20:   FitnessHesapla( Cb)
21:   if ( Fitness(Cb) > Fitness(Best)) then
22:     Best ← Cb
23:   Birey Pd ← SilinecekBireySeç(P) ; // rastgele seçilecek
24:   Birey Pe ← SilinecekBireySeç(P) ; // rastgele seçilecek ve Pd ≠ Pe
  olmalı
25:   P ← P - {Pd, Pe} // Pd ve Pe'yi popülasyondan sil
26:   p ← P ∪ {Ca, Cb} // Ca ve Cb'yi popülasyona ekle
27: until en iyi çözüm buluna veya sonlandırma kriteri sağlanan kadar
28: return Best

```

Kararlı durum genetik algoritmasına göre; çözüm rastgele oluşturulacak bir başlangıç popülasyonu ile başlar. Daha sonra popülasyondaki bireylerin uygunluk değerleri hesaplanır. Bu arada popülasyondaki uygunluk değeri en iyi olan birey “Best” olarak belirlenir. Daha sonra genetik algoritmanın klasik işleyişi olan “seç - çaprazla - mutasyona uğrat - uygunluk değerini hesapla” adımları izlenecektir. Çaprazlama işlemi için, popülasyondan rastgele iki ebeveyn seçilir ve çaprazlama yöntemlerinden herhangi biri ile çaprazlanır. Elde edilen çocuk kromozomlar mutasyona uğratılır. Mutasyona uğratılan her bir çocuk kromozomun uygunluk değerleri hesaplanır. Sonra, çocuk kromozomların uygunluk değerleri “Best” olan kromozomun uygunluk

değerinden büyükse, bu çocuk “Best” olarak alınır. Daha sonra popülasyondan rastgele ve en kötü iki kromozom seçilip popülasyondan atılır. Sonra elde edilen çocuk kromozomlar popülasyona eklenir. Bu işlemler sonlanma koşulu sağlanana kadar tekrarlanır. İşlemi bittiğinde “Best” kromozom; o ana kadar elde edilen kromozomlar içerisinde en uygun olan kromozomdur. Başka bir deyişle “Best” kromozom; problemin en iyi çözümünü verecek kromozomdur.

Bu bölümde sezgisel yöntemler ve genetik algoritma konuları ele alındı, üçüncü bölümde ise problemin genetik algoritma modellemesi ele alınacaktır.

BÖLÜM III

HEKİM ATAMA PROBLEMİ VE GENETİK ALGORİTMA İLE MODELLENMESİ

2.1. HEKİM ATAMA PROBLEMİ

Bu çalışma, Sağlık Bakanlığına bağlı kurumlarda (devlet hastanesi, sağlık ocağı, dispanser vb.), farklı branşlarda (Ortopedi, Dahiliye, KBB, Kadın Doğum, vb.) istihdam edilen binlerce sağlık personelinin, kurumlar arası yeniden atanması işleminin optimizasyonu ile ilgilidir. Bakanlık bünyesinde istihdam edilen personelin atama ve nakilleri, Mevzuat (2007)'deki atama ve nakil yönetmeliğine göre gerçekleştirilmektedir. Yönetmeliğe göre kurumlar arası yeniden atama, adaylar ve kurumlar açısından yerine getirilmesi gereken birçok koşul (kısıtlar) dikkate alınarak yapılmalıdır. Bu işlem, mümkün olduğu kadar adayların ve kurumların isteklerinin karşılanması gereken çok yönlü bir optimizasyon problemidir.

Personelin kurumlara yeniden yerleştirmesi işleminde, hem kurumların ihtiyaçları göz önünde bulundurulmalı, hem adayların istekleri mümkün olduğunca yerine getirilmeli, hem de personelin kurumlar arasında dengeli dağıtılmasına özen gösterilmelidir.

Kurumlar arası yeniden atama prosedürü şu şekilde işler: Bakanlık, kurumlardan gelen personel istekleri doğrultusunda her kurumun ihtiyaç duyduğu kadroları ilan eder. Adaylar bu kadrolara, en çok beş tercih olmak koşuluyla tercih sırasına göre müracaat eder. Bakanlık tercih sırasına bakmaksızın hizmet puanlarına göre personelin atamalarını tamamlar. Atama talebinde bulunan personelin çalıştığı kurumda hizmetlerin aksamaması için bakanlık sınırlama getirebilir.

Görüldüğü gibi adayın atanması sırasında göz önüne alınacak ilk kriter personelin hizmet puanıdır. Hizmet puanı, adayların daha önce çalıştığı kurum, idari görevleri, yurt içi yurt dışı yayınları ve mesleki faaliyetlerinden oluşur. Personel hizmet puanının nasıl hesaplanacağı Mevzuat (2007)'deki yönetmeliğin on dördüncü sayfasında detaylı olarak anlatılmaktadır. Atama işleminde, aday hizmet puanının nasıl kullanılacağı ileride adayların puan hesabı konusunda açıklanmıştır.

Adayların atanması için, öncelikle kurumların ilgili branşta personel ihtiyacını bildirmesi gerekmektedir. Kurumların personel ihtiyaçları, personel dağılım cetveli dikkate alınarak, ilgili kurum idaresi tarafından her atama döneminde yeniden belirlenmektedir. Personel dağılım cetvelinin hesabı şu şekilde yapılmaktadır (Mevzuat, 2007: EK6): Bakanlıkta istihdam edilen personel uzmanlık alanlarına göre gruplanır (uzman tabip, tabip, diş tabibi, eczacı, vb.). Bunlar da kendi arasında branşlarına göre ayrılır (dahiliye uzmanı, kadın doğum uzmanı, vb.). Bakanlık bünyesinde istihdam edilmekte olan, her

bir grubun ilgili branşta (Örneğin: Uzman hekim, genel cerrahi) ülke genelindeki toplam sayısı, toplam ülke nüfusuna bölünerek, ilgili branştaki, nüfus başına düşen hekim sayısı bulunur. Örneğin; 2012 verilerine göre toplam nüfus 72 milyon, sağlık bakanlığında istihdam edilen toplam dahiliye uzmanı tabip sayısı 5700 olduğu varsayılır ise, kişi başına düşen dahiliye uzmanı oranı 0,00008'dir. Buna göre 100 bin nüfuslu yerleşim yerindeki bir kurumda istihdam edilmesi gereken dahiliye uzmanı tabip sayısı ($100.000 \times 0,00008 = 8$) 8 olmalıdır. Yani PDC değeri 8'dir. PDC değeri, bir kurumun ilgili branşta en çok istihdam edebileceği hekim sayısını ifade eder. Buna göre, bir kurum belirli bir branş için personel isteğinde bulunurken, isteyebileceği en çok personel; PDC değeri ve halen çalışan personel sayısının farkı kadar olabilir. Çizelge 3.1'de bazı kurumlara ait uzman tabip genel cerrahi branşına için PDC dağılım cetveli görülmektedir. Çizelgeye göre 2012 Ocak ayı itibarıyla, Isparta Merkez İlçesi Devlet Hastanesinde, genel cerrahi branşı için PDC değeri 12 olarak hesaplanmıştır. Bu değer 2011 yılı Ocak ayı itibarı ile 8 olarak hesaplanmıştı (Kaynak: <http://personel.saglik.gov.tr>, 2011). Görüldüğü gibi bakanlık her yıl, bütün branşlardaki PDC dağılım cetvelini değişen koşullara göre güncelleyerek bakanlık resmi internet sayfasında ilan etmektedir.

Çizelge 2.1: Örnek PDC dağılım cetveli

| UZMAN TABİPLER İÇİN PERSONEL DAĞILIM CETVELİ (06.01.2012) | | | | | |
|---|---------|-----------|--|---------------|-----|
| Sıra No | İl | İlçe | Birim | Branş | PDC |
| 5639 | Ankara | Çubuk | Ankara Halil Şıvgın Çubuk Devlet Hastanesi | Genel Cerrahi | 4 |
| 177090 | Antalya | Muratpaşa | Antalya Atatürk Devlet Hastanesi | Genel Cerrahi | 16 |
| 5517 | Antalya | Alanya | Antalya Alanya Devlet Hastanesi | Genel Cerrahi | 10 |
| 5448 | Antalya | Manavgat | Antalya Manavgat Devlet Hastanesi | Genel Cerrahi | 6 |
| 4973 | Burdur | Merkez | Burdur Devlet Hastanesi | Genel Cerrahi | 6 |
| 3676 | Isparta | Merkez | Isparta Devlet Hastanesi | Genel Cerrahi | 12 |
| 3580 | Isparta | Yalvaç | Isparta Yalvaç Devlet Hastanesi | Genel Cerrahi | 3 |

(Kaynak: <http://personel.saglik.gov.tr/06012012-tarihli-personel-dagilim-cetvelleri-id3435-46.html>, Mayıs 2012)

Atama sırasında kurumlara personel yerleşimi yapılırken bir takım kriterler göz önüne alınmalıdır. Örneğin; kuruma, en çok kurumun istenen kadro sayısı kadar personel atanmalıdır. Kurumlar isterse mevcut çalışan personelin belirli oranının atanarak ayrılmasına izin vermek istemeyebilir. Bu gibi kurum bilgileri atama işlemi başlamadan önce belirtilmelidir. İlgili branşta

kurumun halen hiç çalışanı yoksa, kurumu tercih eden adaylar içerisinde atama yapılmalıdır. Bu gibi hususlar, atama sırasında kurum kısıtları olarak dikkate alınacaktır.

Adaylar, açık kadro belirleyen kurumlar içerisinde, en çok istediği kurumu birinci sırada olmak üzere, toplam beş tercih yaparlar. Adaylar, tercih önceliğine göre, hizmet puanı dikkate alınarak tercih ettiği kurumlardan birine yerleştirilmeye çalışılmalıdır. Adaylar arasında bir atama önceliği söz konusu olduğunda, hangi adayın öncelikli atanacağı konusunda Mevzuat (2007)'ye göre şu hususlar dikkate alınmalıdır: Hizmet puanı yüksek olan aday atama önceliğine sahiptir. Eğer puanlar eşit ise, kadro derecesi yüksek olan aday; kadro dereceleri de eşit ise, görev süresi fazla olan aday atama önceliğine sahiptir.

Burada mümkün olduğu kadar çok aday, öncelikli tercihine yerleştirilmeye çalışılırken, kurumsal kısıtlamalara da dikkat ederek adayları kurumlar arasında dengeli dağıtarak, böylece hem adayları memnun edecek hem de kurumları memnun edecek bir atama yapılmalıdır.

Atama sadece adayların öncelikli tercihine yerleştirilmesi şeklinde yapılabilir. Bunun için, adaylar hizmet puanına göre sıralanır ve sırasıyla, hizmet puanı en yüksek olan aday ilk tercihine, bir sonraki aday mümkünse ilk tercihine değilse bir sonraki tercihine şeklinde, adaylar kurumlara yerleştirilmeye çalışılır. Ancak burada sadece aday memnuniyeti dikkate alınmış olacaktır. Öte yandan, bu şekildeki bir atamada, atanabilecek bazı adayların atanması mümkün olamayabilir. “*En yüksek puanı olan adayı ilk tercihine yerleştir*”, şeklinde bir atama yapılırsa, atanabilecek bazı adayların atanmaları engellenebilmektedir (Caron, 1999). Başka bir husus ise, adayların kurum tercih işlemleri, kurumların personel isteklerinden daha sonra olacağından, kurumlar ihtiyaç belirlerken, kurumdan atanarak ayrılacak olan personeli dikkate almaları olanaksızdır. Bu durumda, bir atama döneminde kurumdaki personelin bir bölümü atanarak ayrılıp, onların yerine hiçbir aday gelmeyebilir, ya da sadece daha önce talep ettikleri kadar aday veya daha az aday gelebilir. Bu durumda, kurum en azından bir sonraki atama dönemine kadar personel sıkıntısı çekecek veya görevlendirme ile geçici çözümler bulursa dahi, kurum memnuniyeti azalacaktır. Kurum memnuniyetini arttırmak için, atama esnasında kurumun personel bilgileri eşzamanlı olarak güncellenerek, kurumdan atanarak ayrılan personel kadar, kurumun istenen personel sayısı arttırılmalıdır. Böylece kurumun ihtiyacı olan personel kadar yeni personel gelme imkanı sağlanmış olacaktır. Başka bir husus ise, personelin belirli kurumlara yığılmasını engellemek ve personelin kurumlar arası dengeli dağılımının sağlanması gerekmektedir. Atama sırasında, kurum personel sayısı PDC değerine ulaşsa bile, bir atama döneminde halen çalışan personelin tümünün ayrılması arzu edilmemektedir. Dolayısıyla atama esnasında, halen çalışan personelin belirli bir oranının atanarak ayrılmasına izin verilmemelidir.

Görüldüğü gibi problem, belirli koşullar altında belirli kriterlere göre adayların kurumlara atanması problemidir. Dolayısıyla problem, atama probleminin farklı biri türü olarak nitelendirilebilir. Problem, k-cardinality (Amico, 1997) ve dengeli (equilibrium) (Lui, 2009) atama problemine benzetilerek çözülecektir. Problemin çözümü, yapısal sorgulama dili (SQL) ve C# programlama dili kullanılarak, genetik algoritma yardımıyla gerçekleştirilecektir.

Problemin çözümü sırasında kurumlarla ilgili tüm bilgiler tek bir tabloda toplanarak oradan takip edilecektir. Çizelge 3.2’de örnek kurum bilgileri verilmiştir. Kurumlar $k=\{1,2,\dots,K\}$ ile ifade edilir. Çizelgede sırasıyla, atamada kullanılacak kurumun PDC değeri, halen çalışmakta olan personel sayısı, atama sırasında mevcut personelden atandıktan sonra kalan personel sayısı, istenen personel sayısı, atanacak aday sayısı, halen çalışan personelin tümünün atanarak gitmemesi için atanamama oranı ve kurumun personel dağılım oranı bilgileri bulunur. Kurum ile ilgili kısıtlarda bu tablo bilgilerinden faydalanılacaktır. Bu bilgilerin bazıları (kalan personel, istenen personel, atanacak personel) atama sırasında eşzamanlı olarak güncellenecektir.

Çizelge 2.2: Örnek kurum bilgi tablo yapısı

| Kurumlar | Personel Dağılım Cetveli (PDC) | Mevcut Personel(MP) | Kalan Personel(KP) | İstenen Personel(IP) | Atanan Personel(AP) | Atanamama Oranı (ρ) | Personel Dağılım Oranı (AP+KP)/PDC |
|----------|--------------------------------|---------------------|--------------------|----------------------|---------------------|----------------------------|------------------------------------|
| 1 | 5 | 2 | 2 | 3 | 2 | 0.3 | 4/5=0.80 |
| 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0.2 | 2/3=0,66 |
| ... | ... | ... | .. | ... | ... | ... | ... |
| K | 6 | 1 | 1 | 5 | 3 | 0.4 | 4/6=0,66 |

Problemde kullanılacak aday bilgileri de tek bir tabloda gösterilerek buradan takip edilecektir. Örnek aday bilgileri ve tercihleri Çizelge 3.3’teki gibidir. Adaylar $a=\{1,2,\dots,A\}$ ile ifade edilir. Adayların kurum tercih sırası; K_1, K_2, \dots, K_N ve aday $\{1, 2, \dots, N\}$, $N=5$ adet tercih yapabilir. Bir adayın K_i tercihi K_j ’den öncelikli ise $i < j$ olmalıdır ve $i, j=1,2,\dots,N$ ’dir. Burada adayın birinci tercihi en çok istediği kurum, son tercihi ise en az istediği kurumdur. Atama sırasında mümkünse aday birinci tercihine yerleştirilmelidir. Eğer bu mümkün değilse ikinci tercihine, değilse sırasıyla diğer tercihlerine yerleştirilmeye çalışılmalıdır. Koşullar sağlanmaz ise aday atanmayabilir. Mümkün olduğu kadar çok adayın, mümkün olduğu kadar öncelikli tercihine yerleştirilmesi amaçlanmaktadır. Çizelge 3.3’e göre adayların halen çalıştıkları

kurum da belirtilmiştir. Zira bir aday atandığında, adayın halen çalıştığı kurumdan ayrılacağından, halen çalıştığı kuruma yeni adayların gelebilmesini sağlamak için, halen çalıştığı kurumun istenen kadro sayısı atama sırasında eşzamanlı olarak bir arttırılacaktır.

Çizelge 2.3: Örnek aday bilgileri, tercihleri ve atandığı kurum tablosu

| Adaylar | Hizmet Puanı | Kadro ve Derecesi | | Görev Süresi | Çalıştığı Kurum | Tercih Ettiği Kurumlar ve Tercih sırası | | | | | Atandığı Kurum |
|---------|--------------|-------------------|--------|--------------|-----------------|---|-----|-----|-----|-----|----------------|
| | | Kadro | Derece | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | 2000 | 3 | 5 | 15 | 9 | 2 | 8 | 4 | 6 | 1 | 2 |
| 2 | 3200 | 7 | 3 | 3 | 2 | 1 | 5 | 3 | 8 | 4 | 3 |
| ... | ... | ... | ... | ... | .. | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| A | 4300 | 5 | 2 | 9 | 4 | 9 | 2 | 3 | 5 | 7 | 9 |

Adayların kurumlara atanmasıyla ilgili atama matrisi Çizelge 3.4'teki gibidir. Atama matrisinde adaylar satırları, kurumlar ise sütunları oluşturmaktadır. Matrise göre, eğer bir aday bir kuruma atanmış ise, matriste aday ve kurumun çakıştığı hücreye adayın tercih sırası K_1, K_2, \dots, K_N ($\{1 \dots 5\}$) yazılır, aksi halde boş bırakılır. Buradaki atama matrisinin, normal atama matrisinden farkı, maliyet değeri yoktur, onun yerine adayın kurumu tercih sırası yazılmıştır. Adayın tercih sırası ileride amaç fonksiyonunun hesaplanmasında kullanılacaktır. Ayrıca atama problemlerinin özel türleri olan k-side ve dengeli (equilibrium) atama problemlerinde olduğu gibi bir kuruma birden çok aday atanabilmektedir. Ancak bu kurumun istenen kadro değerini aşamaz. Öte yandan bir aday tercih ettiği kurumlardan sadece birine atanmalı, ya da hiç atanmamalıdır.

Çizelge 2.4: Adayların kurumlara atama tablosu (Atama Matrisi)

| Kurumlar(k) \ Adaylar(a) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | ... | K | |
|--------------------------|---|---|---|---|---|-----|---|------------------------------|
| | 1 | | | 5 | | | | |
| 2 | 3 | | | | | | | 1 |
| 3 | | | 2 | | | | | 1 |
| ... | | | | | | | | ... |
| A | | 1 | | | | | | 1 |
| | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | ... | 0 | k. kuruma atanan aday sayısı |

a. aday en çok bir kez atanır ya da hiç atanmaz

Şekil 3.1'deki gibi matris şeklinde de ifade edilebilir. Şekle göre A aday matrisinde, satırlar adayları, sütunlar da adayların tercih ettiği kurumları ifade etmektedir. Matrisin sütun sırası adayın tercih sırasını ifade etmektedir. Örneğin; birinci adayın tercih ettiği kurumlar tercih sırasına göre $a_1=\{1,3,4,2,5\}$ olarak gösterilebilir. Burada birinci adayın birinci tercih ettiği kurum bilgisi $a_{1,1}=\{1\}$ şeklinde ifade edilebilir. Benzer şekilde $a_{1,2}=\{3\}$, $a_{1,3}=\{4\}$, $a_{1,4}=\{2\}$ ve $a_{1,5}=\{5\}$ 'dir.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 4 & 2 & 5 \\ 5 & 4 & 3 & 2 & 1 \\ 4 & 3 & 1 & 2 & 3 \\ 2 & 1 & 4 & 5 & 3 \\ 5 & 1 & 3 & 4 & 2 \end{pmatrix}$$

Şekil 2.1. Bir adayın tercih ettiği kurumların tercih sırasına göre durum matrisi

$$K = \begin{pmatrix} 5 & 2 & 2 & 3 & 2 & 0.2 \\ 7 & 4 & 4 & 2 & 1 & 0.2 \\ 6 & 2 & 2 & 4 & 3 & 0.2 \\ 3 & 2 & 2 & 1 & 0 & 0.2 \\ 8 & 2 & 2 & 6 & 1 & 0.2 \\ 9 & 3 & 3 & 6 & 4 & 0.2 \end{pmatrix}$$

Şekil 2.2. Bir Kurumun personel ve atama bilgileri durum matrisi

Kurum bilgi tablosunu da Şekil 3.2'deki gibi matris olarak gösterebiliriz. Matrisin satırları kurumları, sütunları da ilgili kurumun personel bilgilerini gösterir. Matrisin sütun bilgileri sırasıyla ilk sütundan başlayarak, PDC değeri, mevcut personel, kalan personel, istenen personel, atanmış personel ve atanamama oranı bilgilerini ifade eder. Matristen bir kuruma ait tüm atama bilgileri elde edilebilir. Bir kurumun atama oranı; bir satırın (kurum) atanmış personel sayısını gösteren sütun bilgisi ile kalan personeli gösteren sütun bilgisi toplamı, PDC'yi gösteren sütun bilgisine bölünmesiyle elde edilebilir. Örneğin; Şekil 3.2'deki matrise göre k_1 'in atama oranı $(2+2)/5 = 0,8$ 'dir. Bu oran kuruma atanmış personel sayısı ve kurumdan ayrılarak giden personel sayısına göre atama sırasında eşzamanlı güncellenecektir.

Çizelge 3.5'de gerçek veriler dikkate alınarak yapay olarak elde edilen test verileri görülmektedir. Elde edilen örnek verilerde, belirli bir bransa ait, on kurum ve bu kurumların personel dağılım cetveline (PDC) göre olması gereken personel sayısı, halen çalışan personel sayısı (MP), mevcut personelden atanarak ayrılan olduğu zaman kurumda çalışan kaç personel kaldığını gösteren kalan personel (KP) değeri, (PDC-MP)'den elde edilebilecek personel ihtiyacını belirten istenen personel (IP) sayısı ve atanmış personel (AP) sayısı

bilgileri vardır. Bunların yanı sıra (AP/IP) ya da (KP+AP)/PDC oranı ve halen çalışan personelin tümünün gitmesi arzu edilmediğinden, halen çalışan personelden hangi oranda personelin ayrılmasına izin verileceğini belirten (ρ) değeri başka bir deyişle (KP/MP) oranı gibi bilgiler de çizelgede verilmiştir. Bu bilgiler atama esansında kısıt işlemleri ve uygunluk fonksiyonu hesabı için kullanılacaktır.

Çizelge 2.5: Atamadan sonraki durumu gösteren kurum bilgileri tablosu

| Kurumlar | PDC | MP | KP | IP | AP | (KP+AP)/PDC | $(\text{KP}/\text{MP}) \geq \rho$ |
|----------|-----|----|----|----|----|-------------|-----------------------------------|
| 0 | 5 | 4 | 3 | 1 | 1 | (3+1)/5 | 4/3 |
| 1 | 6 | 5 | 4 | 1 | 1 | (4+1)/6 | 3/5 |
| 2 | 4 | 3 | 3 | 1 | 1 | (3+1)/4 | 3/3 |
| 3 | 6 | 3 | 0 | 3 | 0 | (0+0)/6 | 0/3 |
| 4 | 7 | 6 | 4 | 1 | 1 | (4+1)/7 | 5/6 |
| 5 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | (2+1)/3 | 2/2 |
| 6 | 9 | 2 | 1 | 7 | 0 | (1+1)/9 | 1/2 |
| 7 | 4 | 3 | 3 | 1 | 1 | (3+1)/4 | 3/3 |
| 8 | 9 | 7 | 7 | 2 | 2 | (7+2)/9 | 7/7 |
| 9 | 4 | 0 | 0 | 4 | 0 | (0+0)/4 | - |

Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6'da, kurumlar ve adayların her biri rakamsal olarak ifade edilmiştir. İlk kurum ve ilk aday 0'dan başlatılmıştır. Bunun nedeni problemin çözümü için kullanılan C# dilinde dizi indis değeri 0'dan başladığından, hesaplamalarda kolaylık sağlaması için bu şekilde kullanılmıştır.

