



HEKİM ATAMA PROBLEMİNİN GENETİK ALGORİTMA İLE OPTİMİZASYONU¹

THE OPTIMIZATION OF MEDICUS ASSIGNMENT PROBLEM THROUGH GENETIC ALGORITHM¹

Muhammer İLKUÇAR², İbrahim GÜNGÖR³

Öz

Bu çalışmada, Sağlık Bakanlığı bünyesinde çalışan belirli branşlardaki hekimlerin, hizmet puanı, kıdem ve tercihlerine göre, bakanlığa bağlı sağlık kurumlarının mevcut personel durumu ve ihtiyaçları da göz önüne alınarak, kurumlara rotasyon işleminin optimizasyonu yapılmıştır. Hekimlerin; hizmet puanı, kıdemi, görev süresi, halen çalıştığı kurum ve çalışmak istediği kurum tercihleri dikkate alınarak, öncelikli tercihi olmak şartıyla, tercih ettiği kurumlardan birine atanması istenir. Atama sırasında; kurumlardaki çalışması gereken personel sayısı, halen çalışan personel sayısı, istenen personel sayısı, kurumdan atanarak ayrılacak personel sayısı, kurumda halen çalışan personelin belirli bir oranının atanarak ayrılabilceği gibi durumlar dikkate alınarak, kurumların personel ihtiyaçları karşılanmaya çalışılmalı ve hekimlerin kurumlar arasında mümkün olduğu kadar dengeli dağıtımı yapılmalıdır. Probleme çözüm yöntemi olarak genetik algoritma kullanılmıştır. Genetik algoritma sürecinde çaprazlama veya mutasyon işleminden sonra adayların tercih etmediği kurumlara atanması söz konusu olabilmektedir. Bu sorun, kromozom düzeltme algoritması yardımıyla adayların tercih ettiği kurumlardan birine (öncelikli tercihi) atanmasıyla giderilmiştir. Probleme, gerçek verileri simüle eden bir veri seti oluşturma fonksiyonu yardımıyla farklı veri setleri oluşturularak geliştirilen yöntem test edilmiştir. Problemin çözümü için; C#.NET Express programlama dili ve MS SQL 2005 Express veri tabanı kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Atama Problemi, Genetik Algoritma, Hekim Atama Problemi, Optimizasyon

Abstract

In this study, the optimization of the rotation of doctors in some certain branches who work in the Ministry of Health to some institutions was done regarding the doctor's work experience points, seniority, personal preferences; the present number of the staff in the health institutions of the ministry and their future needs. Considering their preference priority, we attempted to appoint doctors to one of the

¹ Bu makale doktora tezinden türetilmiştir (This paper derived from doctoral thesis)

² Dr. Öğr. Üyesi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, imuammer@mehmetakif.edu.tr

³ Prof. Dr., Akdeniz Üniversitesi, igungor@akdeniz.edu.tr

institutions, according to their work experience point, seniority, the length of service and the preferences of the institution they are currently working and those of the one they want to be assign. In this assignment, the points such as the number of the staff to be employed in the institution; the number of the staff working in the institution currently; the number of the staff demanded; the number of the staff to leave the institution by assigned; and the possibility that some of the staff may be assign to other institutions should be considered to meet the needs of the institutions and to assign doctors to different institutions in a balanced way. The genetic algorithm was used as the method of the solution of the problem. In genetic algorithm after the mutation operation and the transposition on the chromosomes, it was observed that some of the candidates might be appointed to the institutions they have not preferred. This problem was solved by assigning the candidate to one of the institutions (to their prior preferences) with the help of the chromosome correction algorithm. In the problem, the method we developed was tested by constructing different data sets with the help of a data set constructing function which simulates actual data. To solve the problem, C#.NET Express programming language and MS SQL 2005 Express data sets were used.

Keywords: Assignment Problem, Genetic Algorithm, Doctor Assignment Problem, Optimization

1. GİRİŞ

Ülkemizin sosyal, coğrafi ve demografik yapısından dolayı, bölgelerimiz ve illerimiz arasında kamuda veya özel sektörde tercih edilebilirlik açısından birçok farklılıklar söz konusudur. Buna; güvenlik, sosyal çevre, kültürel ve eğitim olanakları, iklim şartları, ulaşım imkanları, merkezi yerlere uzaklığı, çalışma koşulları vb. gibi nedenler gösterilebilir. 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 çalışamaması gibi problemlere sebep olmaktadır. Bu sorun tüm kurumlar için geçerli olsa da, özellikle Sağlık Bakanlığı, Milli Eğitim Bakanlığı gibi kurumlarda daha belirgin olarak görülmektedir. 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 çözememesinin yanı sıra, personelin sık değişmesinden kaynaklanan başka sorunlara da neden olabilmektedir. Personel, kurumlar arasında dengeli dağıtıldığı takdirde, kurumlardaki personel yetersizliğinden veya fazlalığından doğabilecek sorunlar da minimize edilmiş olacaktır. Personel ve kurum memnuniyeti artırıldığında, hem personel hem de kurum hizmet kalitesi artacak aynı zamanda atama dönemleri uzatılarak, sürekli sirkülasyondan dolayı oluşabilecek problemler de azalacaktır. Personel dengesizliğinden dolayı yapılan geçici atamalar ve insan unsurundan kaynaklanabilecek problemler de elimine edilmiş olacaktır. Atama sırasında personelin istekleri azami ölçüde karşılanırsa, personel verimliliği, dolayısıyla kurum verimliliği artacaktır.

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 yerleştirilmesi işleminin optimizasyonu ile ilgilidir. Bakanlık bünyesinde istihdam edilen personelin atama ve nakilleri, Sağlık Bakanlığı ve Bağlı Kuruluşları Atama ve Yer Değiştirme Yönetmeliğine göre gerçekleştirilmektedir (Mevzuat, 2017). Sağlık Bakanlığına bağlı kurumlar arası isteğe bağlı yer değiştirme süreci, adaylar (personel) ve kurumlar açısından yerine getirilmesi gereken birçok istek ve koşul (kısıtlar) dikkate alınarak yapılması gereken karmaşık bir atama işlemidir.