Çizelge 3.6'da ise örnek olarak, on adayın tercih ettiği kurumlar, halen çalıştığı kurum, atandığı kurumlar ve atandığı tercih sırası gösterilmiştir. Adaylar, hizmet puanı, kadro derecesi ve görev süresi kriterlerinden oluşan puana göre, büyükten küçüğe sıralı olarak tabloya yerleştirilmiştir. Çizelgede ilk sütunu gösteren ilk sıradaki aday (0. aday) puanı en yüksek olan adaydır ve atama önceliğine sahiptir. Dolayısıyla atama işlemi, bu tablonun ilk elemanından başlanarak adayın tercih önceliğine göre yapılacaktır.

Çizelge 2.6: Adayların puanı ve tercihine göre atandığı kurum.

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | →Adaylar |
|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| Tercih Sırası | 4 | 3 | 1 | 6 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | 3 | →Adayın halen çalıştığı kurum |
| | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 5 | - | - | 4 | 4 | →Atandığı tercih sırası |
| | 7 | 0 | 5 | 4 | 1 | 2 | - | - | 8 | 8 | →Atandığı kurum |
| | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | |
| 1 | 7 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 7 | 2 | |
| 2 | 5 | 6 | 7 | 5 | 2 | 0 | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| 3 | 8 | 5 | 5 | 4 | 9 | 7 | 0 | 7 | 2 | 1 | Tercih sırasına göre, tercih ettiği kurumlar. |
| 4 | 1 | 9 | 4 | 2 | 6 | 4 | 4 | 2 | 8 | 8 | |
| 5 | 6 | 4 | 2 | 9 | 8 | 2 | 7 | 4 | 6 | 6 | |

Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6'daki veriler dikkate alınarak, en yüksek puanı alan ilk adaydan başlayarak, adayların tümü öncelikli tercihine olmak koşuluyla bir atama yapılmıştır (açgözlü-greedy-yöntemi). Çizelge 3.6'da görüleceği gibi adayların bazıları atanamamıştır (-1 ile gösterilen 6 ve 7. adaylar). Buna ilave olarak adayların çoğu öncelikli tercihine de yerleştirilememiştir. Yine Çizelgede 3.5'de görüldüğü gibi bazı kurumlar personel yönünden mağdur edilmiştir. Örneğin; 3 numaralı kurumun mevcut 3 çalışanı varken çalışanların tümü atanarak ayrılmış ve kuruma yeni hiçbir aday atanmamıştır. Kurum 6'nın daha fazla personel ihtiyacı olmasına rağmen tercih edenler olduğu halde öncelikli tercihi olmadığı için yeteri kadar (hiçbir aday) adayın ataması yapılmamıştır. Başka bir husus ise, 9 numaralı kurumun mevcut hiç çalışanı olmadığı halde, tercih edenler olmasına rağmen, adaylar öncelikli tercihine atandığı için, bu kuruma hiçbir aday atanmamıştır. Örneğin 9 numaralı kurumu 1, 3 ve 4 adayları tercih etmişlerdir. Bunlardan 4. adayın atanması en uygun olanıdır. Çünkü kurum 9, 4. adayın 3. tercihi olmasına rağmen, 1. adayın 4. tercihi, 3. adayın 5. tercihidir. 3. aday, 4. adaya göre atama önceliğine sahiptir. Bu yüzden 3. adayın 3. tercihi olarak yerleştiği 4. kurum yerine, 5. tercihine yerleştirmek uygun değildir. Bu durumda, 4. adayın 1. tercihi yerine, 3. tercihine yerleştirilmesi daha uygun olacaktır. Başka bir husus ise 6 numaralı kurumun karşılama oranı çok düşüktür. Bu kurumu 0,1,4,8,9 numaralı adaylar tercih etmişlerdir. Bu adaylardan uygun olanlar kurum 6'ya atanmalıdır. 8 numaralı kurumun karşılama oranı diğer kurumlara göre çok yüksektir. Adaylar fazla mağdur edilmeden kurum memnuniyetini arttırılabilmek için 8 ve 9 numaralı adayın 4. tercihi olan kurum 8 yerine, 5. tercihi olan kurum 6 ya atanması daha uygun olacaktır. Eğer bu mümkün değilse sırasıyla aday 4, aday 1 ve aday 0'dan biri veya bir kaçı kurum 6'ya atanarak imkan elverdiği ölçüde adayların kurumlar arasında dengeli dağılımı sağlanmalıdır.

Görüldüğü gibi klasik bir atama yapılarak ne adaylar, ne de kurumlar yeterince memnun edilmiştir. Bu, atama sırasında problemin bazı verileri dinamik hale getirilerek azaltılabilir. Örneğin; atama esnasında personel bilgileri güncellenerek, atanarak ayrılan adayların halen çalıştığı kurumun istenen personel sayısı artırılırsa, kurum dolu olduğu için atanamayan adayların atanma ihtimali artacaktır. Çizelge 3.6'daki verilere göre; 6 numaralı adayın tercih ettiği kurumlar önceki adaylar tarafından atanarak doldurulduğu için aday atanamamıştır. Ancak güncellenerek atama yapıldığı takdirde, 6 numaralı adayın birinci tercihi olan 1 numaralı kurumda çalışan 2 numaralı aday atanarak ayrılacağından, 1 numaralı kurumun istenen personel sayısı dinamik olarak bir arttırılırsa, atanmaya müsait hale geleceği için, 6 numaralı aday birinci tercihi olan 1 numaralı kuruma atanabilecektir. Yine başka bir husus ise 3 numaralı kurumun halen çalışan personelin tümü atanarak ayrılmış ve kuruma başka personel de atanmamıştır. Dolayısıyla kurumda ilgili branşta hiç çalışan kalmamıştır. Bu, kurum yönünden istenmeyen bir durumdur. Kuruma ilgili branşta atama yapılsa dahi mevcut çalışanların tümünün atanarak ayrılmasına izin verilmemelidir. Dolayısıyla 3 numaralı kurumda halen çalışan adaylardan (1,5,9) 9 numaralı adayın puanı diğerlerine göre daha düşük olduğu için atanmasına izin verilmemelidir.

Çalışmada, yukarıda bahsi geçen tüm hususlar göz önüne alınarak, mümkün olduğu kadar çok adayı öncelikli tercihine yerleştirecek ve personel dağılımını kurumlar arasında dengeli yapacak bir kurum-aday atama işlemi genetik algoritma kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Problemin çözümü için gerekli olan adımlar izleyen bölümde detaylı olarak ayrı başlıklar halinde ele alınacaktır.

2.2. HEKİM ATAMA BİLGİ SİSTEMİNİN İŞLEYİŞİ

Şekil 3.3'de personelin kurumlara atanması işleminin nasıl olacağını gösteren bir akış şeması görülmektedir. Şekle göre işlem adımları şöyledir:

Adım-1: Kurumlar belirli branşlarda kadro ihtiyaçlarını bildirirler. Bu değer, kurumun personel dağılım cetveli değeri ile mevcut personel değerinin farkını ((PDC-MP) \geq IP) aşamaz.

Adım-2: Adaylar, branşlarıyla ilgili belirtilen kurumlar içerisinde beş tercihte bulunurlar.

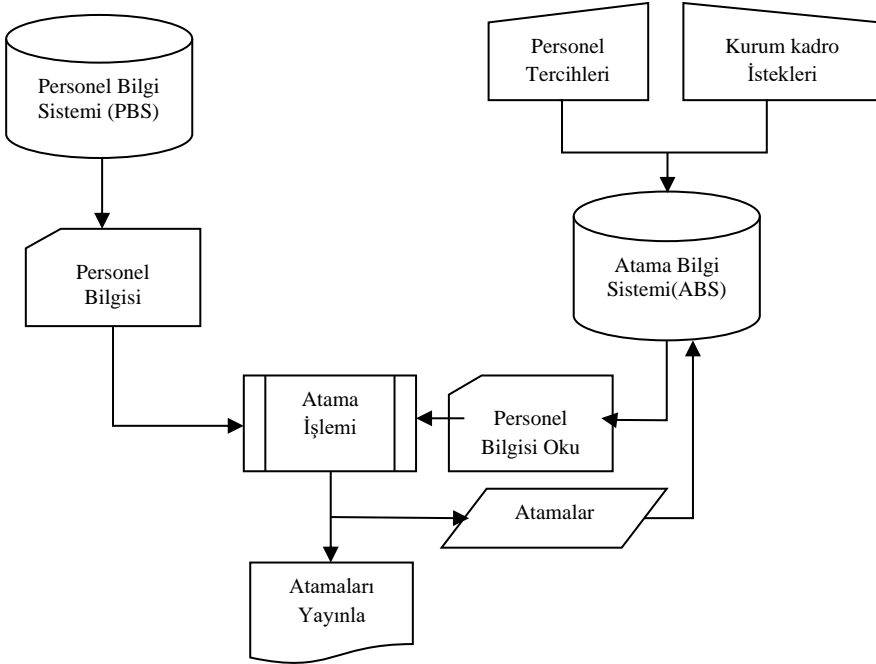
Adım-3: Bakanlık tarafından, kurumlar ve adayların başvuruları kontrol edilerek kabul veya ret edilir. Gerekirse üzerinde düzeltmeler yapılır.

Adım-4: Personel bilgi sisteminden personel ve kurum bilgileri alınır. Kurumların, PDC ve mevcut personel değerleri ile adayın halen çalıştığı kurum bilgisi, hizmet puanı, kadro derecesi, görev süresi, daha önce görev yaptığı kurum gibi bilgiler sistemden alınacaktır.

Adım-5: Atama Bilgi Sisteminden, kurumların istenen personel değeri ve adayların tercih bilgileri, tercih ettiği kurumlar ve tercih sırası verileri alınır.

Adım-6: Mümkünse adaylar istedikleri kurumlardan birine ataması yapılarak, kurumdaki değişiklikler ve adayın atanma bilgileri atama bilgi sistemine kaydedilir.

Adım-7: Atama sonuçları elektronik ortamdan ilan edilir (yayınlanır).

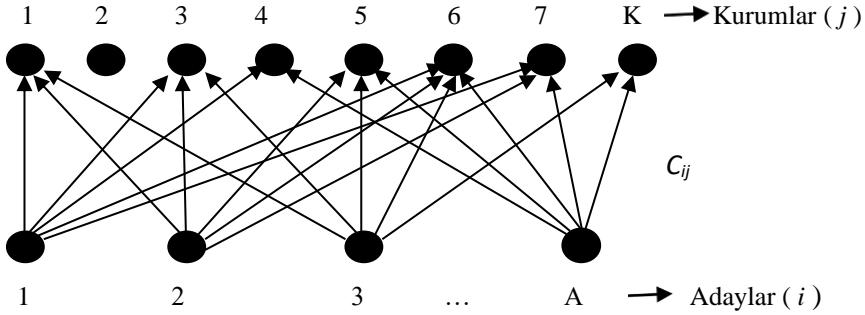


Şekil 2.3: Hekim Atama Bilgi Sistemi Akış Şeması

2.3. PROBLEMİN ADAY-KURUM TERCİH GRAFİK MODELİ

Hekim atama problemi, Şekil 3.4'deki gibi iki taraflı grafik olarak gösterilebilir. Buna göre adaylar i ile gösterilir ve $i = \{1, 2, \dots, A\}$ şeklinde ifade edilir. Kurumlar ise $j = \{1, 2, \dots, K\}$ şeklinde ifade edilir. $i \rightarrow j$ arasındaki bağlantılar, bir adayın bir kuruma yerleştirilebilmesi için gerekli olan durumları ifade eden C_{ij} 'yi göstermektedir. C_{ij} değeri; i . adayın j . kurumu tercih ettiği durumda, adayın ve kurumun memnuniyet ölçüsünü ifade etmektedir. Şekle göre, bir kurum birden çok adayın tercihinin kabul edebilmekte ve her aday belirli sayıda (5) kurumu tercih etmektedir. Bazı kurumlar hiç tercih edilmezken, bazı kurumlar ise ihtiyaçından çok fazla aday tarafından tercih edilebilmektedir. Bu durum atama sırasında adaylar arasında bir yarışın söz

konusu olacağını göstermektedir. Belirli koşullar altında adaylar tercih ettikleri kurumlardan birine, özellikle öncelikli tercihine, yerleştirilmeye çalışılmalıdır. Bu arada adayların atanması kurumlar arasında mümkün olduğu kadar dengeli şekilde yapılmalıdır. Kurumun ihtiyacı olan personel sayısı ile kurumu tercih eden aday sayısı eşit olmayabilir. Aday sayısı fazla olabilir veya istenen personel sayısı fazla olabilir. Aday sayısı ile istenen personel sayısı eşit olsa bile adaylar kurumları tercih etmemiş olabilir. Bütün bunlar dikkate alınarak adayları ve kurumları belirli koşullar altında mümkün olduğu kadar memnun edecek bir aday-kurum ataması yapılmalıdır.



Şekil 2.4: Adayların kurum tercihleri iki taraflı grafik şeması

2.4. ADAYLARIN KURUM TERCİH MATRİSİ

Şekli 3.4'deki gibi bir aday-kurum tercih modelinin atama matrisi Çizelge 3.7'deki gibi ifade edilebilir. Matris tablosunda; adaylar $i = \{1, 2, \dots, A\}$ satırlarda, kurumlar $j = \{1, 2, \dots, K\}$ sütunlarda ifade edilmiştir. Tabloda hangi adayın, hangi kurumu kaçınıcı tercih ettiği görülmektedir. Örneğin; ($i=3$) üçüncü adayın tercih ettiği kurumlar kümesi (adayın tercih ettiği kurumlar kümesi T_i ile gösterilir), tercih sırasına göre $T_3 = \{5, K, 2, 3, 6, 4, 5\}$ 'dür. Bunu şu şekilde ifade edebiliriz: 3. adayın 1. tercihi 5, 2. tercihi K, 3. tercihi 2, 4. tercihi 6 ve 5. tercihi 4 kurumdur. Burada aday, mümkünse ilk tercihi olan kurum 5'e, eğer bu mümkün değilse ikinci tercihi olan kurum K'ya atanmalıdır. Bu şekilde aday, tercih ettiği kurumlardan birine atanmaya çalışılacaktır. Adayın hiçbir tercihine atanması mümkün değilse atanamaz. Adaylar ancak ve ancak tercihlerinden birine yerleştirilmelidir, bu mümkün değilse aday yerleştirilmez. Bu durum doğrusal denklemlerde kısıt olarak; $\sum_{i=1}^A x_{ij} \leq 1$; $j \in T_i$ şeklinden ifade edilmiştir. Burada T_i değeri i . adayın tercihler kümesini ifade etmektedir. i . aday j . kuruma atanmış ise $x_{i,j} = 1$ aksi durumda $x_{i,j} = 0$ 'dır. Denklem göre her aday sadece seçtiği kurumlardan birine atanır veya hiç atanmaz. Öte yandan; kurumlar ise, en çok ihtiyacı olan personel sayısı kadar adayı kabul edebilirler. $\sum_{j=1}^K (AP)_j \leq (IP)_j$; burada; AP j . kurumun atanmış personel sayısı, IP ise j . kurumun istenen personel sayısıdır. Bir kurumdaki atanmış personel sayısı istenen personel sayısından küçük veya eşit olmalıdır.

Çizelge 2.7: Aday-Kurum tercih matrisi

| | | Kurumlar | | | | | | | |
|---------|-----|----------|---|---|---|---|---|-----|---|
| D | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | ... | K |
| Adaylar | 1 | 5 | 2 | | 4 | 3 | | | 1 |
| | 2 | 2 | 4 | 1 | 5 | 3 | | | |
| | 3 | | 3 | | 5 | 1 | 4 | | 2 |
| | 4 | 5 | 1 | 3 | 2 | 4 | | | |
| | 5 | 1 | 3 | 2 | 4 | | 5 | | |
| | 6 | | | 1 | 3 | 2 | 4 | | 1 |
| | ... | | | | | | | | |
| | A | | 1 | | 3 | 2 | 4 | | 3 |

Örneğin; aday 3, 4. tercihi olan kurum 6'ya atanmıştır.

Çizelge 3.7'deki atama matrisinde $x_{i,j}$ değeri aslında aday i 'nin kurum j 'yi tercih edip etmemesinin yanında eğer ettiyse kaçınıcı tercihi olduğunu da göstermektedir. Örneğin $x_{2,5} = 3$ ise bunun anlamı; 2. aday, 5. kurumu 3. tercih olarak belirlemiştir. Yine benzer şekilde örnek olarak; $x_{2,6} = \{ \}$ boş küme ise bunun anlamı; 2. aday, 6. kurumu tercih etmemiş dolayısıyla 2. aday 6. kuruma atanamaz. Bu tablodan hangi aday hangi kuruma kaçınıcı tercihi olarak atandığı ve her kuruma kaç aday atandığı bilgileri kolayca elde edilebilir. Ancak bilgisayar yardımıyla, adayın hangi kuruma, kaçınıcı tercihinin atandığının bilgisini elde etmek için yardımcı tablolara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu husus ilerleyen bölümlerde detaylı açıklanacaktır.

2.5. PROBLEMİN DOĞRUSAL MODELİ

Problem, belirli kısıtlar altında mümkün olduğu kadar çok adayın öncelikli tercihlerine yerleştirilmesi (personel memnuniyeti) ve kurumların personel ihtiyaçlarının karşılanması (kurum memnuniyeti) ve adayların kurumlar arasında mümkün olduğu kadar dengeli dağılımı, işlemlerinin optimize edilmesidir. Bu bağlamda, problem çok amaçlı bir optimizasyon problemi şeklinde ele alınmalıdır. Birden çok amaç tek bir amaç fonksiyonu şekline getirilerek aşağıdaki fonksiyon gibi ifade edilebilir. Bu fonksiyonda hem kurumların, hem de adayların amaçları birleştirilerek F_{ij} şeklinde gösterilmiştir. Probleme bu fonksiyon genetik algoritma yardımıyla maksimize edilecektir.

$$U_{max} = \sum_{i=1}^A \sum_{j=1}^K F_{ij} x_{ij}$$

Denklemdaki F_{ij} değeri; i . adayın j . kuruma atandığındaki adayın ve kurumun uygunluk (Fitness) değerini gösterir. Atama matrisinde i . aday j .

kuruma atanmış ise $x_{i,j}=1$ aksi halde 0'dır. Denkleme göre tek bir amacın maksimizasyonu söz konusudur. Zira; karar verirken, amaçların birleştirilip tek bir amaç fonksiyonu haline getirilmesi gerekmektedir. Bunun için bütün amaç fonksiyonları aynı ölçüt ile ifade edilmelidir. Yukarıda belirtilen amaç fonksiyonu (U_{max}) daha detaylı hale getirilerek hesaplama yapılmalıdır. Örneğin her amacın [0-1] aralığında olması sağlanmalıdır. Buna göre amaç fonksiyonu U_{max} aslında iki ayrı amaç fonksiyonunun birleşimi olan $Max F_z = \alpha * F_k + \beta * F_p$ şeklinde ifade edilebilir. Burada F_k kurum memnuniyetini, F_p ise aday memnuniyetini ifade etmektedir. α ve β değerleri amaçların ağırlık katsayılarıdır ve $\alpha + \beta = 1$ 'dir. F_k ve F_p amaçlarına, belirli ağırlık değerleri verilerek (α, β) amaçlardan birisi daha önemli hale getirilebilir.

Problemde kullanılan notasyonlar:

| | |
|-----------|---|
| PDC | Kurumun Personel Dağılım Cetveli değeri |
| A | Toplam aday sayısı |
| K | Toplam kurum sayısı |
| T_i | i . adayın tercih kümesi |
| $i_{t,j}$ | i . adayın j kurumu tercih sırası |
| ρ | Kurumdan ayrılacak personel oranı (KP/MP). |
| IP | Kurumun istekte bulunduğu personel sayısı |
| MP | Kurumun mevcut personel sayısı |
| KP | Kurumdan atanarak giden adaylardan sonra kalan personel sayısı. Başlangıçta bu değer mevcut personel (MP) değerine eşittir. Kurumdan atanarak ayrılan her personel için bu değer bir azaltılır. Ancak belirli bir değer (ρ) altına düşmesine izin verilmez. |
| AP | Kuruma atanan personel sayısı |
| MK | Adayın halen çalıştığı kurum |
| P_i | i . adayın hizmet puanı, kadro derecesi, görev süresi bilgilerinden elde edilen puanı |
| S | Kurum personel dağılım oranı standart sapması. Kurumların, atanan personel (AP), kalan personel (KP) toplamının, PDC değerine ((AP+KP)/PDC) oranının standart sapması. |

3.5.1. Amaç ve Uygunluk Fonksiyonu

Genetik algoritma, amaç fonksiyonundan elde edilecek uygunluk değerine göre (fitness) karar vererek, en uygun çözümü arayan, popülasyon temelli bir sezgisel algoritmadır. Amacın, minimizasyon veya maksimizasyon olması karar vermede farklılık oluşturmaz. Genetik algoritmada çözüm

kümesini oluşturan bireylerin (kromozom), hangilerinin popülasyonda kalacağı, hangi bireylerin popülasyondan atılacağı, hangi birey veya bireylerin en uygun çözüm olduğu kararını vermek için bireyin uygunluk değerine bakılır. Amaç minimizasyon ise; en düşük uygunluk değerine sahip birey veya bireyler en uygun çözümü verirken, amaç maksimizasyon ise; en yüksek uygunluk değerine sahip birey veya bireyler en uygun çözümü verecek kromozomlardır.

En iyi uygunluk değerine sahip birden çok kromozom varsa bu seçenekli çözüm olabileceğini gösterir.

Hekim atama probleminin karar değişkeni x_{ij} olup, aday i kurum j 'ye atanmış ise $x_{ij}=1$, aksi halde $x_{ij}=0$ 'dır. Yani;

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & i . \text{aday } j . \text{kuruma atandı ise} \\ 0 & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

Amaç fonksiyonları ise;

$$Max F_k = \frac{1}{(S + 1)K} \sum_{i=1}^A \sum_{j=1}^K \left[\frac{(AP)_j + (KP)_j}{(PDC)_j} x_{ij} \right] ; PDC > 0 \quad 3.1$$

$$Max F_p = \frac{\sum AP}{A} \frac{1}{A} \sum_{i=1}^A \sum_{j=1}^K \left[\frac{1}{(\sqrt{t_i})} P_i x_{ij} \right] ; \sum AP, A > 0, \quad 3.2$$

$t \in \{1,2,3,4,5\}$

$$Max F_z = \alpha * F_p + \beta * F_k ; F_p : [0-1], F_k : [0-1], \alpha + \beta = 1 \quad 3.3$$

Denklem 3.1 kurum memnuniyetini maksimum yapacak amaç fonksiyonudur. Kurum memnuniyetinin ölçüsü; kurumun ihtiyacı olan personelin ne oranda karşılandığıdır. Kurumun personel ihtiyacı ne kadar karşılanırsa kurum memnuniyeti o derece artmış olacaktır. Bunun için kurum memnuniyeti; kurumların mevcut çalışanlardan atanarak ayrılacak personel sayısı (KP) ile kurumlara atanan personel sayısı (AP) toplamının, kurumun PDC değerine oranı ((AP+KP)/PDC) ile ölçülür. Bu oran ne kadar büyükse o kadar ihtiyaçlar karşılanmış demektir, dolayısıyla kurum memnuniyeti artmış olacaktır. Bütün istekler karşılanırsa bu oran 1 olur. Toplam kurum memnuniyeti; kurumların ayrı ayrı ((AP+KP)/PDC) oranlarının toplamıdır. Bunu [0-1] aralığında tutmak için, toplam kurum memnuniyeti, toplam kurum sayısına bölünür. Atanan personelin kurumlar arasında dengeli dağılımı da söz konusu olduğundan; kurumların isteklerinin karşılama oranı olan (AP/IP) veya (KP+AP)/PDC şeklinde ifade edilir. Kurumların isteklerinin karşılama

oranları arasındaki dengesizliğin az olması için karşılama oranları arasındaki dağılımın değişkenliğinin minimum olması gerekmektedir. Bunun için de kurumların karşılama oranlarının standart sapması kurum amaç fonksiyonuna dahil edilmelidir. Standart sapma $1/(S+1)$ olarak amaç fonksiyonuna katılmıştır. Çünkü karşılama oranları arasındaki fark büyükse standart sapma büyük olacağından maksimizasyon olan amaç fonksiyonuna azaltıcı etkisi olacaktır. Standart sapma değeri $[0-1]$ aralığında olacağından $1/(1+S)$ şeklinde kullanılarak, standart sapmanın 0 olması durumunda oluşabilecek sıfıra bölme hatası giderilmiştir.

Denklem 3.2 personel memnuniyetini maksimum yapmayı amaçlamaktadır. Personel memnuniyetinin ölçüsü; Mümkün olduğu kadar çok adayın öncelikli tercihine atanmasıdır. Adayların $T_i = \{k_t, t=1,2,3,4,5\}$ tercih kümesindeki tercihleri arasından; k_1 , en çok tercih ettiği kurumu, k_5 ise en az tercih ettiği kurumu ifade etmektedir. Denklem 3.2'ye göre, maksimizasyon olan amaç fonksiyonunda; adayın tercih sırasının kare kökünün çarpmaya göre tersinin alınarak $(1/\sqrt{t})$, adayın öncelikli tercihine yerleştirilmesi amaçlanmıştır. Örneğin; adayın 1. tercihine yerleştirilmesiyle amaç fonksiyonuna katkısı; $1/\sqrt{1}=1$ iken, 3. tercihinde $1/\sqrt{3}=0,577$, 5. tercihine yerleştirmesi durumunda amaç fonksiyonuna katkısı $1/\sqrt{5}=0,447$ olacaktır. Böylece adayın öncelikli tercihine atanma ihtimali arttırılmış olacaktır. Ayrıca mümkün olduğu kadar çok adayın atanması istenmektedir. Bu durum Denklem 3.2'deki amaç fonksiyonunda, atanan aday sayısı toplamının (toplam AP), toplam aday sayısına (A) bölümü $(\frac{\sum AP}{A})$, şeklinde görülmektedir. $\frac{\sum AP}{A}$ oranında, A aday sayısı sabit olduğundan $\sum AP$ (atanan aday sayısı) değeri büyüdükçe, maksimizasyon olan amaç fonksiyonu büyüyecek, $\sum AP$ (atanan aday sayısı) değeri azaldıkça amaç fonksiyonu da azalacaktır. Adaylar arasında bir yarış söz konusu olduğundan, hangi adayın öncelikli olacağını belirleyen ve adayların çeşitli kriterlerine göre elde edilmiş olan P_i değeri de (i . adayın puanı) Denklem 3.2'deki amaç fonksiyonuna eklenmiştir. Aday amaç fonksiyonu, kurum amaç fonksiyonu ile aynı ölçüt birimiyle değerlendirilmelidir. Bunun için aday amaç fonksiyonu toplam aday sayısına bölünerek $[0-1]$ aralığında normleştirilmelidir.

Denklem 3.3 amaç fonksiyonlarının tek bir amaç fonksiyonu şeklinde değerlendirilmesine imkan verecektir. Burada α veya β katsayıları olarak alınan ağırlık oranları değiştirilerek amaçlardan birisine öncelik tanınabilir. Amaçların ağırlıklarını belirleyen α ve β değerlerini toplamı 1 olmalıdır ($\alpha+\beta=1$).

3.5.2. Problem Kısıtları

Problemin çözümü belirli koşullar altında gerçekleşmelidir. Problemin çözümü sırasında uyulması gereken kurallar optimizasyon problemlerinde kısıtlar olarak adlandırılmaktadır. Problemdaki kısıtlar; kurum kısıtları ve aday

kısıtları olarak iki grupta ele alınacaktır. Kısıtların bazıları mutlaka uyulması gereken zorunlu (hard) kısıtlar iken, bazıları da zorunlu değil ama mümkün olduğunca uyulacak (soft) kısıtlar olarak belirlenmiştir. Zorunlu veya zorunlu olmayan kısıtları oluşturan kurallardan bazıları atama işlemi esnasında eşzamanlı olarak güncellenecektir. Örneğin; bir kurumdan atanarak ayrılacak personel olduğunda, kurumun istenen personel sayısı dinamik olarak bir arttırılır. Böylece kuruma ihtiyacı olan yeni personel gelme ihtimali arttırılır. Yine kurumdan bir personel atanarak ayrıldığında, kurumun kalan personel sayısı dinamik olarak eksiltileceğinden, daha sonra kurumdan ayrılacak adaylar için (KP/MP $\geq \rho$ oranı) belirleyici olacaktır. Problemin kısıtları şu şekilde ifade edebilir:

Kısıtlar;

$$1. \sum_{j=1}^K (AP)_j \leq (IP)_j \quad ; j = 1, 2, \dots, K \quad 3.4$$

$$2. \sum_{j=1}^K (KP)_j / (MP)_j \geq \rho \quad ; \rho: \text{Kurumdan ayrılabilir personel oranı} \quad 3.5$$

$$3. \sum_{i=1}^A \text{Say}(T_i) = 5 \quad ; \text{Say}(T_i): i. \text{adayın tercih sayısı} \quad 3.6$$

$$4. \sum_{i=1}^A T_i x_{ij} \leq 1 \quad ; T_i: i. \text{adayın tercih kümesi ve } j = 1, 2, \dots, K \quad 3.7$$

$$5. \sum_{j=1}^K T_i x_{ij} \leq 1 \quad ; i = 1, 2, \dots, A \text{ ve } j \in T_i \quad 3.8$$

$$6. \text{Eğer } (MP)_j \geq 1 \text{ ise } \sum_{j=1}^K (KP)_j \geq 1 \quad 3.9$$

$$7. \sum_{j=1}^K (IP + KP)_j \leq (PDC)_j \quad 3.10$$

$$8. \sum_{j=1}^K (AP + KP)_j \leq (PDC)_j \quad 3.11$$

Kısıt1: Kurumlarda atanacak personel sayısı istenen personel sayısından küçük veya eşit olmalıdır.

Kısıt2: Bir atama döneminde, kurumdaki halen çalışan personelin tümünün atanarak ayrılmasına izin verilmez. Kurumda kalan personelin sayısının, halen çalışan personel sayısına oranı belirli bir değerin (ρ) altına düşmemelidir. Bu oranı her kurum kendisi, farklı branşlar için farklı şekillerde belirleyebilir. Örneğin; bir atama döneminde, bir kurum halen çalışan personelinin %40'ının atanarak ayrılmasını istememektedir. O halde $\rho=0,4$ olmalıdır. Yani halen çalışan personelin %40'dan daha fazlasının gitmesine izin verilmez. Kurumun halen çalışan personel sayısı (MP) 8, $\rho=0,4$ ise, buna göre $(KP/8) \geq 0,4$ olur ve buradan $KP=3,2 \cong 3$ olur. Bu durumda, kurumda halen çalışan 8 personelden 3'ü kalacak ve $(8-3=5)$ 5'inin atanarak gitmesine izin verilecektir.

Kısıt3: Her aday, halen çalıştığı kurum hariç tam beş farklı kurum tercihi yapmalıdır.

Kısıt4: Her aday tercih ettiği kurumlardan birine, sadece bir kez atanabilir yada atanamaz.

Kısıt5: Kuruma atama sadece o kurumu seçen adaylar içerisinde yapılabilir. Kurumu tercih eden aday yoksa kuruma atama yapılamaz.

Kısıt6: Kurumun mevcut personel değeri birden büyük olan kurumlarda, en az bir aday atanmadan kalmalıdır.

Kısıt7: Kurumda istenen personel değeri ile kalan personel değeri toplamı PDC değerini aşamaz. Kurumdan ayrılan personel olursa istenen personel sayısı dinamik olarak arttırılacaktır.

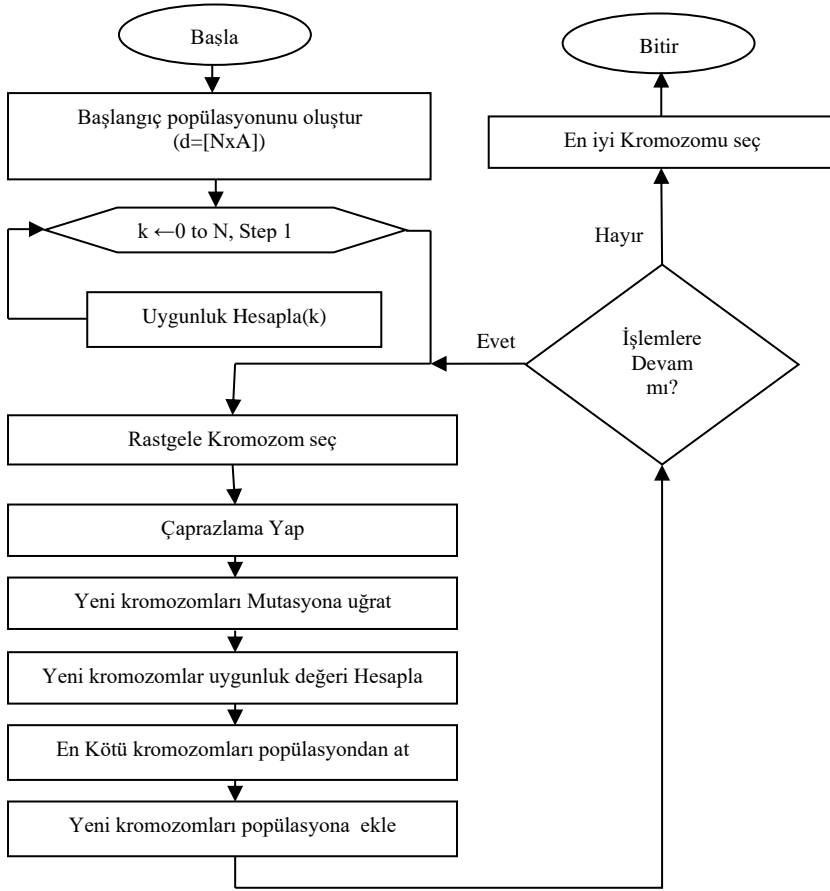
Kısıt8: Kuruma atanan aday sayısı ile istenen aday sayısının toplamı personel dağılım çizelgesi (PDC) değerinden küçük veya eşit olmalıdır.

Atama sırasında, her atama işleminden sonra bazı kısıt fonksiyon değerleri anlık olarak güncellenmelidir. Bu durumda bazı kısıt denklemleri değişken olmak zorundadır. Buna göre;

- Kurumdan atanarak ayrılan her personel için, kurumun istenen personel sayısı arttırılmalıdır.
- Kurumdan atanarak ayrılan her personel için, kurumun kalan personel sayısı bir eksiltilmelidir. Böylece kurumdaki mevcut personelin tümünün atanarak ayrılmasına izin verilmemesi ile ilgili Kısıt 2'nin sağlıklı çalışması sağlanmaktadır.
- Halen çalışan personeli olmayan kurumlara, tercih eden adaylar içerisinde en az bir aday atanmalıdır. Bu kısıt, zorunlu olmayıp yazılım programı yardımıyla sağlanacaktır.

2.6. PROBLEMİN GENETİK ALGORİTMA AKIŞ ŞEMASI

Kurumlar ve adaylarla ilgili gerekli veriler toplandıktan sonra problemin GA çözümü için gerekli işlem adımları Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 2.5: Hekim Atama Problemi Genetik Programlama akış şeması

Problem bir başlangıç popülasyonun oluşturulmasıyla başlar. Bu aşamada popülasyon büyüklüğü kadar kromozom, yani çözüm uzayının başlangıç bölümünü oluşturan kromozom bilgileri (genler) rastgele oluşturulur. Daha sonra bu kromozomların uygunluk fonksiyonları Denklem 3.3'teki amaç fonksiyonuna göre hesaplanır. Sonraki adımda, kromozom seçme yöntemlerinden biri kullanarak çaprazlamaya girecek ebeveyn bireyler seçilir. Seçilen ebeveyn kromozomlar belirlenen çaprazlama yöntemiyle çaprazlanarak iki yeni çocuk kromozom oluşturulur. Yeni oluşturulan çocuk kromozomlar mutasyona uğratılıp uygunluk değerleri hesaplanır. Popülasyondaki kromozomlardan uygunluk değeri en düşük olan belirli sayıda (iki) kromozom popülasyondan atılır. Bunların yerine yeni oluşturulan çocuk kromozomlar popülasyona ilave edilir. Bu işlemler belirli bir sonlandırma kriteri sağlana kadar (optimum çözümü bulana kadar) tekrarlanır. Sonlanma kriteri sağlandığında, yani GA işlemi bittikten sonra, popülasyonda kalan

kromozomlar (bireyler) uygunluk değerine göre sıralanıp, en uygun değere sahip kromozom ya da kromozomlar, en uygun çözümü veren kromozom olarak belirlenir. Bu kromozomdaki bilgilerden, hangi kuruma kimler yerleşti, kaç kişi yerleşti, kim nereye kaçınıcı tercihinin yerleştirildi, ne kadar açık kaldı vb. gibi bilgileri elde edilebilir. Bunun yanı sıra yeni popülasyondan uygunluk değerine göre belirli bir uygunluk değerinin üzerinde kalan kromozomları alarak, uygun çözümler bölgesi (bkz. Castello, 2006) oluşturup bu bölge içerisinde seçenekli çözümler de elde edilebilir.

2.7. PROBLEMİN ÇÖZÜM ADIMLARI

Problemin çözümü için şu adımlar izlenecektir:

- Her bir branş için kurumların personel ihtiyaçlarının belirlenmesi
- Adayların açık olan kadrolara tercih başvurusu
- Atamada karar verirken uygunluk fonksiyonunda kullanılmak üzere, adayların puanlarının hesaplanması
- Adayların puanlarının normalleştirilmesi
- Kromozom yapısının belirlenmesi
- Başlangıç popülasyonunun oluşturulması
- GA algoritmasının işletilmesi
- Popülasyondaki en iyi kromozoma göre atama bilgilerinin ilan edilmesi

3.7.1. Kurum Tablosu ve Kurum İhtiyaçlarının Belirlenmesi

Problemde kullanılmak üzere, kurumlar ile ilgili tüm bilgiler Çizelge 3.8'deki gibi tek bir tabloda toplanarak buradan takip edilmesi atama sırasında kolaylık sağlayacaktır. Kurumlar; $j=\{0,1,2,\dots,K\}$ birer tamsayı ile ifade edilecektir. Bu gösterim, genetik algoritmada kromozom oluştururken kodlamada yardımcı olacaktır. Her kurumun belirli bir branşa ait olması gereken personel sayısı, bakanlık tarafından ülkenin genel nüfusu ve eldeki personel göz önüne alınarak hesaplanmalıdır (Mevzuat, 2007). Bu hesaplama belirli periyotlarla değişen durumlara göre bakanlıkça güncellenir. Buna belirli bir branşta belirli bir kurumun personel dağılım cetveli (PDC) denir. Belirli bir branşta kurumda halen çalışan mevcut personel sayısı (MP), başlangıçta mevcut personel sayısı ile aynı değere sahip olan kalan personel sayısı (KP) bilgisi, kurumdan atanarak ayrılan her personel için bir eksiltir. Böylece kurumda halen çalışan personelden kaç kişinin kurumda kaldığının takibi yapılabilir. Bu bilgi kısıt olarak kullanılacaktır. Kurumların ihtiyaç duydukları istenen personel sayısı (IP), ile kalan personel (KP) sayısı toplamı, kurumun PDC değerini aşamaz. İstenen personel sayısını her kurum mevcut kadro sayısına göre kendisi belirler. Ancak bu işlemler atama döneminden önce olması gerektiğinden, kurumdan kaç personelin ayrılacağını tahmin etmek mümkün olmadığı için ancak (PDC-MP) değeri kadar bir kadro isteğinde bulunabilir. Eğer kurumdaki tüm personel atanarak ayrılırsa kurum personel

sıkıntısı çekecektir. Buna çözüm olarak, atama esnasında eşzamanlı olarak, kurumdan ayrılarak giden her personel için, kurumun kalan personel sayısı bir eksiltilirken, istenen personel sayısı da bir artırılarak, atanarak ayrılan personel sayısı kadar yeni personelin gelebilme imkanı sağlanmış olacaktır. Öte yandan kurumdaki halen çalışan personelin tümünün ayrılmasını engellemek için, mevcut personel ve mevcut personelden atanarak ayrılanlardan sonra, kalan personel sayısının belirli bir oranın altına düşmesi engellenerek tüm personelin ayrılmasına izin verilmemiş olacaktır.

Kurum tablosunda, kurumda olması gereken personel (PDC), mevcut personel, atamadan sonra kalan personel, istenen personel, atanmış personel, personel dağılım oranı, atanamama oranı gibi bilgiler yardımıyla kurum amaç fonksiyonunun hesaplaması tek bir tablo üzerinden yapılabilecektir.

Çizelge 2.8: Kurumların personel durum, istek, yerleşim tablosu

| Kurumlar | Personel Dağılım Çizelgesi (PDC) | Mevcut Personel Sayısı(MP) | Kalan Personel Sayısı(KP) | İstenen Personel Sayısı(IP) | Atanan Personel Sayısı(AP) | Atanamama oranı(ρ) | Personel Dağılım oranı |
|----------|----------------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|
| 0 | 5 | 4 | 3 | 5-4= 1 (2) | 1 | 0,20 | 0,800 |
| 1 | 6 | 5 | 3 | 6-5= 1 (3) | 1 | 0,20 | 0,667 |
| 2 | 4 | 3 | 2 | 4-3= 1 (2) | 1 | 0,20 | 0,750 |
| 3 | 6 | 3 | 1 | 6-3= 3 (5) | 0 | 0,20 | 0,167 |
| 4 | 7 | 6 | 4 | 7-6= 1 (3) | 0 | 0,20 | 0,571 |
| 5 | 3 | 2 | 2 | 3-2= 1 | 1 | 0,20 | 1,00 |
| 6 | 9 | 2 | 1 | 9-2= 7 (8) | 2 | 0,20 | 0,333 |
| 7 | 4 | 3 | 3 | 4-3= 1 | 1 | 0,20 | 1,00 |
| 8 | 9 | 7 | 7 | 9-7= 2 | 0 | 0,20 | 0,778 |
| 9 | 4 | 0 | 0 | 4-0= 4 | 2 | 0,20 | 0,500 |

Tabloya göre mevcut personel sayısı ile kalan personel sayısı değerleri başlangıçta aynıdır. Ancak her atama yapıldığında atanmış personelin çalıştığı kurumun kalan personel sayısı eksileceğinden bu tabloda kalan personel sayısı olarak belirtilmiştir. Kurumun mevcut çalışanlarından belirli bir oranı (ρ) kadar personelin ayrılmasına izin verilmemesi için $(KP/MP \geq \rho)$ denklemini sağlayacak kadar personelin ayrılmasına izin verilecektir. Tablodaki atanamama oran (ρ) her kurum mevcut çalışanın hangi oranda ayrılarak gitmesine izin verileceğini belirlemesi içindir. Örneğin; tabloda bu oran tüm kurumlar için %20 olarak belirlenmiştir. Yani halen çalışan personelin %20'si kurumda kalmalıdır. Her kurumun istenen personel sayısı, kurumun PDC değeri ile mevcut personel sayısının farkı ($IP=PDC-MP$) kadardır. Bu değer

kurumda halen çalışan personelden her atanarak ayrılan için eşzamanlı olarak bir arttırılır. Böylece daha fazla adayın gelmesi imkanı sağlanmış olur. Örneğin; kurum 4'ün istenen personel sayısı başlangıçta 1 iken, atama sırasında kurumdan iki kişi ayrıldığı için 3 olmuştur. Böylece kuruma yeni 3 adayın gelebilme ihtimali sağlanmıştır. Bu durum; tabloda ($7-6=1$ (3)) şeklinde gösterilmiştir. Tablonun son sütunu kurumlara göre personel dağılım oranını göstermektedir. Bu değer; kurumda kalan personel ile yeni atanan personelin toplamının, PDC değerine oranıdır. Bu oran amaç fonksiyonunda kullanılarak kurumlarda personelin daha dengeli dağılımı sağlanacaktır. Tüm kurumlar için bu oranın 1 olması arzu edilir ancak bu pratikte mümkün değildir. O halde yapılması gereken, bu oranı bütün kurumlarda mümkün olduğunca dengeli olarak yukarıya çekmektir.

Çizelge 3.8'deki örnek kurum tablosunda kullanılan kısaltmalar ve açıklamaları şu şekildedir:

Personel Dağılım Çizelgesi (PDC): Ülke şartlarına göre bakanlıkça hazırlanmış ve değişen şartlara göre belirli dönemlerde güncellenen, toplamda ilgili kurum için ilgili branşta tahsis edilebilecek kadrodur.

Mevcut Personel (MP): Halen ilgili branşta belirtilen kurumda çalışmakta olan personel sayısıdır.

Kalan Personel (KP): Başlangıçta mevcut personel kadardır. Anacak atama esnasında kurumdan ayrılan her personel için KP değeri bir eksiltilir böylece halen çalışan personelin kaç tanesinin kaldığı bilinir ve gerekirse bu sayının belirli bir değerin veya oranın (ρ) altına düşmesi engellenebilir.

İstenen Personel (IP): Kurum yetkili birimlerinin ilgili branştaki istihdam etmek istediği personel sayısını ifade etmektedir. Bir kurumdan bir aday atanarak ayrıldığında istenen personel değeri bir arttırılmalıdır. Böylece her zaman kurumun ihtiyacı kadar personeli istihdam edebilme olanağı sağlanmış olacaktır. İstenen kadro bilgisi kurumlar tarafından il sağlık müdürlükleri vasıtasıyla sağlık bakanlığına ulaştırılmakta ve sağlık bakanlığı kendi önceliklerine göre düzeltmeler yapabilmektedir. Aslında bu değer; personel dağılım çizelgesi değerinden, mevcut kadro değerinin çıkarılmasıyla elde edilecek değer olmalıdır.

Atanan Personel (AP): Kurumu tercih eden adaylardan atananların toplamını gösterir.

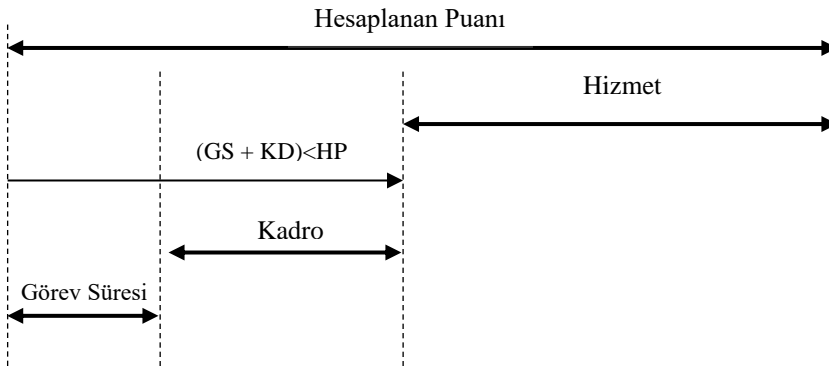
3.7.2. Problemde Kullanılacak Aday Puanının Hesaplanması

Atama sırasında adayların birbiriyle yarıştığı durumda, yani aynı kurumu tercih eden adaylar arasında atamada öncelik verilip verilmeyeceği, verilecek ise neye göre olacağı önemlidir. Adayların yarıştığı durumda, hizmet puanı

yüksek olan aday atama önceliğine sahiptir. Hizmet puanlarının eşit olması durumunda, kadro derecesi yüksek olan aday atama önceliğine sahiptir. Eğer kadro dereceleri de eşit ise, bu durumda hizmet sürelerine bakılır. Hizmet süresi fazla olan aday atama önceliğine sahiptir. Problemden işlemlerde kolaylık olması için tüm bu ifadeler tek bir sayısal değer haline getirilmelidir.

Puanların hesaplanması sırasında, kadro derecelerinde, rakamsal olarak büyük değer küçük dereceyi, küçük değer büyük dereceyi ifade etmektedir. Örneğin; kadro derecesi 5 olan aday kadro derecesi 6 olan adaya göre atama önceliğine sahiptir. Kadro derece bilgisi, *kadro* ve *derece* olarak iki farklı birim olarak ifade edilmelidir. Örneğin; kadrosu iki derecesi dört olan aday, kadrosu iki derecesi üç olan adaya göre atama önceliğine sahiptir. Dolayısıyla hesaplamalarda bu durum da dikkate alınmalıdır.