Çalışmada, Sağlık Bakanlığında istihdam edilen belirli bir branştaki personelin isteğe bağlı yer değiştirme işlemi, belirli kısıtlar ve istekler dikkate alınarak, adayları ve kurumları azami memnun edecek şekilde yeniden yerleştirilmesi işleminin optimizasyonu genetik algoritma kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2.LİTERATÜR TARAMASI

Atama problemlerinin ilk ortaya atıldığı 1950'lerden bu yana, problemle ilgili literatürde çok sayıda çalışma mevcuttur. Geçen 70 yıl boyunca farklı atama problemi çözümü için farklı algoritmalarından faydalanılmıştır. Niknafs ve diğ., (2013) çalışmalarında, farklı algoritmalar ile yapılmış, farklı türde atama problemleri ile ilgili geniş bir literatür taramasını görebilirsiniz. Çalışmalarda görüldüğü gibi klasik yöntemlerin yanında, problemin özelliğine göre farklı sezgisel algoritmalar da kullanılmaktadır. Problemin büyüklüğü arttıkça sezgisel yöntemlerle çözülmesi daha uygun olduğu ifade edilmektedir (Misevicius, 2003). Chu ve Beasley (1997), genel amaçlı atama problemini genetik algoritma ile optimize etmeye çalışmışlardır. Makalede 5 işçi/15 görev ile 20 işçi/200 görev ve 75-4000 karar değişkeni olan 84 standart test verisi kullanmışlardır. Bu veri setlerini küçük, orta ve büyük ölçekli olarak kategorize ederek genetik algoritma ile optimize etmeye çalışmışlardır. Farklı ölçekteki veri setleri ile yapılan genetik algoritma çözüm ortalamasının, klasik çözüm optimum değerinden %0.01'den daha az bir sapma olduğunu göstermişlerdir. Hesaplamalarda optimum yada optimuma çok yakın sonuçlar elde edilerek, her ölçekteki atama problemlerinde genetik algoritmanın kabul edilebilir bir çözüm sunabileceğini göstermişlerdir. Wilson' da (1997) genel amaçlı atama problemlerinin optimizasyonunu tam sayılı programlama ve genetik algoritma ile karşılaştırmıştır. Küçük ölçekli problemlerde genetik algoritma optimum sonucu vermiştir. Orta ölçekli problemlerde, tam sayılı yöneteme göre daha kısa sürede optimuma yakın sonuçlar elde edilmiştir. Büyük ölçekli problemlerde ise tam sayılı yöntem kullanılması mümkün olmadığı ve ancak genetik algoritma gibi sezgisel yöntemler ile kabul edilebilir sürede tatmin edici sonuçlar elde edilebileceğini göstermiştir. Hava yolları personel uçuş nöbeti problemi (Airlines Crew Rostering Problem-ACRP) çok amaçlı ve çok kısıtlı bir atama problemidir. Problemin amacı; personelin hangi uçuşlara atanacağını belirlemektir. Moudani ve arkadaşları (2001) çok amaçlı ACRP problemini sezgisel bir metot ile kombine edilmiş genetik algoritma kullanarak çözmüşler ve havayolu şirketinin maliyetlerini azalttıklarını ve çalışanları kabul edilebilir bir memnuniyet seviyesine getirdiklerini iddia etmişlerdir. Drezner (2003), karesel atama problemlerini farklı bir genetik algoritma yaklaşımı kullanarak optimizasyonunu yapmaya çalışmıştır. Lui ve Geo (2009), atama problemlerinin bir

uygulaması olan dengeli dağılım, karesel atama problemlerini fuzzy parametrelerle formüle ederek genetik algoritma yardımıyla çözmüşlerdir. Garrett ve arkadaşları (2005), Amerikan Deniz Kuvvetlerinde çalışan askerlerin rotasyonunu genetik algoritma kullanarak yapmışlardır. Azarbyonad ve Babazadeh (2014), karesel atama problemi (QAP) kütüphanesinden (Burkard ve diğ., 2018) seçtikleri karesel atama problemlerini uygun zaman diliminde genetik algoritma ile optimize etmişlerdir. Liu ve Wang (2015) ölçeklenebilir paralel genetik algoritma ile genel amaçlı atama problemini optimize etmişlerdir. Paralel genetik algoritma ile iş parçaları senkronize olarak birden çok işlemci üzerinde aynı anda çalıştırılarak işlemlerin çok kısa sürede (saniyede 10^{18} işlem) yapılmasına olanak sağlamaktadır (Sarkar ve diğ., 2009). Böylece büyük ölçekli problemler daha kısa sürede çözülebilecektir. Wang ve Kong (2012) kamu inşaat projelerine denetçi seçimi, başka bir deyişle proje denetçi eşleştirmesi işlemini genetik algoritma ile modellemişlerdir. Geliştirdikleri modelin geçerliliğini Tayvan-Kaohsiung’da proje-denetim eşleştirmesi için test etmişlerdir. Test sonuçlarına göre modelin hem geçerli, hem de el ile yapılan eşleştirmeden çok daha iyi olduğu görülmüştür.

Bizim çalışmamızda, Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığına bağlı yüzlerce kurumda görev yapan binlerce personelin, belirli koşullar altında, kurumları ve çalışanları azami memnun edecek şekilde atama işlemini genetik algoritma ile modellenmiş ve test edilmiştir.

3.GENEL ATAMA PROBLEMLERİ

Atama problemleri yöneylem araştırmalarının temel problemlerinden biridir. Bu tür problemler; işçilerin işe veya göreve atanması, futbolcuların sahadaki görev dağılımı gibi hususların en uygun şekilde nasıl yapılabileceğinin araştırılmasıdır. Atama probleminin temel amacı; görev sırasında toplam süreyi minimize etmek veya yeteneklerin maksimize edilmesi veya atama maliyetlerinin minimize edilmesi olabilir (Odior ve diğ., 2010). 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).