Adayların hizmet puanı (HP), kadro derecesi (KD) ve görev süresi (GS)'den oluşacak yeni puanı (P) için Şekil 3.6'daki gibi bir hesaplama yöntemi geliştirilmiştir.



Şekil 2.6: Adayın hesaplanmış puanının şematik gösterimi

Şekil 3.6'ya göre görev süresinden elde edilebilecek en yüksek puan, kadro derecesinden elde edilecek en düşük puandan daha az olmalıdır.

- $Min(KD) > Max(GS)$;

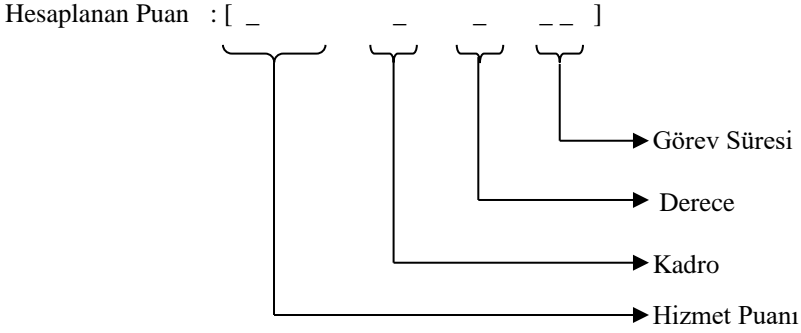
Böylece aynı puana sahip iki adaydan; kadro derecesi büyük olan aday atama önceliğine sahip olacaktır.

Yine benzer şekilde kadro derece ve görev süresinden elde edilebilecek en yüksek puan, hizmet puandan elde edilecek en düşük puandan az olmalıdır.

- $Min(HP) > (Max(KD) + Max(GS))$

Böylece hizmet puanı yüksek olan aday atama önceliğine sahip olacaktır.

Bu durumda adayın hesaplanmış puanı Şekil 3.7'deki gibi yazılabilir:



Şekil 2.7: Aday puanının hesaplaması

Şekil 3.7'de görüldüğü gibi adayın, hizmet puanı, kadro derecesi, görev süresi bilgileri hesaplanan puanın basamak değerlerini oluşturur. Hesaplanan puanın oluşması için: atamada hizmet puanı öncelikli olduğundan, en büyük basamak değeri hizmet puanından oluşmalıdır (Güngör, 2003). Daha sonraki basamak değerlerini kadro ve derecesi, son basamak değerini de görev süresi bilgileri oluşturmaktadır.

Adayın hesaplanan puanı için:

Hizmet Puanı : Soldan başlamak üzere aynen yazılacaktır.

Kadro: Kadro belirli bir sayıdan (örn:9) başlayarak belirli süre hizmet verdikten sonra eksilerle 1'e doğru indiğinden, rakamsal olarak büyük olan kadro hesaplanan puana katkısı daha az, rakamsal olarak küçük olan kadronun ise hesaplanan puana etkisi daha fazla olmalıdır. En düşük kadro 9, en büyük kadro da 1 olduğundan, kadro bilgisinin, hesaplanan puana katkısı ($10-kadro$) olarak alınacaktır ve puanda hizmet puanından sonra bir basamak yer tutacaktır.

Derece: Çalışanlara her hizmet yılı için bir derece verilir. Bu dereceler 3'ü geçtiğinde, bir kadro verilir ve derece tekrar 1'den başlar. Bazen kurumda kadro olmadığı zaman, ya da kadro 1'e ulaştığında dereceler artmaya devam edebilir. Derece bilgisi, derece 1'den başlayıp 4'e kadar giden tamsayılardır. Derece bilgisi, kadrodan farklı olarak rakamsal olarak büyük olan değer daha iyi olduğunu gösterir. Bu yüzden hesaplamada derece rakamı aynen alınacaktır.

Hizmet Süresi: Hizmet süresi fazla olan adayın hesaplanan puana etkisi daha büyük, hizmet süresi az olan adayın hesaplanan puana etkisi az olmalıdır. Bu durum hizmet süresi iki basamak olarak aynen hesaplamaya alınacaktır.

Örnek:

Aday1= { Hizmet Puanı: 325; Kadro: 1; Derece: 1; Görev süresi: 40 }

Buna göre adayın hesaplanan puanı;

Aday1'in hesaplanan puanı için basamak oluşturmak üzere hizmet puanı, kadro, derece, görev süresi bilgileri birleştirilerek (toplama değil) elde edilir:

325 ; (10-1); 1 ; 40; değerleri birleştirilir ise

Hesaplanan puanı(P) : 325 9 1 40 değeri elde edilir. $P1=3259140$ olur.

Aday2= { Hizmet Puanı:326; Kadro: 9; Derece: 1; Görev süresi:1 }

Aday2'nin hesaplanan puanı için basamak oluşturmak üzere hizmet puanı, kadro, derece, görev süresi bilgileri birleştirilerek:

326 ; (10-9) ; 1 ; 01 ; değerleri birleştirilir ise

Hesaplanan Puanı (P) : 326 1 1 01 değeri elde edilir. $P2=3261101$ olur.

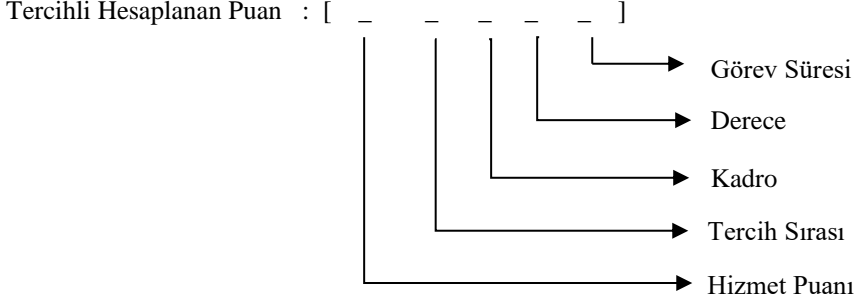
Görüldüğü gibi, Aday1'in kadro derecesi en yüksek, görev süresi en fazla olmasına rağmen, hizmet puanı Aday2'den 1 az olduğu için, Aday1'in hesaplanan puanı **3.259.140** iken, Aday2'nin kadro derecesi düşük, hizmet puanı daha az olmasına rağmen hesaplanan puanı **3.261.101**'dir. Dolayısıyla Aday2'nin hizmet puanı büyük olduğundan, hesaplanan puanı da daha büyük olacağı için Aday2 atama önceliğine sahip olacaktır.

Adayların elde edilen bu hesaplanmış puanlarının amaç fonksiyonunda kullanılabilmesi için normalleştirilmesi gerekmektedir. Bunun içinde tüm adayların hesaplanmış puanları bulunduktan sonra, her adayın hesaplanmış puanı en büyük hesaplanmış puana bölünerek puanlar [0-1] aralığında normalleştirilir.

3.7.3. Tercih Sırasına Göre Aday Puan Hesabı

Aday hizmet puanına göre öncelikli tercihinin atama yapabilmek için, tercih sırasını da dikkate alacak bir puan hesabı yapılmalıdır. Bunun için puan hesaplarken Şekil 3.8'de görüldüğü gibi tercih sırasının basamak değeri hizmet puanından hemen sonra yerleştirilmiştir. Bu da puanı yüksek olan adayın diğer adaylara göre istediği tercihinin yerleştirme imkanı sağlayacaktır. Adayın tercihli puan hesabı, aynen önceki başlıkta belirtilen puan hesabı gibi yapılacaktır. Ancak rakam olarak düşük olan tercih öncelikli olarak atanmak istediği tercih olduğundan, hesaplamada tercih sırası alınırken (6-tercih sırası) şeklinde kullanılmalıdır. Ancak problemin çözümünde tercihli hesaplanan puan bilgisi kullanılmamaktadır. Onun yerine adayların hesaplanan puanı ve tercih

sırası aday amaç fonksiyonunda birlikte kullanılmaktadır. Tercihli hesaplanan puan bilgisi kullanılacak olursa Denklem 3.2'deki aday amaç fonksiyonundan tercih bilgisi çıkartılmalı ve hesaplanan puan bilgisi yerine de sadece tercihli hesaplanan puan bilgisi kullanılmalıdır.



Şekil 2.8: Aday tercihine göre puanının hesaplaması

3.7.4. Aday (Personel) Tablosu ve Aday Bilgileri

Adayları kurumlara yerleştirme işlemine başlanmadan önce, adaylara ait bir takım bilgiler toplanmalıdır. Aday bilgileri ayrıca atama sırasında amaç fonksiyonunda kullanılacaktır. Bunun için ilk olarak personel bilgi sisteminden adayla ilgili olarak; hizmet puanı, kadrosu, derecesi, hizmet süresi, halen çalıştığı kurum bilgileri elde edilmelidir. Adayın hizmet puanı; adayın görev süresi, çalışmaları (kitap, dergi, makale, konferans, vb.) yaptığı idari görevler vb. gibi kriterlere göre bakanlıkça belirlenir (Mevzuat, 2007). Sırasıyla, adayın hizmet puanı, kadrosu, derecesi ve görev süresi bilgilerinden elde edilecek puan (P) bilgisi atama esnasında adayların yarışma (racing) durumunda hangi adayın öncelikli olarak atanacağını karar verilmesinde kullanılacaktır. Çizelge 3.9'da adaylarla ilgili bilgiler verilmiştir. Çizelgeye göre her aday i ile sembolize edilmiş ve $i = \{0, 1, \dots, A\}$ bir tamsayı ile gösterilmiştir. Bu gösterim biçimi genetik algoritmanın kromozom kodlamasında kolaylık sağlayacaktır. Çizelgede, her adayın hizmet puanı, kadrosu, derecesi, hizmet süresi, hesaplanan puan ve normalleştirilmiş puan bilgileri mevcuttur. Adayların normalleştirilmiş puanı; hesaplanmış puanlarının, en yüksek hesaplanmış puana bölünmesiyle elde edilir.

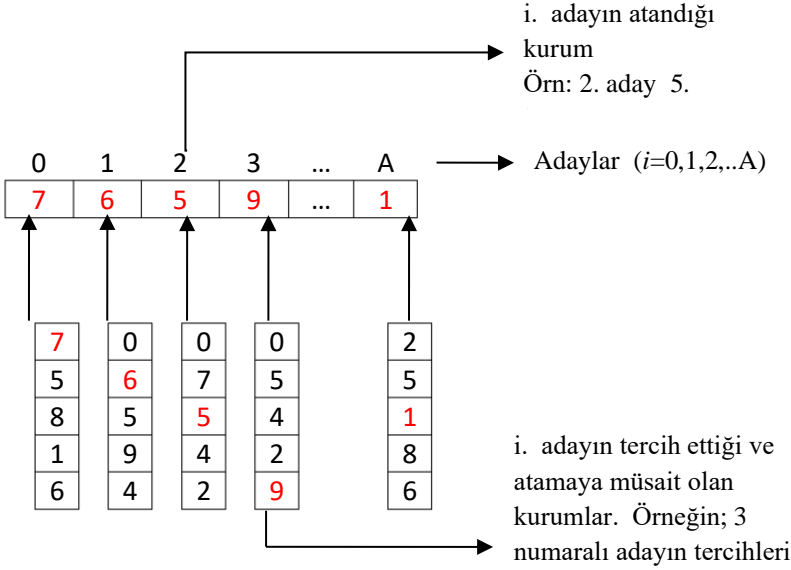
Çizelge 2.9: Aday bilgi tablosu.

| Adaylar | Yerleştiği Tercih Sırası | 1.tercih ettiği Kurum | 2.tercih ettiği Kurum | 3.tercih ettiği Kurum | 4.tercih ettiği Kurum | 5.tercih ettiği Kurum | Çalıştığı Kurum | Normalleştirilmiş Puanı | Hesaplanan Puanı | Hizmet Puanı | Kadro | Derece | Hizmet Süresi |
|---------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|-------------------------|------------------|--------------|-------|--------|---------------|
| 0 | 1 | 7 | 5 | 8 | 1 | 6 | 4 | 1 | 11203202 | 1120 | 7 | 2 | 2 |
| 1 | 2 | 0 | 6 | 5 | 9 | 4 | 3 | 0,937 | 10501424 | 1050 | 9 | 4 | 24 |
| 2 | 1 | 0 | 7 | 5 | 4 | 2 | 1 | 0,856 | 9592421 | 959 | 8 | 4 | 21 |
| 3 | 5 | 0 | 5 | 4 | 2 | 9 | 6 | 0,603 | 6757107 | 675 | 3 | 1 | 7 |
| 4 | 3 | 1 | 2 | 9 | 6 | 8 | 4 | 0,601 | 6733226 | 673 | 7 | 2 | 26 |
| 5 | 1 | 1 | 0 | 7 | 4 | 2 | 3 | 0,536 | 6007222 | 600 | 3 | 2 | 22 |
| 6 | 2 | 1 | 5 | 0 | 4 | 7 | 2 | 0,433 | 4852220 | 485 | 8 | 2 | 20 |
| 7 | 4 | 0 | 5 | 7 | 2 | 4 | 1 | 0,38 | 4262413 | 426 | 8 | 4 | 13 |
| 8 | 5 | 7 | 5 | 2 | 8 | 6 | 0 | 0,247 | 2771210 | 277 | 9 | 2 | 10 |
| 9 | -1 | 2 | 5 | 1 | 8 | 6 | 3 | 0,169 | 1892208 | 189 | 8 | 2 | 8 |

Problemin çözümü sırasında, kromozomların oluşturulması, amaç fonksiyonun hesaplanması, kısıtlara uygunluk bilgileri için, aday bilgi tablosu kullanılır. Tablodan hangi aday hangi kuruma kaçınıcı tercihi olarak yerleştirildiği, hangi kurumlara hangi adaylar yerleştirildiği, kurumlara kaç aday yerleşti gibi bilgiler kolaylıkla elde edilebilir. Aday atandığı zaman, eşzamanlı olarak, halen çalıştığı kurumun kalan personel sayısı eksiltiip, istenen personel sayısı da artırılacağından, tabloda adayın halen çalıştığı kurum bilgisi de verilmiştir. Kısaca adayla ilgili tüm işlemler Çizelge 3.9'daki aday bilgi tablosundan elde edilebilir.

3.7.5. Problemin Genetik Algoritma Kromozom Yapısı

Genetik algoritma, problemin çözüm uzayında, rastgele oluşturulmuş bir başlangıç kromozom (birey) popülasyonu ile başlar. Bu yüzden problemin genetik algoritma ile çözümü için, problemin kromozom yapısının belirlenmesi ile başlanır. Kromozom da genlerden oluştuğundan, genler problemin özelliğine göre uygun bir kodlama seçilerek tespit edilir. Şekil 3.8'de problemin kromozom yapısı görülmektedir:



Şekil 2.9: Hekim Atama Problemin Kromozom Yapısı.

Şekil 3.9'a göre problemin çözümü için oluşturulan kromozomlar bir dizi şeklinde tanımlanmıştır. Dizisinin indis değeri adayları ifade etmektedir, dolayısıyla kromozom büyüklüğü aday sayısı olan A kadar olmalıdır. Dizinin değeri, yani kromozomun genleri ise adayın atandığı kurumu göstermektedir. Kurumlar da ardışık tamsayılar ile ifade edildiğinden, her bir genin alabileceği değer bir tamsayı olacaktır. Başka bir ifadeyle, kromozom dizisinin indisi adayları, dizinin içeriği ise adayın atandığı kurumu göstermektedir. Adaylar;

$i=\{0,1,2,...,A\}$, kurumlar da $j=\{0,1,2,...,K\}$ şeklinde ifade edilmiştir.

Kromozom oluştururken, öncelikle aday sayısı kadar elemanı olan tek boyutlu bir tamsayı dizisi oluşturulur. Dizinin ilk indis değeri alınır (i . aday, $i=0$) ve bu adayın tercih ettiği kurumlar $T_i=\{k_1,...,k_5\}$, $t=\{1,2,3,4,5\}$ ile ayrı bir tercih dizisi oluşturulur. Bu tercih dizisinden atamaya müsait olanlardan rastgele biri seçilerek dizinin i . indisine (gen) yerleştirilir.

Şekil 3.9'a göre, $i=2$ numaralı adayın tercih ettiği kurumlar $T_2=\{0,7,5,4,2\}$ 'dir. Bunlardan rastgele biri seçilmiş (adayın 3. tercihi olan kurum 5) ve aday 2'ye atanmıştır ($d[2]=5$). Benzer şekilde dizideki tüm adaylara (dizinin tüm elemanları) atama yapılarak bir kromozom oluşturulur. Oluşturulan bu kromozom çözüm kümesinin bir elemanıdır. Burada adayın atanabilmesi için problemin genel kısıtları dikkate alınmalıdır. Kısıtlar, atama sırasında kurum ve aday kısıt fonksiyonları yardımıyla elde edilebileceği gibi

ayrıca, atama bilgi sistemi veri tabanı üzerinden, T-SQL sorguları ile sağlanabilmektedir.

Bunun için kromozom oluşturulurken şu adımları izlenmelidir:

Adım1: Aday tablosundaki tüm adayları hizmet puanı, kadro, derece ve görev süresi kısıtlarına göre büyükten küçüğe sırala. Ya da adayları hesaplanan puana göre büyükten küçüğe sırala.

Adım2: Aday sayısı kadar bir dizi oluştur. Dizinin ilk indisinden (ADAY) başlayarak aşağıdaki adımları gerçekleştir. Eğer bir adaya atama yapılamıyor ise (-1) değerini ata (dizinin ilgili indeksine -1 yerleştir).

Adım3: Sıradaki ADAY'ın aday tablosundan, halen çalışmakta olduğu kurumu al ve aday atanabilir durumda mı bak? Bunun için:

```
if (
  ( select ( kalan Personel/ mevcut Personel) from kurumlar where
    kurum=halen_çalıştığı_kurum AND aday=@ADAY
  ) >= Oran ) ATANABİLİR else ATANAMAZ
```

Adım4: Üçüncü adımda aday atanabiliyor ise, adayın tercih ettiği kurumları seç.

```
SELECT kurum FROM tercihler WHERE aday=@ADAY
AND kurum IN
( SELECT kurum FROM kurumlar WHERE PDC > ( KP+AP) AND IP>AP
) ORDER BY tercih_sırası
```

Adım5: Dördüncü adımda adayın tercihleri olarak elde edilen kurumlardan rastgele bir kurum seç. Seçilen kurumlarda ilk sıradaki ilk tercih edilen kurumdur. Dolayısıyla ilk sıradaki seçilerek, adayların öncelikli tercihlerine yerleştirilmesi sağlanabilir. Ancak bu şekilde atama yapıldığında, kromozomun ilk sıralarındaki adaylar öncelikli tercihinine atanırken, ilerledikçe daha sonraki adaylar atanamaz duruma gelecektir. Bu adayların kurumlar arasında dengesiz dağılımına neden olacağından kurum memnuniyeti azalacaktır. Öte yandan kromozomlar birbirinin çok benzeri veya kopyası olabileceğinden çözüm uzayının tümünün araştırılması mümkün olmayabilecektir. Bunun için geliştirilen yazılımda otomatik olarak, rastgele kurum seçimi yapılmakta, ancak en az bir kromozom öncelikli tercihe göre oluşturulmaktadır.

Adım6: Atama yap. Bu işlem de kendi içinde adımlar şeklinde yapılmaktadır.

- Tercih tablosundan adayın atandığı kuruma göre atandı=1 yap
UPDATE tercihler set atandı=1 WHERE kurum=atandığı_kurum AND aday=@ADAY
- Atandığı kurumun atanmış personel sayısını bir artır
UPDATE kurumlar set atanmış=(atanmış+1)

- WHERE kurum = atandığı_kurum
- c) Aday atanarak halen çalıştığı kurumdan ayrılacağı için kurumun mevcut kadrosu eksiltilmeli ve istenen kadrosu artırılmalıdır.
- UPDATE kurumlar set kalan=(kalan-1), istenen=(istenene+1)
- WHERE kurum=halen_çalıştığı_kurum

Adım7: Dizinin tüm indis değerlerine (ADAY) atama yapılmadı ise *Adım3'*e git.

Adım8: Tüm adaylar atandığında, yada adayların atanabilme ihtimali kalmadığında kromozom oluşum işine son verilerek bir başka kromozom için ilk adımdan başlayarak işlem tekrarlanır. Bu şekilde popülasyon büyüklüğü kadar kromozom oluşturulur.

Bu şekilde oluşturulan başlangıç kromozomları aslında tamamen rastgele değil belirli ölçüde iyileştirme yapılmış kromozomlardır. Zira her atamadan sonra eşzamanlı olarak atanan adayların halen çalıştığı kurumların istenen personel sayısı artırılarak bir sonraki aday için yer açılır. Böylece daha çok adayın atanması sağlanmış olur.

Bundan sonraki adımlar ise, amaç fonksiyonuna göre popülasyondaki kromozomların uygunluk değerlerinin hesaplanması, seçme, çaprazlama, mutasyon, düzeltme, elde edilen yeni kromozomun uygunluk değerinin hesaplanması, popülasyondan atılacak kromozomların belirlenerek atılması ve yeni bireylerin popülasyona eklenmesi işlemleridir. Bu işlemler optimum çözümü bulana kadar ya da belirli bir sonlanma kriteri sağlanana kadar tekrarlanır. İşlemler bitince popülasyondaki en uygun değere sahip kromozom veya kromozomlar, kodlandığı mantıkla çözülerek (decode) hangi aday hangi kuruma kaçınıcı tercihi olarak atandı, hangi kuruma kaç personel atandı gibi bilgiler elde edilebilir. Başlangıç kromozom yapısının oluşturulmasının adımları Liste 3.1'de verilmiştir.

Liste 2.1: Kromozom oluşturma algoritması

```

1: for ( a ← 0 to A ) do
2: begin
3:   calistigi_kurum ← a. adayın halen çalıştığı kurum
4:   if (a. aday atanabilecek ise)
5:     begin
6:       kurumlar [ ] ← (a. adayın tercih ettiği kurumlar dizisi oluşturulur.)
7:       k ← ( kurumlar[ ] dizisinden rastgele bir kurum seçilir )
8:       if ( k = 0 OR k = null ) then // atanabilecek kurum yok ise
9:         kromozom [a] ← 0
10:      else // atanabilecek kurum var ise
11:        begin
12:          kromozom [a] ← k
13:          personel [a].atandı ← 1

```

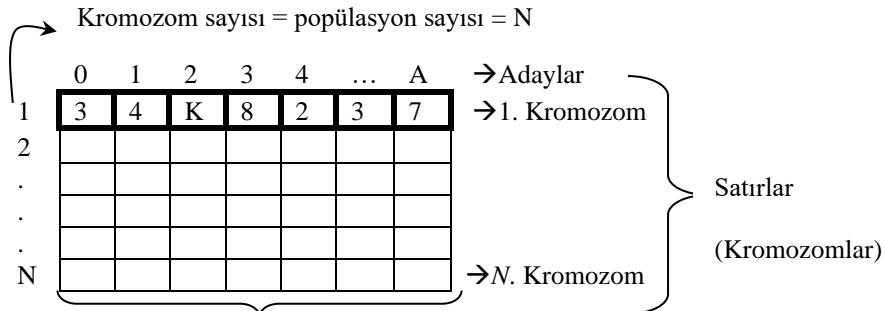
```

14:          kurumlar [k].atanan← atanan + 1
15:          kurumlar [calistigi_kurum].kalan ← mevcut - 1
16:          kurumlar [calistigi_kurum].istenen ← istenen + 1
17:      end
18:  end // end if
19: end // end for
    
```

3.7.6. Problemin Başlangıç Kromozom Popülasyonunun Oluşturulması

Genetik Algoritmada problemin çözümü, rastgele türetilmiş bir başlangıç kromozom popülasyonu ile başlar. Başlangıç popülasyonunun tüm çözüm uzayını kapsaması gerekmez. Belirli sayıdaki rastgele oluşturulmuş kromozomlar popülasyonu oluşturur. Problemin çözümü için oluşturulacak başlangıç popülasyonunun yapısı iki boyutlu bir matris şeklinde tanımlanabilir. Şekil 3.10'da görüldüğü gibi belirli sayıdaki kromozomdan iki boyutlu matris dizisi elde edilerek başlangıç kromozom popülasyonu oluşturulmuştur.

Kromozom büyüklüğü aday sayısı kadardır ve her bir gen adayın atandığı kurumu gösterir. Popülasyondaki her kromozom çözüm uzayının bir elemanıdır. Bu şekilde çözüm uzayından N adet kromozom başlangıç kromozomu popülasyonunu oluşturur. Şekil 3.10'daki matris dizisinde; popülasyon sayısı N ve her bir kromozomun A adet geni görülmektedir. Matris dizisinin satır indisleri kromozomu, sütun indisleri de adayları sembolize etmektedir. Matris dizisinin herhangi bir satırına bakarak (kromozom), hangi aday hangi kuruma atandığı bilgisi elde edilebilir. Yine bir kuruma kaç personel atandığı bilgisi de bulunabilir. Örneğin matris dizisinin 1.satır 3. sütunda 8 değeri varsa, bunun anlamı 3. aday 8. kuruma atanmıştır. Benzer şekilde, bir kromozom dizisinde aynı kurumdan kaç tane varsa o kuruma, o sayı kadar personel atanmıştır. Örneğin bir kromozom dizisinde toplam 3 adet 6 değeri varsa, bunun anlamı 6. kuruma 3 aday atanmıştır.



Dizideki sütunlar bir kromozomun genlerini ifade eder. Yani adayın atandığı kurum

Şekil 2.10: Başlangıç popülasyonu kromozom dizisi matris yapısı

Kromozom yapısı oluşturulurken aşağıdaki adımlar izlenerek problemin çözümü için gerekli olan başlangıç popülasyonu oluşturulur.

- Branş seçilir.
- İlgili branşa ait başvuruda bulunan aday sayısı (A) belirlenir.
- Başlangıç popülasyonu (kromozom sayısı) (N) belirlenir.
- N satır, A sütunlu (N x A) bir tamsayı matris dizisi oluşturulur.
- Her satırın, her bir sütununa adayların tercih ettiği kurumlardan rastgele seçilerek yerleştirme yapılır.

Başlangıç kromozomu oluşturulurken en az bir kromozom, kısıtlar dikkate alınarak adayların ilk tercihlerine yerleştirilir.

Çizelge 2.10: Örnek bir başlangıç kromozomu yapısı

| | P0 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | Fz | Fp | Fk | Ss |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 7 | 0 | 0 | 5 | 1 | 1 | 1 | 2 | 8 | -1 | 0,46 | 0,459 | 0,460 | 0,41 |
| 1 | 8 | 0 | 7 | 9 | 9 | 1 | 5 | 4 | 2 | -1 | 0,426 | 0,350 | 0,502 | 0,313 |
| 2 | 7 | 6 | 0 | 2 | 1 | 4 | 5 | 4 | 8 | -1 | 0,425 | 0,386 | 0,465 | 0,367 |
| 3 | 5 | 0 | 7 | 4 | 9 | 4 | 1 | 2 | 6 | -1 | 0,424 | 0,355 | 0,492 | 0,319 |
| 4 | 6 | 5 | -1 | 2 | -1 | 4 | 4 | 7 | 8 | -1 | 0,303 | 0,148 | 0,457 | 0,376 |
| 5 | 7 | 0 | 5 | 4 | 2 | 4 | 1 | 2 | 8 | -1 | 0,422 | 0,38 | 0,464 | 0,4 |
| 6 | 8 | 6 | 7 | 9 | 2 | 1 | 5 | 0 | 6 | -1 | 0,421 | 0,349 | 0,493 | 0,304 |
| 7 | 8 | 0 | 7 | 9 | 1 | 4 | 5 | 2 | 6 | -1 | 0,419 | 0,348 | 0,49 | 0,319 |
| 8 | 7 | 0 | 5 | 2 | 1 | 4 | 4 | 2 | 8 | -1 | 0,418 | 0,372 | 0,464 | 0,4 |
| 9 | 7 | 0 | 5 | 4 | 8 | 1 | 4 | 2 | 6 | -1 | 0,417 | 0,369 | 0,465 | 0,367 |

Çizelge 3.10'da örnek başlangıç kromozom yapısı verilmiştir. Çizelgedeki başlangıç popülasyonu; Çizelge 3.8'deki kurum bilgileri ve Çizelge 3.9'daki aday bilgilerine göre kurum istekleri, aday tercihleri ve kısıtlar dikkate alınarak oluşturulmuştur. Burada dizi indisleri 0'dan başlamıştır. Problemin çözümü için kullanılan C# programlama dilinde dizi indislerinin 0'dan başlamasından dolayı program yazarken kolaylık olması için bu şekilde alınmıştır. Çizelgeye göre 2. kromozom ele alınırsa; 0. aday (P0) kurum 7'ye, 1. aday (P1) kurum 6'ya atanmıştır. 9. aday (P9) kısıtlardan dolayı (bu adayın halen çalıştığı kurum 3 olduğundan ve atama sırasında 3 numaralı kurumun mevcut çalışanlardan ikisi atanarak ayrıldığı için sadece bir personel kalmıştır) atanamamıştır, dolayısıyla atandığı kurum (-1) olarak yazılmıştır. Yine çizelgenin son dört sütununda; kromozomun uygunluk fonksiyonu (F_z), personel uygunluk fonksiyonu (F_p), kurum uygunluk fonksiyonu (F_k) ve kurumların karşılama oranlarının standart sapmasını gösteren (S_s) bilgileri bulunmaktadır. Burada F_z değerine bakılarak hangi kromozomun daha uygun çözüm verdiğine karar verilir. Amaç fonksiyonumuz maksimizasyon olduğu için; F_z değeri büyük olan kromozomun daha uygun çözümler sunması beklenir. Kromozomların F_z değeri; çaprazlamaya girilecek kromozom seçimi, popülasyonda kalacak kromozomların belirlenmesi, popülasyondan atılacak kromozomların belirlenmesi gibi durumlarda kullanılır. Aynı tablodan kurum memnuniyeti (F_k) ve aday memnuniyeti (F_p) ölçüsü olan uygunluk değerleri de

ayrı ayrı hesaplanmıştır. Örneğin; 1. kromozomda $F_k=0,502$ iken, $F_p=0,350$ 'dir. Kurum ve aday uygunluk değerlerinin belirli oranlardaki toplamı alınıp problemin uygunluk değeri ($F_z=\alpha * F_p + \beta * F_k$) elde edilmekte ve buna göre karar verilmektedir.

3.7.7. Kromozomların Çaprazlanması

Genetik algoritmaların doğası gereği, popülasyonda daha iyi bireyler oluşturmak için, güçlü bireyler birbirleriyle çaprazlanarak, daha uygun yeni bireyler elde edilmesi beklenir. Genetik algoritma çözüm uzayında daha uygun çözümlere ulaşabilmek için, popülasyondaki güçlü olan bireyler kalır, zayıf olan bireyler ise atılır. Problemden daha iyi çözümler elde edebilmek için, popülasyondaki kromozomların uygun seçim metotları ile seçilip, eşleştirilerek yeni kromozomlar elde edilmesi sağlanmalıdır. Bunun için popülasyondaki kromozomlardan bir kısmı belirli kriterlere göre seçilerek, kendi aralarında çaprazlanıp, yeni kromozomlar elde edilerek mutasyondan geçirildikten sonra popülasyona katılır ve kötü olan kromozomlar da popülasyondan atılır. Bu işlem belirli sayıda tekrarlanarak, popülasyonda kalan kromozomların daha iyi çözümler sunması beklenir. Bu işlemler için sırasıyla şu adımlar tekrarlanmalıdır:

3.7.8. Çaprazlanacak Ebeveyn Kromozom Seçimi

Yeni bireyler oluşturmak için popülasyondan eşleştirmeye girecek ebeveyn kromozomların seçilmesi gerekir. Bunun için farklı kromozom seçme yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler detaylı olarak İkinci Bölümde incelenmiştir. Çalışmada, kararlı hal genetik algoritması ve rulet çarkı seçme metodu kullanılarak ebeveyn seçme işlemleri ayrı ayrı denenmiştir. Kararlı durum genetik algoritmasında çaprazlamaya girecek kromozomlar popülasyondan rastgele seçilmektedir. Dolayısıyla bütün kromozomların seçilme ihtimali eşit olduğundan, yerel optimumlara takılma ve monotonluk önlenmiş olur. Rulet çarkı seçme metodunu kullanmak için kromozomların uygunluk değerlerinin hesaplanmış olması gerekmektedir. Örnek olarak, Çizelge 3.11'de, popülasyondaki kromozomların uygunluk değerleri gösterilmiştir. Tabloya göre, her kromozomun uygunluk değerini popülasyondaki uygunluk değerleri toplamının yüzde kaçını oluşturduğu bulunmalıdır.

$$Y_k = \sum_{k=1}^N \left[\frac{F_k * 100}{\sum_{k=1}^N F_k} \right] \quad (3.12)$$

Y_k : k . kromozomun yüzdeler dilimi,
 N : Toplam kromozom sayısı,
 F_k : k . kromozomun uygunluk değeri,

$\sum_{k=1}^N Fk$: Kromozomların uygunluk değerleri toplamı.

Denklem 3.12 ile her bir kromozomun yüzdelik değerleri hesaplanarak Çizelge 3.12'deki gibi işlenmelidir. Bu işlem için EK'deki program kodunda *FitnessPersonel()* ve *FitnessKurum()* fonksiyonlarından elde edilen kurum ve aday uygunluk değerlerinin belirli oranlarının toplamı kullanılmaktadır. Tablodaki veriler uygunluk (F_z) değerine göre büyükten küçüğe sıralanır. En büyük yüzdelik diliminden itibaren 0-100 aralığında oranlar dağıtılır. Eğer uygunluk değerleri birbirine çok yakın ise oranları daha belirgin hale getirmek için Denklem 3.12'deki 100 katsayısı yerine 1000 alınarak, binde oranları üzerinden işlem yapılabilir. Dağıtım yapıldığında Şekil 3.12'dekine benzer bir dağılım çıkacaktır. Burada uygunluk değerine göre kromozomların seçilme olasılıkları (%106) ile (%96) arasında değişmektedir.

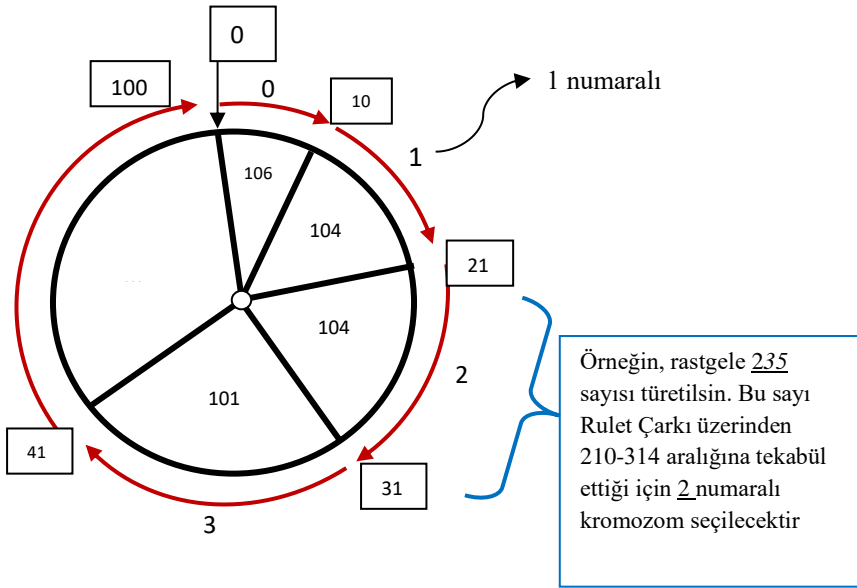
Çizelge 2.11: Başlangıç popülasyon havuzu kromozom yapısı

| | P0 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | Fz | Fp | Fk | Ss |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 7 | 6 | 0 | 0 | 1 | 7 | 1 | 2 | 2 | -1 | 0,446 | 0,432 | 0,461 | 0,408 |
| 1 | 7 | 6 | 0 | 9 | 2 | 1 | 5 | 4 | 8 | -1 | 0,441 | 0,391 | 0,49 | 0,319 |
| 2 | 7 | 6 | 0 | 9 | 2 | 7 | 1 | 5 | 5 | -1 | 0,44 | 0,396 | 0,484 | 0,401 |
| 3 | 7 | 4 | 0 | 5 | 2 | 1 | 1 | 5 | 8 | -1 | 0,425 | 0,404 | 0,447 | 0,458 |
| 4 | 5 | 6 | 0 | 4 | 1 | 7 | 1 | 5 | 6 | -1 | 0,424 | 0,387 | 0,461 | 0,401 |
| 5 | 7 | 4 | 0 | 4 | 1 | 7 | 1 | 2 | 6 | -1 | 0,421 | 0,384 | 0,457 | 0,383 |
| 6 | 7 | 4 | 0 | 2 | 1 | 7 | 4 | 0 | 2 | -1 | 0,418 | 0,38 | 0,456 | 0,423 |
| 7 | 7 | 5 | 0 | 0 | 6 | 7 | 4 | 4 | 2 | -1 | 0,417 | 0,373 | 0,462 | 0,413 |
| 8 | 8 | 0 | 4 | 4 | 2 | 7 | 1 | 5 | 7 | -1 | 0,408 | 0,358 | 0,458 | 0,417 |
| 9 | 1 | 9 | 0 | 2 | 6 | 1 | 1 | 5 | 2 | -1 | 0,391 | 0,343 | 0,439 | 0,46 |

Çizelge 2.12: Kromozomların uygunluk değerleri, kromozom yüzdelik değerine göre sıralanmış tablo

| Kromozom Numarası | Uygunluk değeri | Kromozom Bindelik (Yüzdelik) Değeri | Bindelik(Yüzdelik) değerine göre kümülatif dağılım |
|-------------------|-----------------|-------------------------------------|--|
| 0 | 0,446 | 106 | 106 |
| 1 | 0,441 | 104 | 104+106=210 |
| 2 | 0,44 | 104 | 104+210=314 |
| 3 | 0,425 | 101 | 101+314=415 |
| 4 | 0,424 | 100 | 100+415=515 |
| 5 | 0,421 | 100 | 100+515=615 |
| 6 | 0,418 | 99 | 99+615=714 |
| 7 | 0,417 | 98 | 98+714=812 |
| 8 | 0,408 | 96 | 96+812=908 |
| 9 | 0,391 | 92 | 92+908=1000 |

Çizelge 3.12’de elde edilen yüzdeler (bindelik) oranları Şekil 3.11’deki gibi rulet çarkı olarak gösterilebilir. Yüzdeler oranlarına göre her kromozom, çarkın % kaçını (yada binde kaçını, ‰) kapladığı şekildeki gibi belirlenir. Her kromozomun kümülatif dağılım değeri şekildeki gibi rulet çarkına yerleştirilir.



Şekil 2.11: Rulet Çarkı seçme metodu

Çizelge 3.11’deki başlangıç kromozom havuzunu dikkate alarak rulet çarkı yöntemiyle kromozom seçimi işlemi yapmak için Çizelge 3.12 elde edilir. Bu tabloya bakarak hangi kromozomların seçileceğine karar vermek için 1-1000 aralığında rastgele bir sayı üretilir. Üretilen sayı rulet çarkının en dışındaki kutucuklarda yazan (kümülatif toplam dağılım) hangi rakam aralığında ise, saat yönündeki okun üzerinde yazan rakam ile gösterilen kromozom seçilmiş olacaktır. Örneğin; rastgele üretilen sayı 235 olsun, bu değeri 210- 314 aralığında olacağına 2 numara ile belirtilen kromozom seçilecektir. Yine ikinci rastgele sayı 58 olduğu varsayılırsa ikinci seçilecek kromozom 0 olacaktır. 0. ve 2. kromozomlar eşleştirilerek iki yeni birey elde dillecektir. Rulet çarkı hesaplaması EK’deki programın *RuletCarki()* fonksiyonu ile gerçekleştirilmiştir.

3.7.9. Seçilen Kromozomların Çaprazlanması

Yeni çocuk kromozomların oluşturulabilmesi için popülasyondan iki adet ebeveyn kromozom seçilmelidir. Daha sonra ebeveyn kromozomlar çaprazlama yöntemlerinden biri kullanılarak yeni çocuk kromozomlar oluşturulur. Problemin çözümünde tek noktalı çaprazlama için “1” ile

kromozomlardaki gen sayısı aralığında (1, [Aday sayısı-1]) rastgele bir tamsayı üretilir. Bu tam sayı her iki ebeveyn kromozomları ikiye böler. Ebeveyn1'in birinci parçası ile ebeveyn 2'nin ikinci parçası birleştirilip çocuk1 kromozomu oluşturulur. Yine benzer şekilde ebeveyn2'nin birinci parçası ile ebeveyn1'in ikinci parçası birleştirilip çocuk2 kromozomu oluşturulur.

İki noktalı çaprazlama yapmak için yine benzer şekilde "1" ile kromozomlardaki gen sayısı aralığında rastgele iki tamsayı türetilir. Şekil 3.12'de görüldüğü gibi bu iki nokta, kromozomları üç parçaya böler. Bu parçalar ile çocuk1 ve çocuk2 kromozomları oluşturulur.

| | | | Çaprazlama Noktası= 2 | | | | Çaprazlama Noktası= 6 | | | |
|-------|---|---|-----------------------|---|---|---|-----------------------|---|----|-----------|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 6 | 6 | 0 | 9 | 1 | 2 | 4 | 6 | 7 | -1 | Ebeveyn 1 |
| 7 | 4 | 0 | 5 | 6 | 1 | 1 | 6 | 6 | -1 | Ebeveyn 2 |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| ----- | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 6 | 6 | 0 | 5 | 6 | 1 | 1 | 6 | 7 | -1 | Çocuk 1 |
| 7 | 4 | 0 | 9 | 1 | 2 | 4 | 6 | 6 | -1 | Çocuk 2 |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |

Şekil 2.12: Kromozomların iki noktadan çaprazlanması

Örneğin; Şekil 3.12'de çaprazlama noktası için rastgele üretilen iki sayıdan biri 2, diğeri 6 olsun. Buna göre ebeveyn1'in [0-2] aralığındaki bölümü ile ebeveyn 2'nin [3-6] aralığındaki parçası ve ebeveyn1'in [7-9] aralığı birleştirilip çocuk1 kromozomu oluşturulur. Benzer şekilde çocuk2 kromozomu için; ebeveyn2'nin [0-2] aralığı, ebeveyn1'in [3-6] aralığı ve ebeveyn2'nin [7-9] aralığı birleştirilir. Böylece çaprazlama sonucu çocuk1 ve çocuk2 kromozomları oluşturulur. Elde edilen yeni çocuk kromozomlarda adaylar tercih etmedikleri kurumlara atanmış olabilir. Bu nedenle çocuk kromozomların problemin kısıtlarını sağlaması gerekmektedir. Bunun için çocuk kromozomdaki her adayın tercih ettiği kurumlara uygunluğu kontrol edilip gerekirse düzeltme yapılmalıdır. Bunun için gerekli algoritma izleyen bölümde ele alınacaktır. Elde edilen yeni çocuk kromozomların uygunluk değerleri hesaplanarak popülasyona dahil edilmelidir.

3.7.10. Kromozomlarda Düzeltme Yapılması

Yeni oluşturulan kromozomların problemin kısıtlarına uygunluğu kontrol edilmeli, gerekirse üzerinde düzeltmeler yapılmalıdır. Çocuk kromozomlardan elde edilecek atamalarda, adayın atandığı kurum, adayın tercihleri arasında olamayabilir. Başka bir husus ise kurumlara atanan aday sayısı kurumun istediği aday sayısından fazla olabilir veya kurumdan ayrılmaması gereken bir aday atanmış olabilir. Bütün bunlar bir düzeltme algoritması ile gözden geçirilerek kromozomlar üzerinde düzeltme yapılmalıdır. Gerekli düzeltme algoritması Liste 3.2’de verilmiştir.

Çocuk kromozomdaki her aday aşağıdaki işlem adımlarına tabi tutularak düzeltmeler yapılacaktır.

Adım1: Kısıtlara bakarak adayın atanabilir olduğu kontrol edilmelidir. Atanabilir değilse atandığı kurum değeri (-1) olarak (atanmadı) girilmelidir.

Adım2: Eğer aday atanabilir durumda ise, atandığı kurumun tercih ettiği kurumlar arasında olup olmadığı araştırılmalıdır.

Adım3: Adayın atandığı kurum eğer tercih ettiği kurum değil ise, tercih ettiği kurumlardan atanabileceği kurum olup olmadığı araştırılacaktır. Atanabileceği kurumlardan öncelikli tercihi olan bir kuruma atanmalıdır.

Adım4: Yukarıdaki adımlardan sonra aday atanabiliyor ise;

- a- Tercihler tablosundan, atandığı kurum ve kaçınıcı tercihi olduğuna bakarak ataması yapılır.
- b- Atandığı kurumun atanan sayısı bir arttırılır.
- c- Halen çalıştığı kurumun istenen kadro değeri bir arttırılır.
- d- Halen çalıştığı kurumun kalan kadro sayısı bir eksiltilir.

Adım5: Düzeltme yapılabilen olduğu sürece kromozom üzerinde düzeltme adımları tekrarlanmalıdır.

Adım6: Artık düzeltme yapılamıyor ise uygunluk fonksiyonu hesaplanmalıdır.

Liste 2.2: Kromozom düzeltme algoritması

```

atama yapılabilir = true
while (atama yapılabilir = true)
begin
  for ( a ← 0 to A ) do
    begin
      calistigi_kurum ← a. adayın halen çalıştığı kurum
      atama yapılabilir ← false
      if (a. aday atanabilecek ise)
        begin
          if(a. adayın atandığı kurum tercihleri arasında ise)
            begin
              if( atandığı kurum atamaya müsait değil ise) kromozom [a] ← 0
            else
              begin
                kurumlar [atandığı].atanan ← atanan + 1
                kurumlar [çalıştığı].istek ← istek + 1
                kurumlar [çalıştığı].kalan ← kalan - 1
                atama yapılabilir ← true
              end
            end else // atandığı kurum tercihleri arasında değilse
          begin
            kurumlar [ ] ← (a. adayı tercih ettiği kurumlar dizisini oluştur.)
            k ← ( kurumlar dizisinden rastgele bir kurum seç )
            if ( k = 0 OR k = null ) then kromozom [a] ← 0 // atanabilecek yoksa
            else begin // atanabilecek kurum varsa
              kromozom [a] ← k
              personel [a].atandı ← 1
              kurumlar [k].atanan ← atanan + 1
              kurumlar [calistigi_kurum].kalan ← mevcut - 1
              kurumlar [calistigi_kurum].istenen ← istenen + 1
            end
          end // atandığı kurum tercihleri arasında değilse
        end // atandığı kurum tercihleri arasında ise
      end // for
    end // while

```

3.7.11. Kromozomların Mutasyona Uğratılması

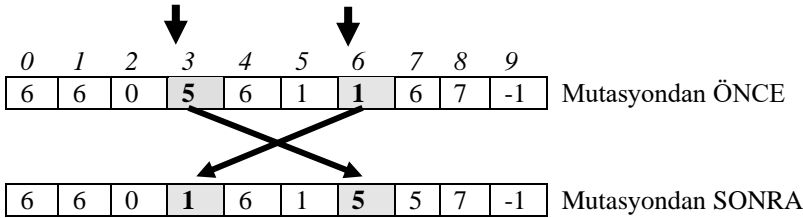
Popülasyondaki bireyler belirli bir süre sonra birbirine çok benzeyeceğinden, problemin çözümü yerel optimumlara takılabilecektir. Bunu önlemek için belirli sayıdaki kromozom mutasyona tabi tutulmalıdır. Çaprazlamadan sonra oluşan çocuk kromozomlar üzerinde rastgele seçilecek genlerin değiştirilmesi yoluyla, kromozom mutasyona uğratılıp, problemin çözümünde global optimuma yönelmeye yardımcı olacaktır. Genetik algoritmada farklı mutasyon teknikleri vardır. Genetik bölümünde bu yöntemler detaylı olarak anlatılmıştır. Çalışmada tek noktali mutasyon yöntemi ve çift noktali mutasyon yöntemi seçenekli olarak uygulanmıştır. Şekil 3.13’de görüldüğü gibi; tek noktali mutasyon işlemi için, elde edilen çocuk kromozom üzerinde rastgele seçilen iki gen karşılıklı olarak yer değiştirilir. Bu işlem için; 0 ile gen sayısı arasında (0, aday sayısı) rastgele iki tamsayı türetilir. Elde edilen tamsayılar genleri tutan dizinin indisleri olarak kullanılır. Dizinin bu indislerindeki değerler karşılıklı olarak yer değiştirilerek mutasyon işlemi gerçekleştirilir. Örneğin;

Birinci çaprazlama noktası için: $say1 = Random(0, gen\ sayısı)$

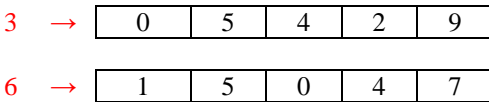
İkinci çaprazlama noktası için: $say2 = Random(0, gen\ sayısı)$

Eğer $say1$ ve $say2$ eşit ise $say1$ veya $say2$ için tekrar rastgele sayı üretilir.