Klasik atama problemleri; n adet işçinin m adet görev ile eşleştirilmesi işlemidir. Genel atama problemlerinde problem dengeli olmalıdır. Yani işçi sayısı ile görev sayısı eşit olmalıdır ($n=m$). Eşleştirmede amaç atamanın toplam maliyetinin veya sürenin minimize edilmesidir. Genel atama problemlerinin yerleştirme problemleri, araç rotalama, grup teknolojisi, çizelgeleme gibi birçok uygulama alanı bulunmaktadır (Tapkan, 2008). Denklem 1’de genel atama probleminin amaç fonksiyonu, denklem 2,3 ve 4’ te ise problem kısıtları verilmiştir. Burada; i :işçi, j :görev, x_{ij} ise i . işçinin j . göreve atanmasını, c_{ij} ; i . işçinin j . göreve atanması durumunda maliyetini göstermektedir. Problemin amaç fonksiyonunda, işçilerin görevlere atanması işleminin minimum maliyetle olmasını sağlar. Kısıt fonksiyonlarından denklem 2’de her göreve bir işçinin atanmasını, denklem 3’ te ise her işçinin en çok bir göreve atanmasını garanti eder. Denklem 4’te ise; i işçisi j görevine atanmış ise $x_{ij}=1$, aksi halde $x_{ij}=0$ ’dır.

Genel atama probleminin amaç fonksiyonu:

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

Kısıt fonksiyonları:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1 \quad ; j = 1, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad ; i = 1, \dots, m \quad (3)$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & , \text{eğer atama yapılmış ise} \\ 0 & , \text{atama yapılmamış ise} \end{cases} \quad (4)$$

4.GENETİK ALGORİTMA

Genetik algoritma (GA) “güçlü olan hayatta kalır” evrimsel ilkesine dayanan doğal seleksiyon algoritmalarından esinlenmiş bir optimizasyon algoritmasıdır (Coley, 1999). Genetik algoritma metodu, ilk defa Holland (1975) tarafından uygulanmaya başlanmıştır. Özellikle son 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, sezgisel yöntemlerdir. Dolayısıyla her zaman optimum çözümü vadetmeyebilir. Ancak yapılan çalışmalar göstermiştir ki; GA’lar optimum ve optimuma çok yakın çözümler üretmiştir. Genetik algoritmalar şartlara uyum sağlayabilir. Bunun anlamı, önceden hiç bilgisi olmamasına karşın, olayları ve bilgiyi öğrenme ve toplama yeteneğine sahip olmasıdır (Tektaş ve diğ., 2010:135).

Genetik algoritmanın bilgisayar ortamında bir programlama dili yardımıyla gerçekleştirilmesine ise Genetik programlama adı verilir (Ilba ve diğ., 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. Buna uygunluk değeri denir. Popülasyondaki daha uygun değere sahip olan (bireyler) kromozomlar olası çözüm adayları olarak hayatta kalırken, uygunluk değeri diğerlerine göre daha kötü 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. Bu işlemlerin sonunda popülasyondaki bireyler en iyi uygunluk değerine sahip bireylerdir. Başka bir deyişle genetik süreçten (seç-çaprazlama-mutasyon) geçerek elde edilen yeni popülasyon optimum çözümü verebilecek çözüm kümesini oluşturur.

5.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 (2017)'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.

Adayların atanması için, öncelikle kurumların ilgili branşta personel ihtiyacını bildirmesi gerekmektedir. Kurumların personel ihtiyaçları, personel dağılım cetveli (PDC) dikkate alınarak, ilgili kurum idaresi tarafından her atama döneminde yeniden belirlenmektedir (PDC, 2017). Personel dağılım cetvelinin hesabı şu şekilde yapılmaktadır (Mevzuat, 2017): 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. Bu değer kurumun hizmet alanındaki nüfus ile çarpılarak kurumun ilgili branştaki PDC değeri elde edilir. 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. Bakanlık her yıl, bütün branşlardaki PDC dağılım cetvelini değişen koşullara göre güncelleyerek bakanlık resmi internet sayfasında ilan etmektedir.

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 arasından öncelikli olarak atama yapılmalıdır. Bu gibi hususlar, atama sırasında kurum kısıtları olarak dikkate alınacaktır.

Adaylar, açık kadro belirleyen kurumlar arasından, en çok istediği kurumu birinci sırada olmak üzere, tercihlerini 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 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.

Başka bir husus ise, adayların kurum tercih işlemleri, kurumların personel isteklerinden daha sonra olacağından, kurumlar ihtiyaç belirlerken, 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.

Diğer bir durum 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 ve Martello, 1997) ve dengeli (Lui ve Gao, 2009) atama problemine benzetilerek çözülmüştür. Problemin çözümü, yapısal sorgulama dili (SQL) ve C# programlama dili kullanılarak, genetik algoritma yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

Problemin çözümü sırasında kurumlara ilgili tüm bilgiler tek bir tabloda toplanarak oradan takip edilecektir. Çizelge 1’de örnek kurum bilgileri verilmiştir. Burada kurumlar $k=\{0,1,2,\dots,K\}$ ile ifade edilmiştir. Çizelgede sırasıyla, atamada kullanılacak kurumun PDC değeri, halen çalışmakta olan personel sayısı (MP), atama sırasında mevcut personelden atandıktan sonra kalan personel sayısı (KP), istenen personel sayısı (IP), atanan aday sayısı (AP), halen çalışan personelin tümünün atanarak gitmemesi için atanamama oranı (ρ) ve kurumun personel dağılım oranı (PDO: $(AP+KP)/PDC$) bilgileri bulunur. Kurum ile ilgili kısıtlarda bu tablo bilgilerinden faydalanılacaktır. Bu bilgilerin bazıları (kalan personel, istenen personel, atanan personel) atama sırasında eşzamanlı olarak güncellenecektir.

Çizelge 1. 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 (PDO)
0	5	2	2	3	2	0.3	4/5=0.80
1	3	2	2	1	0	0.2	2/3=0,66
...
k-1	7	3	1	4	2	0.3	3/7=0.43
k	6	1	1	5	3	0.4	4/6=0,66

Problemdede kullanılacak aday bilgileri de Çizelge 2’deki gibi tek bir tabloda toplanarak buradan takip edilecektir. Çizelgede adaylar $a=\{0,1,2,\dots,A\}$ ile şeklinde gösterilmiştir. Adayların kurum tercih ve sırası; K_1, K_2, \dots, K_N ve $N=5$ şeklinde 5 tercih yapabilir. Bir adayın K_i tercihi K_j ’den öncelikli ise $i < j$ olmalıdır. 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 2’de adayların halen çalıştıkları kurum da belirtilmiştir. Zira bir

aday atandığında, adayın halen çalıştığı kurumdan ayrılacağından, halen çalıştığı kuruma yeni adayların gelebilmesini sağlamak için, kurumun istenen kadro sayısı atama sırasında eşzamanlı olarak güncellenerek bir arttırılır.

Çizelge 2. Örnek aday bilgileri, tercihleri ve atandığı kurum tablosu

Adaylar	Hizmet Puanı	Kadro ve Derecesi		Görev Süresi	Halen Çalıştığı Kurum	Tercih Ettiği Kurumlar ve Tercih Sırası					Atandığı Kurum
		Kadro	Derece			1	2	3	4	5	
0	2000	3	5	15	9	2	8	4	6	1	2
1	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'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 $(k_1, k_2, \dots, k_n) n=\{1 \dots 5\}$ yazılır, aksi halde boş bırakılır veya (-1 yapılır). 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 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 3. Adayların kurumlara atama tablosu (Atama Matrisi)

Adaylar	Kurumlar							a. aday en çok bir kez atanır ya da hiç atanmaz
	0	1	2	3	4	...	K	
0			5					1
1	3							1
2			2					1
...								...
A		1						1
	1	1	2	0	0	...	0	k. kuruma atanan aday sayısı

5.1.Hekim Atama Bilgi Sisteminin İşleyişi

Şekil 1'de atama bilgi sisteminin akış şeması verilmiştir. Atama işlem adımları şöyledir:

Adım-1: Kurumlar belirli branşlarda kadro ihtiyaçlarını bildirir. Bu değer, kurumun personel dağılım cetveli değeri ile mevcut personel değerinin farkını aşamaz.

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

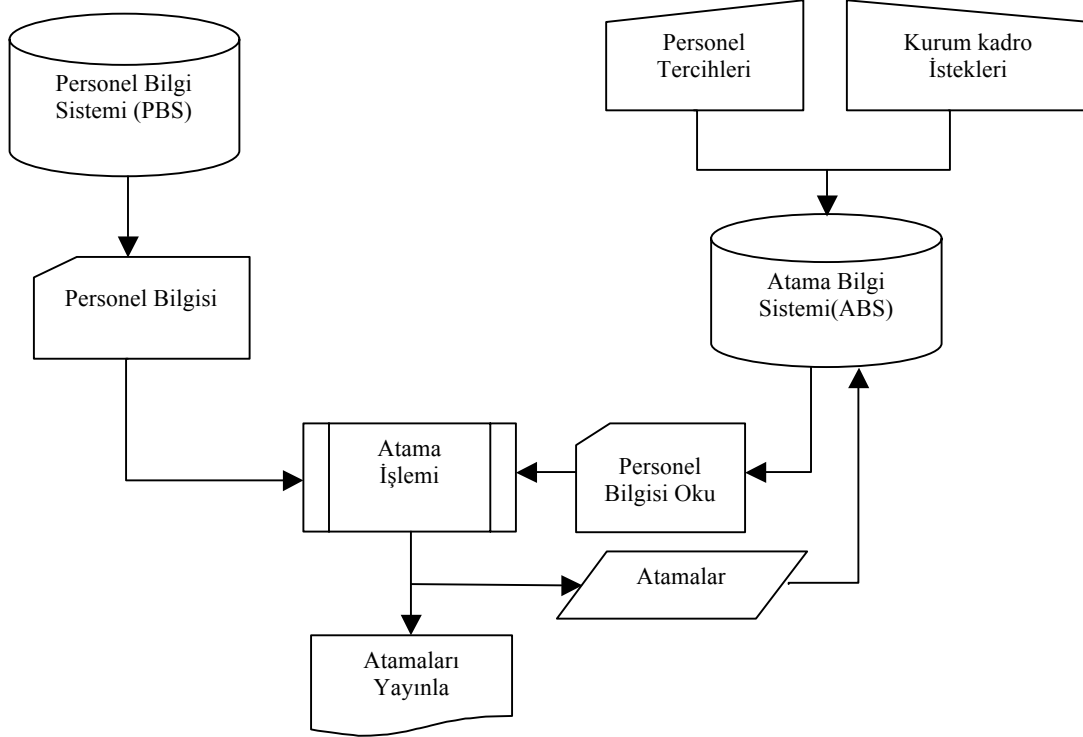
Adım-3: Bakanlık tarafından, kurumlar ve adayların başvuruları kontrol edilerek kabul veya ret edilir. Gerekirse üzerinde düzeltmeler yapılır.

Adım-4: Personel bilgi sisteminden (PBS) 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 elde edilir.

Adım-5: Atama bilgi sisteminden (ABS), kurumların istenen personel değeri ve adayların tercih bilgileri, tercih ettiği kurumlar ve tercih sırası verileri alınır.