$say1 = 3$ ve $say2 = 6$ olduğunu varsayarsak, bunun anlamı dizideki 3. eleman (gen) olan 5 değeri ile dizideki 7. eleman (gen) olan 1 değeri karşılıklı yer değiştirilir.



Şekil 2.13: Çocuk kromozomların mutasyon işlemi



Şekil 2.14: Örnek 3 ve 6 numaralı adayın tercih ettiği kurumlar

Şekil 3.13'e göre 6 numaralı adayın mutasyondan önce atandığı kurum 1'dir. Mutasyondan sonra atandığı kurum ise 5 olmuştur. Şekil 3.14'e bakıldığında 5 numaralı kurum, 6 numaralı adayın tercihleri arasındadır. Yine benzer şekilde Şekil 3.12'de görüldüğü gibi 3. adayın atandığı kurum 5 iken, mutasyondan sonra atandığı kurum 1 olmuştur. Şekil 3.14'e göre 1 numaralı kurum 3. adayın tercihleri arasında değildir. Bu durum, "her aday sadece tercihlerinden birine atanmalıdır" kısıtına uymamaktadır. Bunun için mutasyon işleminden sonra adayların atandığı kurumlar değişeceğinden düzeltme algoritması çalıştırılarak, adayların tercih etmedikleri kuruma atanmasını, kurumların da kendi kısıtlarının yerine getirilmesi sağlanmalıdır.

Problemde kromozomlar üzerinde düzeltme algoritması uygulandığında mutasyona gerek yokmuş gibi görünebilir. Ancak uygulamada mutasyon yapılmadığında, problemin yerel minimumlara takıldığı gözlemlenmiştir. Çalışmada tek noktalı ve çift noktalı çaprazlama yöntemleri programda seçenekli olarak verilmiştir. Problemin çözümünde, çaprazlama yönteminin tek noktalı veya çift noktalı olması çözüme herhangi farklılık katmamıştır. Ancak hiç mutasyon uygulanmadığında, belirli bir iterasyondan sonra yeni oluşan çocuk kromozomların birbirinin aynı olduğu yani yerel optimumlara takılarak global optimuma yönelmediği gözlemlenmiştir.

Popülasyonda, ebeveyn seçimi, çaprazlama, mutasyon işlemleri belirli sonlanma kriteri sağlanana kadar tekrar edilmelidir. Süreç bittikten sonra popülasyondaki en iyi uygunluk (fitness) değerine sahip kromozom veya kromozomlardaki bilgilerin kodu çözümlenip kurum ve aday bilgilerinin tutulduğu tablolarda ilgili yerlere aktarılarak problemin çözüm süreci bitirilmiş olacaktır.

2.8. ADAY-KURUM ATAMA ALGORİTMASI VE AKIŞ ŞEMASI

Adayları kurumlara atanırken, adayların tercihleri ve kurumların personel istek ve durumları belirlendikten sonra, adayların hizmet puanı, kadro derecesi, görev süresine bilgilerine göre atamada kullanılacak puanları hesaplanır. Adayların hesaplanan puanları normalleştirilerek, bu puana göre büyükten küçüğe sıralanır. Bu sıralama atama önceliği sıralaması olduğundan atamaya ilk sıradaki adaydan başlayarak sırasıyla aşağıdaki işlemler gerçekleştirilir:

Adım1: İlk adayı seç ($i=0$);

Adım2: i . adayın çalıştığı kurumu bul (C_i)

Adım3: C_i kurumunda çalışan personel atanabiliyor mu? Cevap hayır ise Git Adım11

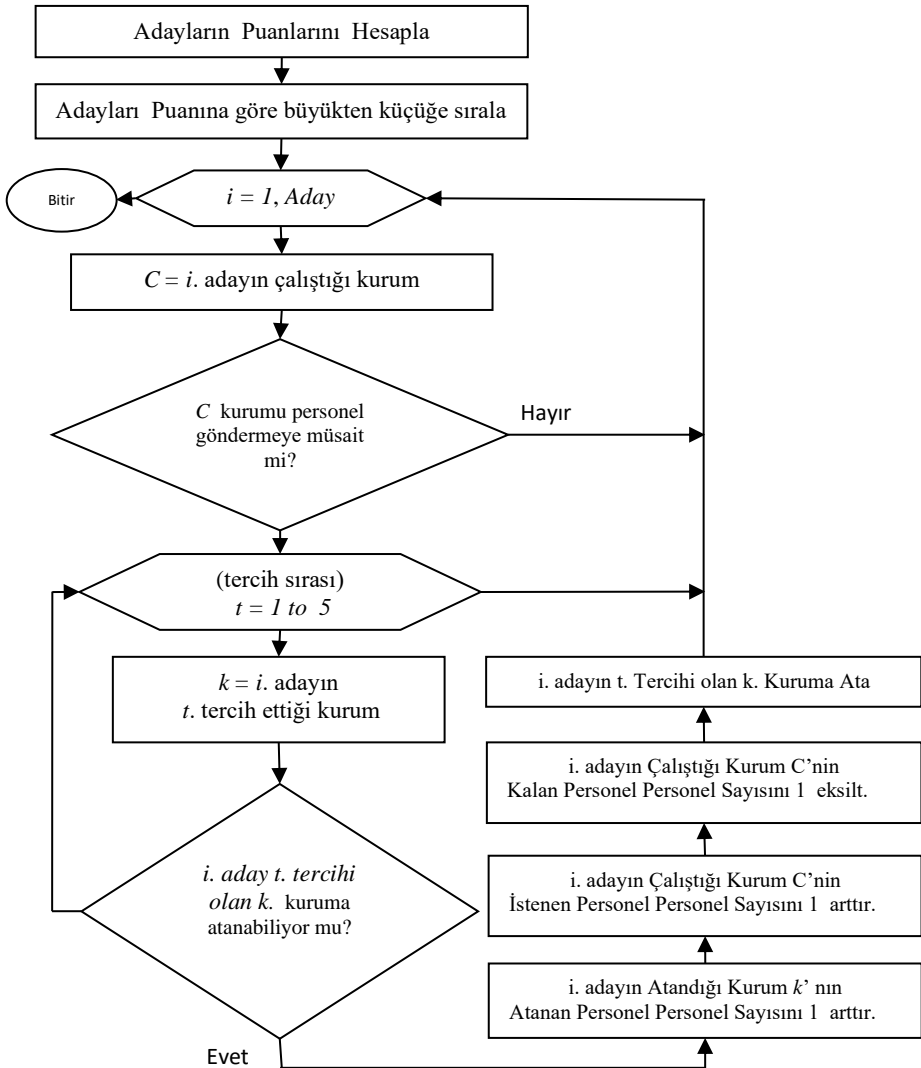
Adım4: i . adayın tercihlerini tercih sırasına göre al ($t_i = \{k_i\}$ ve $t = \{1,2,3,4,5\}$, $k = \{0,1,...,K\}$)

Adım5: i . aday t_j . tercihine atanabiliyor mu? Cevap Hayır ve tüm tercihlerine bakılmamış ise Git Adım4

Adım6: i . aday tercihlerinden hiçbirine atanmamış ise Git Adım11

- Adım7:** i . aday t . tercih ettiği kuruma (k) ata
- Adım8:** i . adayın çalıştığı kurum C_i 'nin kalan personel sayısını 1 azalt
- Adım9:** i . adayın çalıştığı kurum C_i 'nin istenen personel sayısını 1 arttır
- Adım10:** i . adayın atandığı kurum olan k 'nın atanan personel sayısını 1 arttır
- Adım11:** Bir sonraki adayı seç ($i = i+1$). Eğer son aday değilse Git Adım2
- Adım12:** İşlemi bitir

Şekil 3.15'te adayların kurumlara atanması adımlarının akış diyagramı verilmiştir.



Şekil 2.15: Hekim atama akış şeması.

BÖLÜM IV

HEKİM ATAMA PROBLEMİ UYGULAMASI: ÇÖZÜM VE SONUÇLARI

3.1. HEKİM ATAMA PROBLEMİNİN ÇÖZÜMÜ

Problemin çözümü için geliştirilen yöntemin örnek model üzerinde denenmesi için 10 adet kurum, bu kurumlara ait 32 adet istenen personel ve 10 adet aday bilgisini içeren bir veri seti gerçek veriler dikkate alınarak yazılım programı yardımıyla oluşturulmuştur.

Çözüm için öncelikle kurum ve aday bilgileri elde edilmelidir. Örnek 10 adet kurum bilgisi Çizelge 4.1’de görülmektedir. Çizelgede kurumlar ve bu kurumların personel dağılım cetveli (PDC), mevcut personel (MP), mevcut personelden atanarak ayrılanlardan sonra kalan personel (KP), istenen personel (IP), kuruma atanan personel (AP), mevcut personelin ne kadarının atanarak ayrılabilceğini belirleyen katsayı (ρ) ve atama oranı (ORAN) bilgileri mevcuttur. Çizelge, kurumlara hiçbir atama işlemi yapılmadan önceki halini göstermektedir. Atama sırasında KP, IP, AP, ORAN bilgileri eşzamanlı olarak değiştirilecektir. Atama işleminden sonraki kurumların personel durumu bilgileri Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Kurum ve aday kısıtları dikkate alınarak atama yapılacağından kurum kısıtı bilgilerine bu tablodan atama sırasında anlık bakılarak karar verilmektedir.

Çizelge 3.1: Atamadan önceki örnek kurum bilgileri

| | PDC | MP | KP | IP | AP | ORAN | ρ |
|---|-----|----|----|----|----|------|--------|
| 0 | 5 | 4 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0,2 |
| 1 | 6 | 5 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0,2 |
| 2 | 4 | 3 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0,2 |
| 3 | 6 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0,2 |
| 4 | 7 | 6 | 6 | 1 | 0 | 0 | 0,2 |
| 5 | 3 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0,2 |
| 6 | 9 | 2 | 2 | 7 | 0 | 0 | 0,2 |
| 7 | 4 | 3 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0,2 |
| 8 | 9 | 7 | 7 | 2 | 0 | 0 | 0,2 |
| 9 | 4 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0,2 |

Çizelge 4.2, Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4’deki bilgiler 3000 iterasyon yapıldıktan sonra elde edilmiş verilerdir. İşlem sırasında ilk 1000 iterasyon için rulet çarkı seçme metodu kullanılmış, daha sonraki iterasyonlar için kararlı durum genetik algoritmasından faydalanılmıştır. Her yeni çocuk birey için çift

noktalı mutasyon yapılmış ve daha sonra kromozom düzeltme algoritması uygulanmıştır.

Çizelge 3.2: Atamadan sonraki örnek kurum bilgileri

| K | PDC | MP | KP | IP | AP | ORAN | ρ |
|---|-----|----|----|----|----|------|--------|
| 0 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0,20 | 0,800 |
| 1 | 6 | 5 | 3 | 3 | 1 | 0,20 | 0,667 |
| 2 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1 | 0,20 | 0,750 |
| 3 | 6 | 3 | 1 | 5 | 0 | 0,20 | 0,167 |
| 4 | 7 | 6 | 4 | 3 | 0 | 0,20 | 0,571 |
| 5 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0,20 | 1 |
| 6 | 9 | 2 | 1 | 8 | 2 | 0,20 | 0,333 |
| 7 | 4 | 3 | 3 | 1 | 1 | 0,20 | 1 |
| 8 | 9 | 7 | 7 | 2 | 0 | 0,20 | 0,778 |
| 9 | 4 | 0 | 0 | 4 | 2 | 0,20 | 0,500 |

Çizelge 3.3: Örnek aday-bilgi, aday-tercih ve aday-atama tablosu

| A | TS | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ | T ₅ | C K | NP | P | HP | K | D | GS |
|---|----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|-------|----------|------|---|---|----|
| 0 | 1 | 7 | 5 | 8 | 1 | 6 | 4 | 1 | 11203202 | 1120 | 7 | 2 | 2 |
| 1 | 2 | 0 | 6 | 5 | 9 | 4 | 3 | 0,937 | 10501424 | 1050 | 9 | 4 | 24 |
| 2 | 1 | 0 | 7 | 5 | 4 | 2 | 1 | 0,856 | 9592421 | 959 | 8 | 4 | 21 |
| 3 | 5 | 0 | 5 | 4 | 2 | 9 | 6 | 0,603 | 6757107 | 675 | 3 | 1 | 7 |
| 4 | 3 | 1 | 2 | 9 | 6 | 8 | 4 | 0,601 | 6733226 | 673 | 7 | 2 | 26 |
| 5 | 1 | 1 | 0 | 7 | 4 | 2 | 3 | 0,536 | 6007222 | 600 | 3 | 2 | 22 |
| 6 | 2 | 1 | 5 | 0 | 4 | 7 | 2 | 0,433 | 4852220 | 485 | 8 | 2 | 20 |
| 7 | 4 | 0 | 5 | 7 | 2 | 4 | 1 | 0,38 | 4262413 | 426 | 8 | 4 | 13 |
| 8 | 5 | 7 | 5 | 2 | 8 | 6 | 0 | 0,247 | 2771210 | 277 | 9 | 2 | 10 |
| 9 | -1 | 2 | 5 | 1 | 8 | 6 | 3 | 0,169 | 1892208 | 189 | 8 | 2 | 8 |

Çizelge 4.3’de 10 adet örnek aday bilgisi görülmektedir. Çizelgede, adayların hizmet puanı (HP), kadro (K), derece (D), görev süresi (GS) bilgileri atama sırasında adayların kıdemini ifade etmektedir. Bu bilgilerden elde edilen puan bilgisi (P) sütununa işlenmiştir. Normalleştirilmiş puan (NP) sütunu ise puan (P) sütununun normalleştirilmesi sonucu elde edilmiştir. Normalleştirme işlemi için; puan sütunundaki tüm değerler bu sütundaki en büyük değere bölünerek, her bir adayın puanı [0-1] aralığında normalleştirilmiştir. Çizelgedeki CK sütunu, adayların halen çalıştıkları kurumu göstermektedir. T₁, T₂, T₃, T₄, T₅ sütunları ise tercih sırasıyla, adayın birinci tercih ettiği kurumdan itibaren, tercih ettiği kurumları göstermektedir. TS sütunu, atama işleminden sonra adayın tercih ettiği kurumlardan kaçınıcı tercihine yerleştirildiğini göstermektedir. Eğer aday hiçbir tercihinin yerleştirilmemiş ise TS’ye (-1) değeri atanır. Örneğin; Çizelge 4.3’de 9. aday hiçbir tercihinin atanmamıştır,

dolayısıyla 9. adayın TS sütunu (-1)'dir. Problem kısıtları dikkate alınarak, adaylar bu çizelgeye göre ilk adaydan başlayarak (0.aday) sırayla öncelikli tercihlerine atanmaya çalışılır. Çizelgeye göre 0. adayın tercih ettiği kurumlar tercih sırasına göre 7,5,8,1,6 kurumlarıdır. Adaylar, mümkün olduğu kadar öncelikli tercihlerine atamak koşuluyla tercih ettiği kurumlardan birine yerleştirilmeye çalışılmalıdır. Bunun için 0. aday önce birinci tercihi olan kurum 7'ye atanmaya çalışılacaktır. Eğer birinci tercihi atanamıyorsa, ikinci tercihi olan kurum 5'e atanmalıdır. Bu da mümkün değilse benzer şekilde daha sonraki tercihlerinden birine yerleştirilmeye çalışılır. Aday hiçbir tercihi yerleştirilemiyorsa, atanamadı anlamındaki (-1) değeri TS sütununa işlenir.

Çizelge 3.4: Kromozom havuzu ve uygunluk tablosu

| | P0 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | Fz | Fp | Fk | Ss | O |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| Kr0 | 7 | 6 | 0 | 9 | 9 | 1 | 5 | 2 | 6 | -1 | 0,451 | 0,385 | 0,517 | 0,27 | 0,656 |
| Kr1 | 7 | 6 | 0 | 9 | 9 | 1 | 5 | 2 | 8 | -1 | 0,447 | 0,386 | 0,507 | 0,294 | 0,656 |
| Kr2 | 7 | 6 | 0 | 9 | 9 | 1 | 4 | 5 | 6 | -1 | 0,446 | 0,384 | 0,508 | 0,272 | 0,646 |
| Kr3 | 7 | 6 | 0 | 5 | 9 | 1 | 4 | 2 | 6 | -1 | 0,445 | 0,391 | 0,498 | 0,297 | 0,646 |
| Kr4 | 7 | 6 | 0 | 9 | 9 | 4 | 1 | 5 | 6 | -1 | 0,444 | 0,379 | 0,508 | 0,272 | 0,646 |
| Kr5 | 7 | 6 | 0 | 9 | 9 | 2 | 1 | 5 | 8 | -1 | 0,443 | 0,378 | 0,507 | 0,294 | 0,656 |
| Kr6 | 7 | 6 | 0 | 2 | 9 | 1 | 5 | 4 | 6 | -1 | 0,442 | 0,386 | 0,498 | 0,297 | 0,646 |
| Kr7 | 7 | 6 | 0 | 5 | 9 | 1 | 4 | 2 | 8 | -1 | 0,441 | 0,392 | 0,49 | 0,319 | 0,646 |
| Kr8 | 7 | 6 | 0 | 9 | 9 | 1 | 4 | 2 | 8 | -1 | 0,44 | 0,378 | 0,502 | 0,27 | 0,638 |
| Kr9 | 7 | 9 | 0 | 5 | 9 | 1 | 4 | 2 | 8 | -1 | 0,439 | 0,375 | 0,502 | 0,313 | 0,66 |

Kromozom0 (Kr0)

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-------|-------|-------|------|-------|
| Kr0 | 7 | 6 | 0 | 9 | 9 | 1 | 5 | 2 | 6 | -1 | 0,451 | 0,385 | 0,517 | 0,27 | 0,656 |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-------|-------|-------|------|-------|

Çizelge 4.4'de Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'deki aday ve kurum atama bilgilerinden elde edilen örnek 10 adet kromozom yapısı görülmektedir. Tabloda görünen kromozomlar rastgele oluşturulan başlangıç kromozomları değil, 3000 iterasyonluk genetik algoritma işlem sürecinden sonra elde edilmiş kromozomlardır. Her kromozom çözüm uzayındaki bir elemanı ifade etmektedir. Dolayısıyla en iyi çözümü bulmak için, uygunluk değeri en iyi olan kromozom bilgilerine başvurulmalıdır. Programda kolaylık olması açısından kromozom yapısının son beş sütun amaç fonksiyonunda kullanılan verilerden bazılarını da içermektedir. Bunlar; amaç fonksiyonu ($F_z = F_p + F_k$), aday amaç fonksiyonu (F_p), kurum amaç fonksiyonu (F_k), kurumların atama oranlarının dağılımını gösteren standart sapma (S_s) ve kurumların karşılama oranlarını gösteren (O) verileridir. Bu yapı, bir kromozomdan elde edilen çözümün kalitesini ve tüm atama bilgilerinin aynı anda değerlendirilmesinde kolaylık sağlamaktadır. Böylece genetik algoritmanın kurallarının (kromozom seçimi, çaprazlama, mutasyon vb.) işletilmesi daha kolay yapılabilir. Çizelge

4.4'e göre en iyi çözümü, uygunluk değeri en büyük olan Kr0 (kromozom0) verecektir.

Çizelge 4.4'teki ilk kromozom olan 0. kromozomu ele alacak olursak; P₀ (0. aday) kurum 7'ye atanmıştır. Çizelge 4.3'e bakılırsa bu, adayın 1. tercihidir. Yani, 0. aday 1. tercihi olan kurum 7'ye atanmıştır. Bu verilere göre Çizelge 4.3'deki 0. adayın atandığı tercih sırsını gösteren (TS) sütunu 1 olarak güncellenir. Çizelge 4.2'de 0. adayın atandığı kurum 7'nin atanmış personel sayısı bir arttırılır. 0. adayın halen çalıştığı kurum olan kurum 4'ün kalan personel sayısı bir eksiltirilip, istenen personel sayısı ise bir arttırılır. Benzer şekilde; 0. kromozomda, 1. aday (P1) kurum 6'ya atanmıştır. Çizelge 4.3'den kurum 6 aday 1'in ikinci tercihidir. Çizelge 4.3'de 1. adayın TS sütunu 2 olarak güncellenmelidir. Çizelge 4.4'teki kromozomun 9. adayı (P9) halen 3 nolu kurumda çalıştığından, "halen çalışan personelden belirli bir oranının atanarak gitmesine izin verilmez" kısıtından dolayı hiçbir tercihinin atanmamıştır.

Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3 kullanılarak Çizelge 4.4'deki herhangi bir kromozom verisine göre hangi aday hangi kuruma kaçınıcı tercihi olarak atandı, hangi kuruma kaç kişi atandı gibi bilgilerini kolayca elde edebilmek için Çizelge 4.5'deki gibi ayrı bir çizelge oluşturulabilir. Örneğin Çizelge 4.4'deki 0. kromozom verileri Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'deki veriler dikkate alınarak Çizelge 4.5'deki gibi gösterilebilir. Çizelge 4.5'de satırlar kurumları, sütunlar adayları ve satır ve sütunun kesiştiği yerlerdeki rakamlar (1,2,3,4,5) ise adayın kaçınıcı tercihinin atandığını gösterir. Çizelgede her sütunda sadece bir rakam değeri olabilir. Yani bir aday sadece bir kez atanabilir yada hiç atanamaz. Bir satırda ise kurumun toplam istenen personel sayısı kadar sayı olabilir. Bir satırdaki rakamların sayma sayısı şeklindeki toplamı, kuruma atanmış personel sayısını gösterir. Çizelge 4.5'e bakılacak olursa; 7. aday 4. tercihi olan 2. kuruma atanmıştır. 0. kuruma toplam iki aday (2 ve 3) atanmıştır. 3. ve 4. kurumlara hiç atama yapılmamıştır. 9. aday hiçbir kuruma atanmamıştır.

Çizelge 4.5'deki yerleşime göre kurumların durumuna bakılacak olursa; 0, 1, 2,5 ve 7. kuruma toplam 1'er, 3, 4 ve 8. kurumlara atama yapılmamış (0), 6 ve 9. kurumlara toplam 2'şer aday atanmıştır. Atanan toplam aday sayısı 9'dur.