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

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



Şekil 1. Hekim atama bilgi sistemi akış şeması

5.2. Problemin Doğrusal Modeli

Problem, belirli kısıtlar altında mümkün olduğu kadar çok adayın öncelikli tercihine yerleştirilmesi (personel memnuniyeti), kurumların personel ihtiyaçlarının karşılanması ve adayların kurumlar arasında mümkün olduğu kadar dengeli dağılımı (kurum memnuniyeti) işlemlerinin optimize edilmesidir. Bu bağlamda, problem çok amaçlı bir optimizasyon problemi şeklinde ele alınmalıdır. Birden çok amaç tek bir amaç fonksiyonu şekline getirilerek denklem 5'teki fonksiyon gibi ifade edilebilir. Bu fonksiyonda hem kurumların, hem de adayların amaçları birleştirilerek F_{ij} şeklinde gösterilmiştir. Problemden bu fonksiyon genetik algoritma yardımıyla maksimize edilecektir.

$$Z_{max} = \sum_{i=1}^A \sum_{j=1}^K F_{ij} x_{ij} \quad (5)$$

Denklemden F_{ij} değeri; i . adayın j . kuruma atanması durumunda adayın ve kurumun uygunluk (Fitness) değerini gösterir. Atama matrisinde i . aday j . kuruma atanmış ise $x_{ij}=1$ aksi halde 0 'dır. Denklemde 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 (Z_{max}) daha detaylı hale getirilerek hesaplama yapılmalıdır. Buna göre amaç fonksiyonu Z_{max} aslında iki ayrı amaç

fonksiyonun birleşimi $Max F_z = \alpha * F_k + \beta * F_p$ şeklinde gösterilebilir. Burada F_k kurum memnuniyetini, F_p ise aday memnuniyetini ifade etmektedir. α ve β değerleri amaçların ağırlık katsayılarıdır ve $\alpha + \beta = 1$ 'dir. Ağırlık katsayıları yardımıyla amaçlardan birisi belirli oranda daha öncelikli 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_{ij}	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 değerin (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.

5.2.1.Amaç ve Uygunluk Fonksiyonu

Genetik algoritma, amaç fonksiyonundan elde edilecek uygunluk değerine göre 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 verecektir.

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 $x_{ij} = \{1,2,3,4,5\}$ tercih sırası, aksi halde $x_{ij} = (-1)$ 'dir. Yani;

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

Amaç fonksiyonları ise;

$$Max F_k = \frac{1}{(S+1)} \frac{1}{K} \sum_{i=1}^A \sum_{j=1}^K \left[\frac{(AP)_j + (KP)_j}{(PDC)_j} x_{ij} \right] \quad ; PDC > 0 \quad (6)$$

$$Max F_p = \frac{\sum AP}{A} \frac{1}{A} \sum_{i=1}^A \sum_{j=1}^K \left[\frac{1}{(\sqrt{t_i})} P_i x_{ij} \right] ; \sum AP, A > 0, t \in \{1,2,3,4,5\} \quad (7)$$

$$Max F_z = \alpha * F_p + \beta * F_k ; F_p : [0-1], F_k : [0-1], \alpha + \beta = 1 \quad (8)$$

Denklem 6 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 karşılanma oranı olan (AP/IP) veya $(KP+AP)/PDC$ şeklinde ifade edilir. Kurumların isteklerinin karşılanma oranları arasındaki dengesizliğin az olması için karşılama oranları arasındaki farkın minimum olması gerekmektedir. Bunun için kurumların karşılama oranlarının standart sapması kurum amaç fonksiyonuna dahil edilir. Standart sapma $1/(S+1)$ olarak amaç fonksiyonda yer almıştır. 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 sıfır olması durumunda oluşabilecek sıfıra bölme hatası giderilmiştir.

Denklem 7 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_t en çok tercih ettiği kurumu, k_5 ise en az tercih ettiği kurumu ifade etmektedir. Denkleme göre maksimizasyon olan amaç fonksiyonunda; adayın tercih sırasının kare kökünün çarpmaya göre tersi 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 arttırılacaktır. Ayrıca mümkün olduğu kadar çok adayın atanması istenmektedir. Bu durum Denklem 7'deki amaç fonksiyonda, atanan aday sayısı toplamının (AP), toplam aday sayısına (A) bölümü $(\frac{\sum AP}{A})$ şeklinde görülmektedir. Burada aday sayısı (A) sabit olduğundan $\sum AP$ değeri büyüdükçe, maksimizasyon olan amaç fonksiyonu büyüyecek, atanan aday sayısı 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 7'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 normalleştirilir.

Denklem 8 amaç fonksiyonlarının tek bir amaç fonksiyonu şeklinde değerlendirilmesine imkan

verecektir. Burada α veya β katsayıları ağırlık oranları değiştirilerek amaçlardan birisine öncelik tanımlanabilir.

5.2.2.Problem Kısıtları

Problemin çözümü belirli koşullar altında gerçekleşmektedir. Çözümü sırasında uyulması gereken kurallar optimizasyon problemlerinde kısıtlar olarak adlandırılmaktadır. Problemdeki kısıtlar; kurum kısıtları ve aday kısıtları olarak iki grupta ele alınmıştır. 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 etkileyen bazı veriler atama işlemi esnasında, program yardımıyla, eşzamanlı olarak güncellenmektedir. 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;

$$1. (\sum_{j=1}^K (AP)_j) \leq (IP)_j \quad ; j = 1, 2, \dots, K \quad (9)$$

$$2. (\sum_{j=1}^K (KP)_j / (MP)_j) \geq \rho \quad ; \rho : \text{Kurumdan ayrılacak personel oranı} \quad (10)$$

$$3. \sum_{i=1}^A \text{Say}(T_i) = 5 \quad ; \text{Say}(T_i): i. \text{ adayın tercih sayısı} \quad (11)$$

$$4. \sum_{i=1}^A T_i x_{ij} \leq 1 \quad ; T_i : i. \text{ adayın tercih kümesi ve } j = 1, 2, \dots, K \quad (12)$$

$$5. \sum_{j=1}^K T_i x_{ij} \leq 1 \quad ; i = 1, 2, \dots, A \text{ ve } j \in T_i \quad (13)$$

$$6. \text{Eğer } (MP)_j \geq 1 \text{ ise } \sum_{j=1}^K (KP)_j \geq 1 \quad (14)$$

$$7. (\sum_{j=1}^K (IP + KP)_j) \leq (PDC)_j \quad (15)$$

$$8. (\sum_{j=1}^K (AP + KP)_j) \leq (PDC)_j \quad (16)$$

Kısıt-1: Kurumlarda atanacak personel sayısı istenen personel sayısından küçük veya eşit olmalıdır.

Kısıt-2: Bir atama döneminde, kurumdaki halen çalışan personelin tümünün atanarak ayrılmasına izin verilmez. Kurumda kalan personel 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. Örneğin; kurumun halen çalışan personel sayısı 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.

Kısıt-3: Her aday, halen çalıştığı kurum hariç tam beş farklı kurum tercihi yapmalıdır.

Kısıt-4: Her aday tercih ettiği kurumlardan birine, sadece bir kez atanabilir yada atanamaz.

Kısıt-5: Kuruma atama sadece o kurumu seçen adaylar içerisinde yapılabilir. Kurumu tercih eden aday

yoksa kuruma atama yapılamaz.

Kısıt-6: Kurumun mevcut personel değeri 1'den büyük olan kurumlarda, en az bir aday atanmadan kalmalıdır.

Kısıt-7: Kurumda istenen personel değeri ile kalan personel değeri toplamı PDC değerini aşamaz. Kurumdan ayrılan personel olursa istenen personel sayısı dinamik olarak arttırılacaktır.

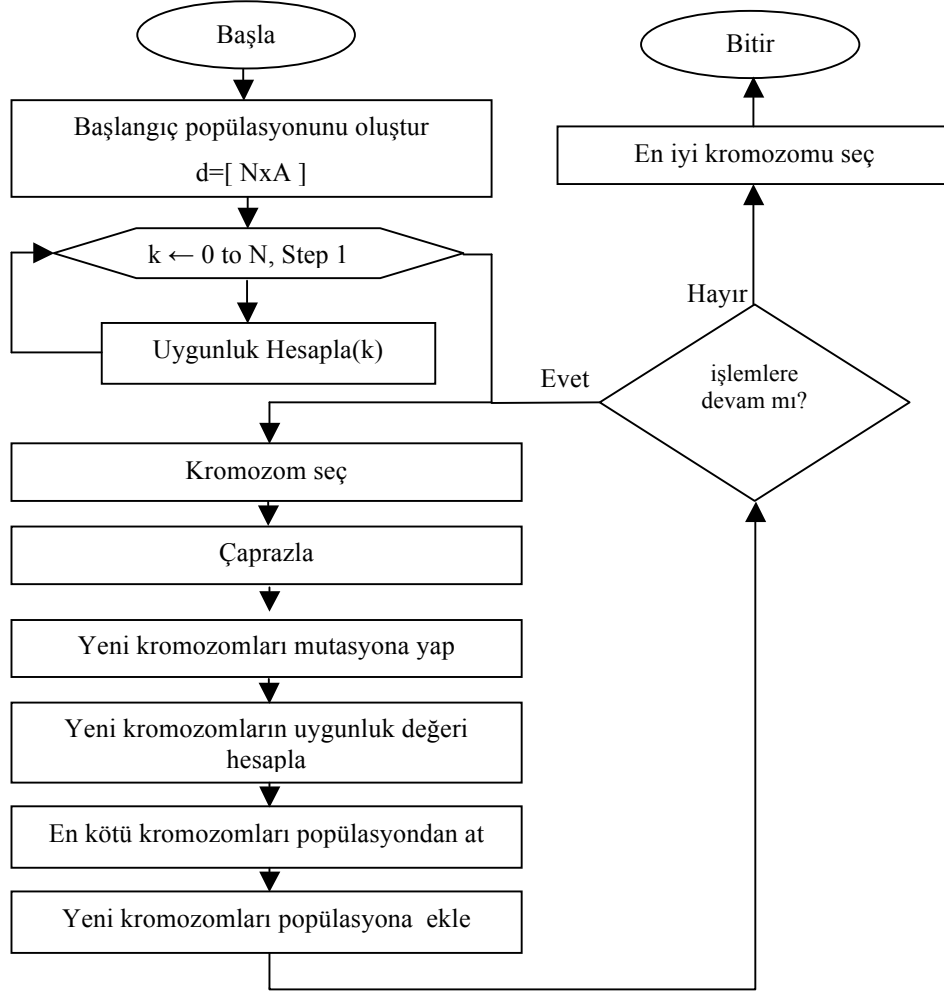
Kısıt-8: Kuruma atanan aday sayısı ile istenen aday sayısının toplamı personel dağılım çizelgesi (PDC) değerinden küçük veya eşit olmalıdır.

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.

5.3.Problemin Genetik Algoritma Akış Şeması

Kurumlar ve adaylarla ilgili gerekli veriler toplandıktan sonra problemin GA çözümü için gerekli işlem adımları Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Hekim atama problemi genetik programlama akış şeması

Problemin GA çözümü bir başlangıç popülasyonun oluşturulmasıyla başlar. Bu aşamada popülasyon büyüklüğü kadar kromozom, yani çözüm uzayının başlangıç bölümünü oluşturan kromozom bilgileri (genler) rastgele oluşturulur. Daha sonra kromozomların uygunluk fonksiyonları Denklem 8'deki 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 kötü değere sahip iki kromozom popülasyondan atılır. Bunların yerine yeni oluşturulan çocuk kromozomlar popülasyona ilave edilir. Bu işlemler belirli bir sonlandırma kriteri sağlana kadar tekrarlanır. Sonlanma kriteri sağlandığında, popülasyonda kalan kromozomlar uygunluk değerine göre sıralanıp, en uygun değere sahip kromozom ya da kromozomlar en uygun çözümü veren kromozom olarak belirlenir. Bu kromozomdaki bilgilerden yola çıkarak, hangi kuruma kimler yerleşti, kaç kişi yerleşti, kim nereye kaçınıcı tercihinin yerleştirildi, ne kadar açık kaldı vb. gibi istatistiki bilgiler elde edilebilir. Bunun yanı sıra yeni popülasyondan uygunluk değerine göre belirli bir uygunluk değerinin üzerinde kalan kromozomları alarak, uygun çözümler bölgesi (bkz. Castello ve diğ., 2006) oluşturup bu