Çizelge 3.5: Kurum-Aday Atama Tablosu

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
|---|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | | | | | | 5 | | 1 | | | → Kurumlar |
| 1 | | | | | | | 2 | | | | |
| 2 | 1 | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | 5 | |
| 4 | | | | | | | | | | 3 | |
| 5 | | 1 | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | 2 | | | | | → 6.aday 2.tercihi olan kurum 5'e atanmıştır |
| 7 | | | 4 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | 5 | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 2 | → Kurumlara atanan aday sayıları |
| | ← Adaylar | | | | | | | | | | |

Buradan personel memnuniyet ölçüsü olan F_p 'yi bulmak için; adayların puan ve yerleştikleri tercih sırası bilgileri dikkate alınmaktadır. Çizelge 4.6'da bu işlemin adımları gösterilmiştir. Bunun için sırasıyla ilk adaydan başlayarak adayların atandığı tercih sırasının karekökünün 1'e göre tersi ($1/\sqrt{\text{atandığı tercih sırası}}$) ile atanan adayların normalleştirilmiş puanları çarpılır. Çizelgeye göre V. adımın sonunda 10 adayın yerleştiği tercih sırası ve normalleştirilmiş puandan elde edilen F_p değeri 4,28'dir. Bu değer sonraki adımda (VI) toplam aday sayısı olan 10'a bölünerek [0-1] aralığında normalleştirilir.

Çizelge 3.6: Aday bilgilerinden, aday amaç fonksiyonun hesaplanması

| Adaylar→ | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----------|----------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| I | Normal Puanı (P) | 1 | 0,937 | 0,856 | 0,603 | 0,601 | 0,536 | 0,433 | 0,38 | 0,247 | 0,619 |
| II | Atandığı Tercih Sırası (t) | 1 | 2 | 1 | 5 | 3 | 1 | 2 | 4 | 5 | -1 |
| III | $1/\sqrt{t}$ | 1 | 0,707 | 1 | 0,447 | 0,577 | 1 | 0,707 | 0,577 | 0,447 | 0 |
| IV | $(1/\sqrt{t})P$ | 1 | 0,66 | 0,86 | 0,26 | 0,34 | 0,53 | 0,3 | 0,22 | 0,11 | 0 |
| V | $\sum [(1/\sqrt{t})P]$ | 4,28 | | | | | | | | | |
| VI | $F_p = \frac{\sum [(1/t)P]}{10}$ | 4,28/10 = 0,428 (Toplam aday sayısı: 10) | | | | | | | | | |
| VI I | $F_p = F_p (9/10)$ | $F_p = 0,428*(9/10) = 0,385$ (9/10 : 10 adaydan 9'u atanmıştır) | | | | | | | | | |

Mümkün olduğu kadar çok adayın atanması arzu edilmektedir. Bunun için atanan aday sayısının, toplam aday sayısına oranı ile VI. adımda elde edilen değer çarpılır. Örnekte; 10 adaydan 9'u atanmıştır, o halde VI. adımda elde edilen 0,428 sayısı 9/10 ile çarpılır. Burada ne kadar az aday atanırsa, aday amaç

fonksiyonunun değeri o derece azalacaktır. Dolayısıyla maximizasyon olan amaç fonksiyonumuzda atanan aday sayısı olumlu yada olumsuz olarak işleme girerek, böylece mümkün olduğu kadar çok adayın atanma imkanı sağlanmış olacaktır.

Çizelge 4.7’de, atamadan sonraki kurumların personel bilgilerinin son durumu görülmektedir. Tabloda kurumların dağılım oranı bilgilerine göre I. Dağılım Oranı 0,166 ile 1,00 arasındadır. Ancak sadece bir kurum 0,166 (kurum 3), bir kurum da 0,33’tür (kurum 6). Eğer dağılım oranı yüksek olan kurumlardan dağılım oranı düşük olan kurumlara atanabilecek adaylar varsa, dağılım oranı yüksek olan kurumlardan alınarak düşük dağılımlı kurumlara atanmalıdır. Böylece atanan aday sayısı değişmeden kurumlar arasındaki dağılım dengelenmeye çalışılır. Örnekteki yerleşim tablosunda 3 numaralı kurumu tercih eden aday olmadığı için (bkz. Çizelge 4.3) hiç aday atanmamıştır. Bu kurumun dağılım oranı ancak kurumda halen çalışan adayların atanmasına izin verilmeyerek düzeltililebilir. Benzer şekilde 6 numaralı kurumun dağılım oranı da düşüktür. Bu oran mevcut çalışanların ayrılmasına izin vermemek ya da tercih eden adaylardan atanabilecek varsa yeni aday atanarak yükseltilebilir. Bu şekilde kurumların dağılım oranlarını en üst düzeyde tutarak, oranların standart dağılımı minimuma indirilmeye çalışılır. Bunun için dağılım oranının standart sapması amaç fonksiyonuna katılmalıdır. Kurumlar arasındaki dağılım oranı ne kadar dengesiz ise, standart sapma da o oranda büyük olur. Bu yüzden standart sapmanın çarpmaya göre tersi ($1/(1+S)$) kurum amaç fonksiyonunda (F_k) hesaba katılmıştır. Böylece kurumlar arasında personel dağılımının dengeli olması sağlanmaktadır.

Çizelge 3.7: Kurum yerleşim ve dağılım oranları tablosu

| K | PDC | MP | KP | IP= (PDC- KP) | AP | I. Dağılım Oranı (KP+AP)/PDC | II. Dağılım Oranı (KP+AP)/PDC |
|---------------------------|-----|----|----|---------------------|-----|---------------------------------|----------------------------------|
| 0 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1/0 | (3+1)/5=0,8 * | (3+0)/5=0,6 * |
| 1 | 6 | 5 | 3 | 3 | 1 | (3+1)/6=0,667 | (3+1)/6=0,667 |
| 2 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1/0 | (2+1)/4=0,75 * | (2+0)/4=0,5 * |
| 3 | 6 | 3 | 1 | 5 | 0/2 | (1+0)/6=0,166 * | (1+2)/6=0,5 * |
| 4 | 7 | 6 | 4 | 3 | 0 | (4+0)/7=0,571 | (4+0)/7=0,571 |
| 5 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1/0 | (2+1)/3=1* | (2+0)/3=0,667 * |
| 6 | 9 | 2 | 1 | 8 | 2/4 | (1+2)/9=0,333* | (1+4)/9=0,556* |
| 7 | 4 | 3 | 3 | 1 | 1/0 | (3+1)/4=1 * | (3+0)/4=0,75 * |
| 8 | 9 | 7 | 7 | 2 | 0 | (7+0)/9=0,778 | (7+0)/9=0,778 |
| 9 | 4 | 0 | 0 | 4 | 2 | (0+2)/4=0,5 | (0+2)/4=0,5 |
| Oranlar Toplamı: | | | | | | 6,56 | 6,088 |
| Oranlar Standart Sapması: | | | | | | 0,27 | 0,102 |

*: I. Dağılım Oranı ile II. Dağılım Oranı arasındaki değişkenleri gösterir.

Çizelge 4.7'deki örnek kurum tablosundaki *I. Dağılım Oran*'larının standart sapması 0,27'dir. Eğer dağılım oranı yüksek olan kurumlara atanan adaylardan 6. kurumlara ilave 2 aday atanabilirse ve 3 numaralı kurumdan adayların atanmasına izin verilmez ise bu kurumların dağılım oranları 0,5'e yükseltecek, dağılım oranı yüksek olan kurumlardan alındığı için bu kurumların da dağılım oranları ortalamaya doğru ineceğinden, dağılım oranlarının standart sapması azalarak 0,102 olacaktır. Böylece kurumların karşılama oranları 0,5 ile 0,778 aralığında olacağından oranların dağılım farkı azalacaktır. Bu, standart sapmada sıfıra doğru yaklaşarak kendini gösterir. Kurumlar arası personel dağılım oranları arasındaki farklar büyüdükçe standart sapma büyüyecektir. Kurum amaç fonksiyonu hesaplanırken, kurumların karşılama oranlarının toplamı standart sapmaya bölünerek kurumlar arasında dengeli bir dağılım yapabilecektir.

Örnekteki kurumların amaç fonksiyonu hesaplanacak olursa: Önce sırasıyla tüm kurumların dağılım oranları toplanır:

$$\sum \text{Dağılım Oranları} = 6,56$$

Bu, toplam kurum sayısı olan 10'a (kurum sayısı) bölünerek normalleştirilir;

Normal durumu : $(1/K) \sum \text{Dağılım Oranları} = 6,56/10 = 0,656$ bulunur.

Ancak; bazı kurumların dağılım oranı 1, bazılarınınki çok küçük veya sıfır olsa dahi benzer oran elde edilebilir.

Örneğin; $1+1+1+1+1+1+0+0+0=6/10 \Rightarrow 0,6$ bulunur.

Bu durumda standart sapma 0,516 olacaktır. Buna göre kurum uygunluk değeri= $0,6/(1+0,516)=0,395$ olur. Bu da kurumların arasındaki adaletsiz dağılımı gösterir. Bu yüzden kurumların dağılımın standart sapması dikkate alınmak zorundadır. Bunun için;

$$F_k = (1/(1+S)) (1/K) \sum \text{Dağılım Oranları}$$

Çizelge 4.6'da *I. Dağılım Oranı* sütununa göre bir hesaplama yapılacak olursa;

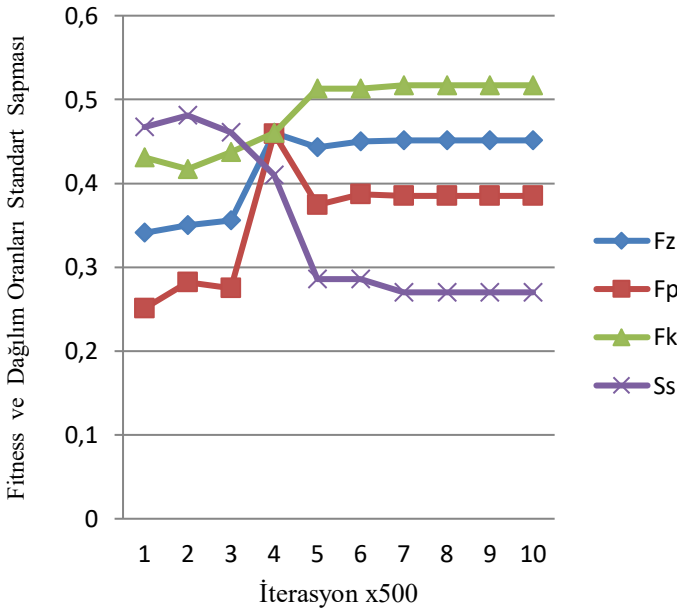
$$F_k = (6,56/10) * (1/(1+0,27)) = 0,517 \text{ değeri çıkacaktır.}$$

Çizelge 4.6. *II. Dağılım Oranı* sütununa göre bir hesaplama yapılacak olursa;

$$F_k = (6,088/10) * (1/(1+0,102)) = 0,553 \text{ değeri elde edilir.}$$

Görüldüğü gibi dağılım oranı daha adaletli olduğu zaman F_k değeri daha yüksek olacaktır. Bu da maksimizasyon olan amaç fonksiyonuna olumlu katkı sağlamaktadır.

Örnek problem için; başlangıç kromozomunun en iyi üyesinin uygunluk değeri ve daha sonraki belirli sayıdaki iterasyon sonucunda popülasyon havuzundaki en iyi çözümlerin uygunluk (fitness) değeri verilerine göre Şekil 4.1'deki grafik elde edilmiştir.



Şekil 3.1: Aday-Kurum Atama Grafiği

Şekil 4.1'de başlangıç kromozomlarından elde edilen en iyi çözüm ile, başlangıç kromozomlarına genetik algoritma uygulanarak belirli sayıdaki iterasyondan sonra elde edilen F_z (amaç fonksiyonu), F_k (kurum amaç fonksiyonu), F_p (aday amaç fonksiyonu) ve S_s (kurumların personel dağılım oranlarının standart sapması) değerleri grafikte görünmektedir. Probleme amaç maksimizasyon olduğu için uygunluk değerlerinin en büyük olması istenir. Başlangıçta kurum (F_k) ve personel (F_p) uygunluk değerleri (memnuniyet ölçüsü) düşük olduğundan bunların belirli oranlardaki toplamından oluşan problem uygunluk değeri (F_z) değeri de düşüktür. İlk 1000 iterasyondan sonra uygunluk değerleri hızla artmış, daha sonraki iterasyonlarda daha yavaş artmıştır. Artık belirli bir iterasyondan sonra uygunluk değerleri değişmeyecektir. Başlangıçta 1000-2000 iterasyon, rulet çarkı yöntemine göre kromozom seçilerek yapılmış, daha sonra kararlı durum genetik algoritması ile

devam edilmiştir. Toplam 5000 iterasyon yapılmıştır, ancak 3500 iterasyondan sonra uygunluk değerlerinde değişme olmamıştır. Belirli bir iterasyondan sonra uygunluk değerlerinde bir değişme olmazsa iterasyon işlemine son verilebilir.

Grafikte başlangıç kromozomları belirli bir seviyeden başlamıştır. Başlangıç kromozomlarının bir kısmı tamamen rastgele, belirli bir kısmı kontrollü olarak oluşturulduğu için bu durum uygun bir başlangıç değeri ile başlayarak problemin çözüm süresini kısaltmaktadır.

Grafikten görülebileceği gibi kurum uygunluk değeri ile kurumların personel dağılım oranlarının standart sapması arasında ters ilişki vardır. Bu doğal bir durumdur. Zira, kurumlar arasında personel dağılımı ne kadar dengeli ise standart sapma da o derece düşük olacaktır. Aksi durumda ise standart sapma ne kadar büyükse kurum memnuniyet oranı o denli düşük olacaktır.

Yine grafikten; F_k ve F_p değerlerinin en yüksek olduğu durumlardaki elde edilen F_z uygunluk değeri daha iyi çözümler sunmaktadır. Grafiğin, 1800-2000 iterasyonlar arasında F_k ve F_p değerleri birbirine çok yakındır. Bu bölgede aday memnuniyeti maksimumdur ancak kurum memnuniyeti henüz maksimum değildir. 2000 iterasyona kadar F_k ve F_p birlikte artmış, belirli bir noktadan sonra F_p değeri artık artmamış hatta bir miktar azalmıştır. F_p ve F_k değerlerini en üst noktada keşiştiği durum çözüm olarak alınabilir. Bu noktada maksimum personel memnuniyeti ve belirli ölçüde de kurum memnuniyeti oluşmuştur. Ancak aday ve kurum memnuniyetinin belirli oranlardaki toplamı amaç fonksiyonu olduğundan iterasyon işlemine devam edilerek en uygun çözümü verecek F_k ve F_p değerleri elde edilmiş olur. Böylece azami ölçüde hem kurumlar hem de adaylar memnun edilecektir. Farklı veri setleri için elde edilmiş sonuçlar aşağıda Çizelge 4.8'de görünmektedir.

3.2. HEKİM ATAMA PROBLEMİ ÇÖZÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Problemin testi için gerçeğine uygun, farklı sayıda yapay veri seti oluşturularak geliştirilen model test edilmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.8'de sunulmuştur. Çizelgeye göre veri setleri; başvuran aday sayısına göre 10a, 20a, 100a gibi kategorize edilmiştir. Örneğin çizelgeye göre; 10a'da başvuran aday sayısı 10 iken, kurumların toplam istediği personel sayısı 32'dir. Bunun tersi, başvuran aday sayısı, kurumların toplam istediği personel sayısından büyük de olabilir. Bu durum problemin çözümünde herhangi bir farklılık arz etmemektedir.

Çizelge 3.8: Geliştirilen model ile farklı veri setleri için elde edilen sonuçlar

| Problem Türü | Kurumların istediği Personel sayısı | Başvuran Aday sayısı | Uygunluk Fonksiyonu (F_z) | Aday Memnuniyet Uygunluk Fonksiyonu (F_p) | Kurum Memnuniyet Uygunluk Fonksiyonu (F_k) | Atanan Aday Sayısı | Kurum Karşılama Oranı | Kurum karşılama oranlarının Standart Sapması | İterasyon Sayısı |
|--------------|-------------------------------------|----------------------|-------------------------------|---|--|--------------------|-----------------------|--|------------------|
| 10a | 32 | 10 | 0,451 | 0,385 | 0,517 | 9 | 0,656 | 0,27 | 3.000 |
| 20a | 39 | 20 | 0,394 | 0,262 | 0,527 | 14 | 0,649 | 0,23 | 5.000 |
| 100a | 366 | 100 | 0,406 | 0,366 | 0,445 | 78 | 0,548 | 0,232 | 8.000 |

Örnek atamalarda başlangıç popülasyonu için, rastgele 100 adet kromozom oluşturulmuştur. Popülasyondaki bir kromozom kurum istekleri dikkate alınmadan, adayların öncelikli tercihlerine göre atama yapacak şekilde düzenlenmiştir. Böylece, aday öncelikli, bir atama da çözüm kümesi içinde olması sağlanmıştır. Kromozom seçme metodu olarak rulet çarkı seçme metodu kullanılarak çaprazlanacak kromozomlar seçilmiş ve bunlar çift noktalı çaprazlama yöntemi ile çaprazlanarak yeni kromozomlar oluşturulmuştur. Problemin çözümünde ilk 1000 iterasyon rulet çarkı seçim metoduna göre yapılmış ve 1000 iterasyondan sonra karalı durum genetik algoritması uygulanmıştır. Kromozomlar mutasyona uğratıldıktan sonra her birine düzeltme algoritması uygulanıp hem kısıtlara uygun hale getirilmiş hem de kısıtlara uygun olmayan kromozomlarda iyileştirme yapılmıştır. Elde edilen yeni kromozomların uygunluk değerleri hesaplandıktan sonra, popülasyondaki en kötü uygunluk değerine sahip iki kromozom popülasyondan atılarak, elde edilen yeni kromozomlar popülasyona dahil edilmiştir. Görüldüğü gibi popülasyondaki belirli orandaki kromozom mutasyona uğratılmayıp, onun yerine her yeni birey mutasyona uğratılıp düzeltme algoritması ile daha uygun hale getirilmiştir. Böylece yeni kromozomların kısıtlara uygunluğu kontrol edilmiş ve aynı zamanda adayların öncelikli tercihlerine atanması da sağlanmıştır.

Problemin çözümü esnasında dinamik olarak kromozom seçim yöntemi yazılım tarafından otomatik olarak değiştirilmektedir. Böylece seçim yönteminden dolayı oluşacak monotonluklar minimize edilerek yerel optimumlara takılması önlenmiş ve daha kısa sürede çözüme ulaşılmıştır.

Çizelge 4.8'e göre problem büyüdükçe çözüm için gerekli olan iterasyon sayısı da doğal olarak artırılmalıdır. Başlangıç popülasyon büyüklüğü, kromozom gen sayısına (başvuran aday sayısı) bakılmaksızın, 100 olarak çözülmüştür. Problem büyüklüğü, başvuran aday sayısına göre belirlenmiştir.

İstenirse problem büyüklüğü kurumların istediği aday sayısı olarak da belirlenebilir. Ancak bunun için genetik modelin yeniden düzenlenmesi gerekmektedir. Kurumların karşılama oranı büyüdükçe, kurum karşılama oranı standart sapması azalmaktadır. Kurum karşılama oranı ve atanmış aday sayısı ile dağılım standart sapması arasında ters ilişki olduğu görülmektedir.

Amaç fonksiyonu kurum ve aday amaç fonksiyonlarından oluştuğu için birisinin çok küçük, diğerinin çok büyük olması ile oluşan uygunluk değeri ile kurum ve aday uygunluk değerlerinin birbirine yakın ve maksimum oldukları durumda daha iyi çözüm sunduğu görülmüştür. Öte yandan $MaxF_z = \alpha * F_p + \beta * F_k$ ve $\alpha + \beta = 1$ olduğundan, α ve β katsayılarına farklı ağırlık değerleri verilerek, personel memnuniyet ölçüsü olan personel uygunluk değeri (F_p) veya kurum memnuniyet ölçüsü olan kurum uygunluk değeri (F_k) yardımıyla birisi daha memnun edilebilir. Unutulmamalıdır ki birisi daha memnun olunca diğeri daha az memnun olacaktır. Geliştirilen atama yazılımında bu katsayılar kullanıcı tarafından değiştirilebilecektir. Örneğin; aday memnuniyet ölçüsünün katsayısı olan α değeri büyütülür ise, daha küçük F_p değerleri yapay olarak büyütüldüğü için adaylar daha az memnun, yani adaylar mümkün olduğu kadar öncelikli tercihine değil, ancak tercihlerinden birine atanırken, kurumlar daha çok memnun olacaktır. Yani adayların tercih sırasını fazla dikkate alınmaksızın kurumların istedikleri personel sayısı azami ölçüde sağlanmış olacaktır.

Ülkemizdeki kurumlar arasında çeşitli nedenlerden dolayı birbirlerine göre tercih edilebilirlik konusunda farklılıklar söz konusudur. Bu farklılıklardan bazıları; sosyo-ekonomik koşullar, çalışma şartları, işyeri güvenliği, ulaşım olanakları, vb. gibi sıralanabilir. Bu farklılıklardan dolayı bazı kurumlarda personel sıkıntısı çekilirken, bazı kurumlarda ise personel fazlalığı söz konusu olabilmektedir. Hatta bir ildeki kurumlar arasında bile personel yönünden dengesizlikler görmek mümkündür. Bu durum, kurumların istedikleri hizmeti vermesine ve aynı zamanda personelin de istediği kurumda çalışmasına engel olmaktadır. Bu çalışmada amaç; hem adayların tercih ettikleri kurumlardan birinde çalışabilmesini, hem de adayların kurumlar arasında dengeli dağıtımını yaparak, azami ölçüde hem kurumları hem de adayları memnun edecek bir atama yapmaktır. Atama işlemi, direkt kurum bazında nokta atama olduğundan, bilinçli yada bilinçsiz insan unsurundan kaynaklanabilecek kusurlar da bertaraf edilecektir.

Çalışmada T.C. Sağlık Bakanlığında çalışan belirli bir branştaki hekimlerin ve bakanlığa bağlı kurumların mevcut bilgileri göz önüne alınarak elde edilen veriler üzerinde, aday ve kurum istekleri ile aday ve kurum kısıtları dikkate alınarak, hem adayları, hem de kurumları memnun edecek şekilde adayların kurumlara atanması işlemi yapacak model, genetik algoritma yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Problemden; adayların hizmet puanı, kadro derecesi, görev süresi ve tercihleri ile birlikte, kurum istekleri ve kısıtları dikkate alınarak mümkün olduğu kadar çok aday, mümkün olduğu kadar

öncelikli tercihine, kurumlar arasında dengeli bir şekilde atanması işleminin optimizasyonu için yeni bir model geliştirilmiştir. Modelin test edilmesi için, ayrı bir yazılım geliştirilip, gerçek veriler dikkate alınarak farklı veri setleri oluşturulmuştur. Oluşturulan veri setlerinin bazıları geliştirilen modelin sağlıklı bir şekilde test edilebilmesi için gerçek verilere bağlı kalarak kontrollü olarak üretilmiştir. Geliştirilen modele veri setlerine uygulanarak elde edilen sonuçlar Dördüncü Bölüm'deki Çizelge 4.8'de verilmiştir. Ayrıca bu veri setleri gerektiğinde başka araştırmacıların da konu üzerinde çalışabilmesi için veri tabanında saklanmıştır.

Problemin modellenmesinde kullanılan genetik algoritma 1970'li yıllardan beri arama, optimizasyon, makine öğrenme gibi çok farklı problemlerin çözümünde kullanılan popüler algoritmalarından biridir. Genetik algoritma, evrimsel algoritmanın basit bir farklılaşmış halidir. Evrimsel algoritma, biyolojideki evrimsel süreçten esinlenerek geliştirilmiş, güçlü olanlar hayatta kalır, doğal seçim ilkelerine dayanan bir arama ve optimizasyon yöntemidir. Genetik algoritmada problem çözümü için; problemin yapısına uygun olarak kromozom kodlamasıyla başlanır. Sonra rastgele oluşturulmuş kromozomlardan oluşan bir başlangıç popülasyonu elde edilir. Amaç fonksiyonuna göre popülasyondaki kromozomların uygunluk değerleri hesaplanır. Sonraki adım olarak popülasyondaki belirli orandaki (örneğin:%20) kromozom mutasyon işlemine tabi tutulur. Yeni bireyler oluşturmak için farklı seçim yöntemleri kullanılarak popülasyondan seçilen kromozomlar çaprazlanıp elde edilen yeni çocuk kromozomların uygunluk fonksiyonları hesaplanır. Popülasyondaki uygunluk değeri kötü olan kromozomlardan bazıları popülasyondan atılarak yeni kromozomlar popülasyona dahil edilir. Bu işlem adımları belirli bir sonlanma kriteri sağlanana kadar tekrarlanır. İşlem sonunda popülasyonda kalan bireyler (kromozomlar) daha uygun bireylerdir ve her biri çözüm uzayının bir elemanıdır. Dolayısıyla kromozomların uygunluk değerlerini en iyi yapmak çözüm kümesindeki optimum sonucu bulmaya eşdeğerdir. Popülasyondaki kromozomlardan uygunluk değeri en iyi birey optimum çözümü veya optimuma yakın çözümü veren kromozomdur. Eğer popülasyondaki en uygun bireylerden aynı uygunluk değerine sahip ve gen yapısı birbirinden farklı kromozomlar varsa, bu seçenekli optimum çözüm olduğunu gösterir. En iyi uygunluk değerine sahip kromozom alınıp gen kodlarına göre problemin çözümü elde edilir.