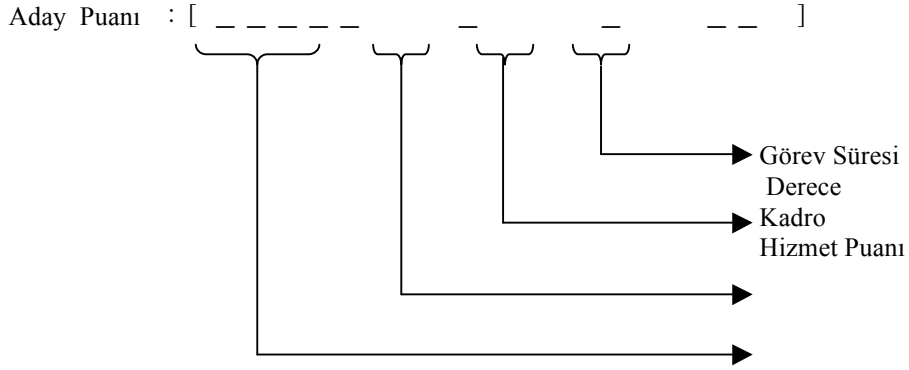
bölge içerisinde çeşitli çözümler de elde edilebilir.

5.4.Problemdede Kullanılacak Aday Puanının Hesaplanması

Atama sırasında adayların birbiriyle yarışması durumunda, yani aynı kurumu tercih eden adaylar arasında atamada öncelik verilip verilmeyeceği, verilecek ise neye göre karar verileceği önemlidir. Adayların yarışması durumunda, 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. Problemdede 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 2 derecesi 4 olan aday, kadrosu 2 derecesi 3 olan adaya göre atama önceliğine sahiptir. Dolayısıyla hesaplamalarda bu durum da dikkate alınmalıdır.

Adayların hizmet puanı, kadro derecesi ve görev süresinden oluşacak yeni puanı için Şekil 3'teki gibi bir hesaplama yöntemi kullanılmıştır (Güngör, 2003). Şekilde görüldüğü gibi adayın, hizmet puanı, kadro derecesi, görev süresi bilgileri adayın puanının basamak değerlerini oluşturur. Atamada hizmet puanı öncelikli olduğundan, en büyük basamak değeri hizmet puanından oluşmalıdır. Daha sonraki basamak değerlerini kadro ve derecesi, son basamak değerini de görev süresi bilgileri oluşturmaktadır.



Şekil 3. Aday puanının hesaplanması

5.5.Problemin Genetik Algoritma Kromozom Yapısı ve Kromozom Oluşturma

Genetik algoritma, problemin çözüm uzayında, rastgele oluşturulmuş bir başlangıç kromozom (birey-çözüm) popülasyonu ile başlar. Bu yüzden problemin genetik algoritma ile çözümü için, problemin kromozom yapısının belirlenmesi ile başlanmalıdır. Kromozom da genlerden oluştuğundan, genler problemin özelliğine göre uygun bir kodlama seçilerek tespit edilir. Şekil 4’te problemin kromozom yapısı görülmektedir. Şekle 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 içeriği, 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; $i=\{0, 1, 2, \dots, A\}$, kurumlar da $j=\{0, 1, 2, \dots, K\}$ şeklinde ifade edilmiştir. Kromozom oluşturma algoritması Liste 1’de verilmiştir.

Liste 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 = -1 OR k = null ) then // atanabilecek kurum yok ise
9:         kromozom [a] ← -1
10:      else // atanabilecek kurum var ise
```

Aday ve atandığı kurum. Örneğin:2. aday 5. kuruma atanmıştır.

	0	1	2	3	...	A	
	7	6	5	9	...	1	→ Kromozom yapısı
	↑	↑	↑	↑	...	↑	

Kurum Tercih ve Sırası	1	7	0	0	0	...	2	
	2	5	6	7	5	...	5	
	3	8	5	5	4	...	1	i. adayın tercih ettiği ve atamaya müsait olan kurumlar. Örneğin; 3 numaralı adayın tercihleri sırasıyla 0, 5, 4, 2 ve 9’ dur.
	4	1	9	4	2	...	8	
	5	6	4	2	9	...	6	

Şekil 4. Hekim atama probleminin kromozom yapısı.

```
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
```

5.6. Kromozom Düzeltme Algoritması

Yeni oluşturulan kromozomların problemin kısıtlarına uygunluğu kontrol edilmeli, gerekirse üzerinde düzeltmeler yapılmalıdır. Yeni 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 2’de verilmiştir.

Liste 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. aday atandığı kurum tercihleri arasında ise)
                        begin
                            if ( atandığı kurum atamaya müsait değil ise) kromozom [a] ← -1
                            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 = -1 OR k = null ) then kromozom [a] ← -1 // 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
                            end
                        end
                    end
                end
            end
        end
    end
end
```

```
end
end // atandığı kurum tercihleri arasında değilse
end // atandığı kurum tercihleri arasında ise
end // for
end // while
```

Liste 2'ye göre 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: Düzeltmeye ihtiyaç olduğu sürece kromozom üzerinde düzeltme adımları tekrarlanmalıdır.