Geliştirilen atama yazılımı vasıtasıyla, çalışmada genetik algoritmanın farklı seçim, çaprazlama ve mutasyon yöntemleri dinamik olarak uygulanmıştır. Problemin çözümü için geliştirilen bilgisayar yazılımı çözüm esnasında monotonluk olduğunda otomatik olarak seçme ve mutasyon yöntemlerini değiştirmektedir. Böylece daha az iterasyonla, daha kısa sürede, daha uygun çözüme ulaşmak mümkün olabilmektedir.

Problemin çözümü için geliştirilen yazılım, problemde kullanılan bütün parametreler kullanıcı tarafında değiştirilebilecek şekilde esnek bir yapıya

sahiptir. Yazılımda kullanılan, kurum bilgileri, aday bilgileri, kromozom bilgileri, elde edilen sonuçlar veri tabanında saklanabilmekte ve istendiğinde tekrar kullanılabilir. Çözümde kullanılan bilgiler bir model verisi olduğu için sembolize edilmiştir. Örneğin her bir kurum, sıfırdan başlayarak artan bir tamsayı ile gösterilmiştir $j=\{0,1,2,\dots,K\}$. İstenirse veri tabanında gerçek veriler de tutulabilecektir. Örneğin; kurumları ifade eden rakamlara denk düşen gerçek kurum isimleri eşleştirilebilir (1→Isparta Devlet Hastanesi, 2→Burdur Devlet Hastanesi, gibi). Yine benzer şekilde adayları sembolize eden $i=\{0,1,2,\dots,A\}$ rakamları adayın TC Kimlik numarası ile ilişkilendirilerek, istenilen bir adayın diğer tüm bilgilerine kolaylıkla ulaşılabilecektir. Kurum, aday, atama bilgileri veri tabanında saklanacağı için itiraz durumunda geriye dönük işlem yapabilme olanağı da sağlanacaktır. İlave olarak veri tabanındaki kurum, personel, atama bilgilerinden farklı istatistiksel bilgiler elde edilmesi de mümkündür.

Çalışmada ele alınan model, ülke çapındaki tüm kurumlara aynı anda uygulanabildiği gibi, belirli bir bölgede veya bir il içerisindeki kurumlar arası personel atamada da kullanılabilir. Hatta kurum içi servisler arasında personelin yer değiştirme işleminde dahi uygulanabilir.

Ayrıca geliştirilen model, bir işyerinde belirli bir işkolunda çalışanların tercihleri, tecrübeleri, yetenekleri doğrultusunda, işyeri istekleri ve kısıtları da dikkate alınarak çalışanların işyerlerine yeniden yerleştirilmesinin optimizasyonu şeklinde kullanılabilir.

KAYNAKÇA

KİTAPLAR

1. Alba, Enrique and Bernabé Dorronsoro, *Cellular Genetic Algorithms*, Springer Science+Business Media, LLC, 2008.
2. Back, Thomas, David B. Fogel, Zbigniew Michalewicz, *Handbook of Evolutionary Computation*, Published in cooperation with the Institute of Physics; Lsif edition , 1997.
3. Burkard, Rainer E., Mauro Dell'Amico ve Silvano Martello, *Assinment Problem*, Copyright by the Society for Industrial and Applied Mathematics, 2009.
4. Coley, David A., *An Introduction to Genetic Algorithms for Scientists and Engineers*, David A Coley, Copyright© 1999 by World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd,1999.
5. Cura, Tunçhan, *Modern Sezgisel Teknikler ve Uygulamalar*, Sayfa 90, Papatya Yayıncılık, İstanbul, Türkiye, Mart 2008.
6. Curtis, H., *Biology, 2nd Edition*, New York: Worth publisher. 1975.
7. Dorigo, Marco, Thomas Stützle, *Ant Colony Optimization*, MIT Press,2004.
8. Gen, Mitsuo, Runwei Cheng, *Genetic Algorithms and Engineering Design*, Copyright by John Wiley & Sons. Inc.,1997.
9. Goldberg, D.E., *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*, New York: Addison Wesley, 1989.
- 10.Haupt, Randy L., Sue Ellen Haupt. *Practical genetic algorithms 2nd edition*, Copyright by John Wiley & Sons, Inc., 2004.
- 11.Huang, X. ve Y.M. Xie, *Evolutionary Topology Optimization of Continuum Structures Methods and Applications*, 2010, John Wiley&Sons, Ltd
- 12.Holland, J., *Adaption in Natural and Artificial Systems*, University of Michigan Pres, Ann Arbor, MI, 1975.
- 13.Iba, Hitoshi, Topon Kumar Paul, Yoshihiko Hasegawa, *Applied Genetic Programming and Machine Learning*, LLC CRC Press, Taylor & Francis Group, 2010.
- 14.Deb, Kalyanmoy, *Multi-objective optimization using evolutionary algorithms*, John Wiley & Sons Press, 2009.
- 15.Kleinberg, Jon Kleinberg, Eva Tardos, *Algorithm Design*, Copyright © 2006 by Pearson Education, 2006.
- 16.Koza, John R., *Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection*, from The MIT Press,1992.
- 17.Koza, John R., *Genetic programming III: darwinian invention and problem solving*, Morgan Kaufman Press,1999.
- 18.Luke, Sean & Zeroth Editon, *Essential of Metaheuristics , A set of Undergraduate Lecture Notes*, Georgian Üniversty, 2010.
- 19.Mitchell, Melanie, *An Introduction to Genetic Algorithms*, A Bradford Book The MIT Press Cambridge, Fifth printing, 1999.

20. Weisei, Thomas, *Global Optimization Algorithms – Theory and Application*, Page 398, 2ndEd, Newest Version: <http://www.it-weise.de>, 2009.
21. Saaty, T.L. Saaty, *the Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, McGraw-Hill, New York, 1980.
22. Schwefel, H.P., *Numerical Optimization of Computer Models*, Wiley, Chichester, 1981.
23. Sweetser, Eve, *From etymology to pragmatics: metaphorical and cultural aspects of semantic structure*, Cambridge University Press, 1990.
24. Ragin, Charles C., *Fuzzy-Set Social Science*, The University of Chicago Press, Chicago 60637, Published 2000.
25. Reeves, R., *Modern Heuristic Techniques for Combinatorial Problems*, McGraw-Hill Book Company, UK, 1995.
26. Pereira, Francisco B., Jorge M.C. Marques, Tiago Leitão, and Jorge Tavares, *Designing Efficient Evolutionary Algorithms for Cluster Optimization: A Study on Locality*, *Advances in Metaheuristics for Hard Optimization*, Page 223 Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008.
27. Taha, H A. *Operations Research: An Introduction, Seventh Edition*, Thomson Press (1) Ltd, India., 2002.

MAKALELER

1. Aboudi, R., G. L. Nemhauser. *Some facets for an assignment problem with side constraints*. *Oper. Res.* 39, s. 244–250, 1991.
2. Amico, M. Dell, S. Martello, *The k-cardinality assignment problem*, *Discrete Applied Mathematics* 76 (1–3), s. 103–121, 1997.
3. Angeline, P.J., *Evolution revolution: An introduction to the special track on genetic and evolutionary programming*, *IEEE Expert Intelligent Systems and their Applications* 10, June, s. 6-10, 1995.
4. Arroyo, José E. C., Paula M. dos Santos, Michele S. Soares and André G. Santos, *A Multi-Objective Genetic Algorithm with Path Relinking for the p-Median Problem*, *Advances in Artificial Intelligence – IBERAMIA 2010 Lecture Notes in Computer Science*, Volume 6433/2010, s.70-79, 2010.
5. Back, T., H.P. Schwefel, *A survey of evolution strategies*, *Proceedings of the Fifth International Conference on Genetic Algorithms*, San Mateo, CA. S.2-9, 1993.
6. Baker, J.E., *Adaptive selection methods for genetic algorithms*, *Proceedings of an International Conference on Genetic Algorithms and Their Applications*, s. 100-111, 1985.
7. Basseur, Matthieu, Franck Seynhaeve and El-Ghazali Talbi, *Path Relinking in Pareto Multi-objective Genetic Algorithms Evolutionary Multi-Criterion Optimization*, *Lecture Notes in Computer Science*, Volume 3410/2005, s. 120-134, 2005.

8. Burkard, Rainer E., Stefan E. Karisch and Franz Rendl, *QAPLIB—A Quadratic Assignment Problem Library*, *Journal of Global Optimization*, Springer Netherlands, Volume 10, Number 4 / June, s. 391-403, 1997.
9. Caron, Gaétan, Pierri Hansen, Brigitte Jaumard, *The Assignment Problem with seniority and job priority Constraints*, *Operations Research*, Vol. 47, No. 3, s. 449-453, 1999.
10. Castillo, Flor, Arthur Kordon, Guido Smits, Ben Christenson, Dee Dickerson, *Pareto front genetic programming parameter selection based on design of experiments and industrial data*, Genetic And Evolutionary Computation Conference archive, Proceedings of the 8th annual conference on Genetic and evolutionary computation, Seattle, Washington, USA, s. 1613 - 1620, 2006.
11. Chakraborty, Archishman, Alessandro Citanna, Michael Ostrovsky, *Two-sided matching with interdependent values*, *Journal of Economic Theory* 145, s. 85–105, 2010.
12. Chu, P.C. and J.E. Beasley, *A Genetic Algorithm for the Generalised Assignment Problem*, *Computer Ops. Res.* Vol 24, No. 1, s.17-23,1997.
13. Colucci, Simona, Tommaso Di Noia, Eugenio Di Sciascio, Francesco M. Donini, Marina Mongiello, Giacomo Piscitelli, *Semantic-based Approach to Task Assignment of Individual Profiles*, *Journal of Universal Computer Science*, vol. 10, no. 6, s.723-731,2004.
14. Deb, Kalyanmoy, A. Pratap, Sameer Agarwal, and T. Meyarivan. *A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II*. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, p, 182–197, 2002.
15. Dipankar, Dasgupto, German Hernandez, Deon Garrett, Pavan Kalyan Vejanjala, Aishwarya Kaushal, Ramjee Yerneni, *A comparison of Multiobjective Evolutionary Algorithms with Informed Initialization and Kuhn-Munkers Algorithm For Sailor Assignment Problem*, *GECCO 08*, July 12-16, 2008.
16. Drezner, Zvi, *A New Genetic Algorithm for the Quadratic Assignment Problem*, *INFORMS Journal on Computing*, Volume 15, Issue 3, s. 320 - 330, 2003.
17. Dorigo, M., V. Maniezzo & A. Colomi, *Ant System: Optimization by a Colony of Cooperating Agents*", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics—Part B*, 26 (1), s. 29–41, 1996.
18. Engin, Orha, Alper Döyen, *Artificial immune system and applications in industrial problems*, *G.U. J. Sci.*, 17(1), s. 71-84, 2004.
19. Eshelman, L., *The CHC adaptive search algorithm. In Foundations of Genetic Algorithms I*, s. 265–283, 1991.
20. Fisher, M.L., Jaikumar, R., Van Wassenhove, L.N. *A Multiplier Adjustment Method for the Generalized Assignment Problem*, *Management Science*, 32, p. 1095-1103, 1986.

21. Fogel, L.J., A.J. Owes, M.J. Walsh, *Artificial Intelligence Through Simulated Evolution*, Wiley, New York, 1966.
22. Forrest, Stephanie and Steven A. Hofmeyr, *John Holland's Invisible Hand: An Artificial Immune System*, Presented at the Festschrift held in honor of John Holland, May 1999.
23. Gambardella, L. M., E. D. Taillard, M. Dorigo, *Ant Colonies for the Quadratic Assignment Problem*, The Journal of the Operational Research Society, Vol. 50, No. 2. (Feb., 1999), s. 167-176, 1999.
24. Garrett, Deon, Dipankar Dasgupta, Joseph Vannucci, James Simien, *Applying Hybrid Multiobjective Evolutionary Algorithms to the Sailor Assignment Problem*, Studies in Computation Intelligence (SCI) 66, s.269-3001, 2007.
25. Garrett, Deon, Joseph Vannucci, Rodrigo Silva, Dipankar Dasgupta- *Genetic Algorithms for the Sailor Assignment Problem*, GECCO '05 June 25–29, 2005, Washington, DC, USA, 2005.
26. Gen, Mitsuo and Yin-Zhen Li, *Spanning tree-based genetic algorithm for bicriteria transportation problem*, Computers & Industrial Engineering Volume 35, Issues 3-4, December, s. 531-534, 1998.
- Goldberg, D. E. and K. Deb, *A comparative analysis of selection schemes used in genetic algorithms in Foundations of Genetic Algorithms*. San Mateo CA: Morgan Kaufmann, s. 69–93, 1991.
27. Gong, Tao and Andrew L. Tuson, *Particle Swarm Optimization For Quadratic Assignment Problems—A Forma Analysis Approach*, International Journal of Computational Intelligence Research., Vol.4, No.2, s. 177–185, 2008.
28. Güngör, İbrahim, *Çok Amaçlı Atama Problemlerine Bir Çözüm Önerisi*, G.Ü., İ.İ.B.F. Dergisi 1/2003, s. 37-52, 2003.
29. Hofmeyr, Steven A. and Stephanie Forrest, *Immunity by Design: An Artificial Immune System*, Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO), San Francisco, CA, s. 1289-1296, 1999.
30. Huang, Deng Kui, Huan Neng Chiu , Ruey Huei Yeh , Jen Huei Chang, *A fuzzy multi-criteria decision making approach for solving a bi-objective personnel assignment problem*, Computers & Industrial Engineering 56, s. 1-10, 2009.
31. James, Tabitha, Cesar Rego, Fred Glover, *Sequential and Parallel Path-Relinking Algorithms for the Quadratic Assignment Problem*, IEEE Intelligent Systems, Volume 20, Issue 4, s. 58 - 65, 2005.
32. Jaszkiwicz, Andrzej and Piotr Zielniewicz, *Pareto memetic algorithm with path relinking for bi-objective traveling salesperson problem*, European Journal of Operational Research Volume 193, Issue 3, s. 885-890, 2009.

33. Karaboğa, D., B. Basturk, *A powerful and Efficient Algorithm for Numerical Function Optimization: Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm*, Journal of Global Optimization, Volume:39, Issue:3, s. 459-171, 2007.
34. Kawanaka, Hiroharu, Kosuke Yamamoto, Tomohiro Yoshikawa, Tsuyoshi Shinogi, Shinji Tsuruoka, *Genetic Algorithm with the Constraints for Nurse Scheduling Problem*, Transactions of the Institute of Electrical Engineers of Japan. C, VOL.122-C; NO.6, s. 1023-1032, 2002.
35. Kennedy, J. and, R.C. Eberhart, *Particle swarm optimization*, Proc. IEEE int'l conf. on neural networks Vol. IV, s. 1942-1948,1995.
36. Kirkpatrick, S., Gerlatt C. D. Jr and Vecchi M.P. *Optimization by Simulated Annealing*, Science, 220, s. 671-680, 1983.
37. Kim, Jong Ryul, Kyeong-Hoon Do, Wan Young Chung, *A Solution of Real-world OCST Problems through Genetic Algorithm with aNew Tree Encoding Method*, International Conference on Convergence Information Technology, 2007.
38. Korkmaz, İbrahim, Hadi Gökçen, Tahsin Çetinyokuş, *An analytic hierarchy process and two-sided matching based decision support system for military personnel assignment*, Information Sciences 178, s. 2915–2927, 2008.
39. Kuhn, H.W., *The Hungarian method for the assignment problem*, Naval Research Logistics Quarterly, Volume 2, Issue 1-2, s. 83–97, 1955.
40. Lui, Linzhong ve Xin Gao, *Fuzzy weighted equilibrium multi-job assignment problem and genetic algorithm*, Applied Mathematical Modelling , Volume 33, Issue 10, s. 3926-3935, 2009.
41. Mazzola, J., A.W. Neebe, *Resource-constrained assignment scheduling*, Oper. Res. 34, s. 560–572, 1986.
42. Misevicius, Alfonsas M., *A Modified Simulated Annealing Algorithm for the Quadratic Assignment Problem*, Informatica, Vol. 14, No. 4, s.497–514, 2003a.
43. Misevicius, Alfonsas M., *Genetic algorithm hybridized with ruin and recreate procedure:application to the quadratic assignment problem*, Knowledge-Based Systems 16, s. 261–268, 2003b.
44. Moudani, Walid El M., Carlos Alberto Nunes Cosenza, Marc de Coligny, and F'elix Mora-Camino. *A bi-criterion approach for the airlines crew rostering problem*. First International Conference on Evolutionary Multi-Criterion Optimization, s. 486–500, 2001.
45. Odior, A O, Charles Owaba O E,Oyawale F A, *Determining Feasible Solutions of a Multicriteria Assignment Problem*, J. Appl. Sci. Environ. Manage. March, 2010, Vol. 14(1), s. 35-38, 2010.
46. Engin, Orhan, Alper DÖYEN, *artificial immune systems and applications in industrialproblems*, G.U. Journal of Science 17(1): 71-84, 2004
47. Öner, Adalet, Füsün ÜLENGİN, *Atama problemi için yeni bir çözüm yaklaşımı*, itüdergisi/d, mühendislik, Cilt:2, Sayı:1, s. 73-79, 2003.

48. Pentico, David W., *Assignment problems: A golden anniversary survey*, European Journal of Operational Research, 176, s. 774-793, 2007.
49. Peters, Malte.L.P. and Stephan Zelewski, *Assignment of employees to workplace under consideration of employee competences and preferences*, Management Research News, Vol. 30 No:2, s. 84-99, 2007.
50. Sahu, Anshuman, Rudrajit Tapadar, *Solving the Assignment problem using Genetic Algorithm and Simulated Annealing*, IAENG International Journal of Applied Mathematics, 36:1, 2007.
51. Schrimpf, G., K. Schneider, H. Stamm-Wilbrandt and V. Dueck, *Record breaking optimization results using the ruin and recreate principle*. J. Comput. Phys. 159, s. 139–171, 2000.
52. Shmoys, David B. Shmoys and Eva Tardos, *An approximation algorithm for the generalized assignment problem*, Mathematical Programming 62, s. 461-474, 1993.
53. Syswerda, Gillbert, *Uniform crossover in genetic algorithms*, in [ICGA3], s. 2-9, 1989.
54. Tapkan, Pınar, Lale Özbakır, Adil Baykasoğlu, *Arı Algoritması ve Genleştirilmiş Atama Problemi: Farklı Komşuluk Yapılarının Karşılaştırılması*, Endüstri Mühendisliği Dergisi YA/EM 2008 Özel Sayısı Cilt: 21 Sayı: 2, s. 2-13, 2008.
55. Toroslu, İsmail H., *Personel assignment problem with hiyerarchical ordering constraints*, Computer & Industrial Engineering, 45, s. 493–510, 2003.
56. Toroslu, İsmail H., Yılmaz Arslanoglu, *Genetic algorithm for the personnel assignment problem with multiple objectives*, Information Sciences, 177, s. 787–803, 2007.
57. Wang, Dingwei, *Colony Location for assignment problem*, Journal of Control Theory and Applications, 2, s. 111-116, 2004a.
58. Wang, Dingwei, *Colony Location algorithm for combinatorial optimization*, Proceedings, of IEEE SMC 2004 Congress, s. 1903-1909, 2004b.
59. Wang, Dingwei, *Colony Location for Multiobjective Assignment Problem with Application to E-Brokerage*, Chinese Control and Decision Conference (CCDC 2008), s. 124-129, 2008.
60. Witley, Darrell & Joan Kauth, *Genitor: A different genetic algorithm*, In Rocky Mountain Conference on Artificial Intelligence, s. 118-130, 1988.
61. Witley, Darrell, Colorado State University Computer Science Department, *An Overview of Evolutionary Algorithms: Practical Issues and Common Pitfalls*, Information and Software Technology, Vol. 43, No:14, s. 817-831, 2001.
62. Votaw, D.F. and A. Orden. *The personnel assignment problem*. In Symposium on Linear Inequalities and Programming, SCOOP 10, U.S. Air Force, s. 155-163, 1952.

63. Yang, Yu, Hongwei Dai, Cunhua Li, *Chaotic Quantum Genetic Algorithm and Its Application*, Advances in information Sciences and Service Sciences (AISS) Volume3, Numbe 9, October, 2011.
64. Volegant, A., *A note on the assignment problem with seniority and job priority constraints*, European Journal of Operational Research, Vol. 154, No: 1, s. 330-335, 2004a.
65. Volgenant, A., *Solving the k-cardinality assignment problem by transformation*, European Journal of Operational Research 157, s. 322–331, 2004b.
66. Zadeh, L. A., *Fuzzy sets. Information and Control*, 8(2), s. 338-353, 1965.
67. Ziltzer, Eckart, Marco Laumanns, and Lothar Thiele. *SPEA2: Improving the strength pareto evolutionary algorithm*. Technical Report 103, Computer Engineering and Networks Laboratory (TIK), Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Zurich, Switzerland, May 2001.

DİĞER KAYNAKLAR

1. Branke, Jürgen, *Multi-objective Optimization Inspired by Nature*, Lecture Notes, Institute AIFB University of Karlsruhe, Germany Karlsruhe Institute of Technology, 12.04. 2008.
2. Çunkaş, Mehmet, *Genetik Algoritmalar ve Uygulamaları Ders Notları*, Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik-Bilgisayar Eğitimi, Bahar 2006.
3. Mevzuat, *T.C. Sağlık Bakanlığı Atama ve Nakil Mevzuatı*, Resmi Gazete Tarihi: 08.06.2004 Resmi Gazete Sayısı: 25486, <http://personel.saglik.gov.tr/saglik-bakanligi-atama-ve-nakil-yonetmeligi--id263-33.html> (20.06.2012)
4. PDC, personel.saglik.gov.tr, Sağlık Bakanlığı Resmi Web Sitesi, Ankara, 06.01.2012, <http://personel.saglik.gov.tr/06042011-tarihli-personel-dagilim-cetvelleri-id3025-46.html>, (17.1.2012)
5. personel.saglik.gov.tr, Sağlık Bakanlığı Resmi Web Sitesi, Ankara, 6.01.2012, <http://personel.saglik.gov.tr/uzman-tabip-id3436-3435.html>, (6.1.2012)
6. Kashyap, Chavi, <http://www.cs.sunysb.edu/~cse634/>, (20.06.2012)
7. Obitko, Marek, <http://www.obitko.com/tutorials/genetic-algorithms/encoding.php> (01.06.2012)
8. Wikipedi, *Genetik Algoritma*, http://tr.wikipedia.org/wiki/Genetik_algoritma (10.06.2012)
9. Tektaş, Mehmet, Necla Tektaş, Nevzat Onat, Gökhan Gökmen, Gökhan Koçyiğit, Tahir Çetin Akıncı, *Web Tabanlı Yapay Zeka Eknikleri Eğitim Simülatorlerinin Hazırlanması*, Proje No: FEN-E-050608-138, Marmara Üniversitesi, İstanbul, 2010.

10. Weck, de and Prof. Willcox, Lecture Notes, <http://ocw.mit.edu/courses/engineering-systems-division/esd-77-multidisciplinary-system-design-optimization-spring-2010/lecture-notes/> (10.06.2012)



IKSAD
Publishing House



ISBN: 978-625-6404-97-7