6.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 5'te 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 toplam personel/ PDC oranına göre atama oranı (AORAN) bilgileri mevcuttur. Çizelge, kurumlara hiçbir atama işlemi yapılmadan önceki halini göstermektedir. Atama sırasında KP, IP, AP, AORAN bilgileri eşzamanlı olarak güncellenmektedir. Atama işleminden sonraki kurumların personel durumu bilgileri Çizelge 6'da gösterilmiştir. Kurum ve aday kısıtları dikkate alınarak atama yapılacağından kurum kısıt bilgilerine bu tablodan atama sırasında anlık bakılarak karar verilmektedir.

Çizelge 5. Atamadan önceki örnek kurum bilgileri

Kurum	PDC	MP	KP	IP	AP	AORAN	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 6. Atamadan sonraki örnek kurum bilgileri

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

Çizelge 7. Örnek aday-bilgi, aday-tercih ve aday-atama tablosu

A	TS	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	CK	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 7’de 10 adet örnek aday bilgisi verilmiştir. 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 tercihi yerleştirilmemiş ise TS'ye (-1) değerini alır. Örneğin; Çizelge 7'de 9. aday hiçbir tercihi 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 tercihleri, tercih sırasına göre 7,5,8,1,6 kurumlarıdır. Adaylar, mümkün olduğu kadar öncelikli tercihlerine atamak koşuluyla tercih ettiği kurumlardan birine yerleştirmeye 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 yerleştirmeye çalışılır. Aday hiçbir tercihi yerleştiremiyorsa, atanamadı anlamındaki (-1) değeri TS sütununa işlenir.

Çizelge 8. Kromozom havuzu ve uygunluk tablosu

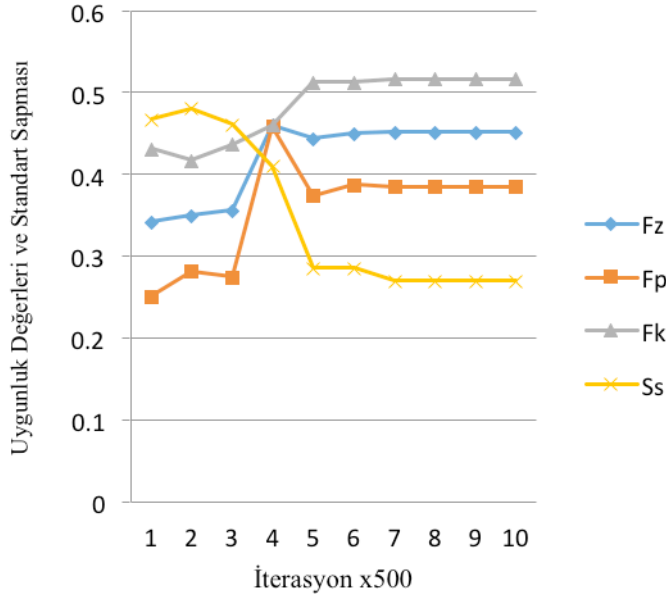
	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	Fz	Fp	Fk	Ss	O
Kr0	7	6	0	9	9	1	5	2	6	-1	0,451	0,385	0,517	0,27	0,656
Kr1	7	6	0	9	9	1	5	2	8	-1	0,447	0,386	0,507	0,294	0,656
Kr2	7	6	0	9	9	1	4	5	6	-1	0,446	0,384	0,508	0,272	0,646
Kr3	7	6	0	5	9	1	4	2	6	-1	0,445	0,391	0,498	0,297	0,646
Kr4	7	6	0	9	9	4	1	5	6	-1	0,444	0,379	0,508	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

Çizelge 8'de Çizelge 5 ve Çizelge 7'deki kurum ve aday atama bilgilerinden elde edilen veriler genetik algoritma sürecinden geçirildikten sonraki örnek 10 adet kromozom yapısı görülmektedir. Tabloda görünen kromozomlar rastgele oluşturulan başlangıç kromozomları değil, 3000 yinleme genetik algoritma işlem sürecinden sonra elde edilmiş kromozomlardır. Her kromozom çözüm uzayındaki bir elemanı ifade etmektedir. Dolayısıyla en uygun 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) verilerdir. 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) işletilmesi daha kolay yapılabilir. Çizelge 8'e göre en iyi çözümü, uygunluk değeri en büyük olan Kr0 (Kromozom 0) verecektir.

Çizelge 8'deki ilk kromozom olan 0. kromozomu ele alacak olursak; P₀ (0. aday) kurum 7'ye atanmıştır. Çizelge 7'ye bakılırsa bu, adayın 1. tercihidir. Yani, 0. aday 1. tercihi olan kurum 7'ye atanmıştır. Bu verilere göre Çizelge 7'deki 0. adayın atandığı tercih sırasını gösteren (TS) sütunu 1 olarak güncellenmiştir. Çizelge 6'da 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 7'den kurum 6 aday 1'in ikinci tercihidir. Çizelge 7'de 1. adayın TS sütunu 2 olarak güncellenmelidir. Çizelge 8'daki kromozomun 9. adayı (P9) halen 3 nolu kurumda çalıştığından, "halen çalışan personelden belirli bir oranının atanarak gitmesine izin verilmez" kısıtından dolayı hiçbir tercihinin atanmamıştır.

Örnek problem için; başlangıç kromozomunun en iyi üyesinin uygunluk değeri ve daha sonraki belirli sayıdaki (5000) yineleme sonucunda popülasyon havuzundaki en iyi çözümlerin uygunluk değeri verilerine göre Şekil 5'teki grafik elde edilmiştir.



Şekil 5. Aday-Kurum genetik algoritma ile atama grafiği

Şekil 5'te başlangıç kromozomlarından elde edilen en iyi çözüm ile, başlangıç kromozomlarına genetik algoritma uygulanarak belirli sayıdaki yinelemeden 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 görülmektedir. Problemden amaç maksimizasyon olduğu için uygunluk değerlerinin en büyük olması istenir. Başlangıçta kurum ve personel uygunluk değerleri (memnuniyet ölçüsü) düşük olduğundan bunların belirli oranlardaki toplamından oluşan problem uygunluk değeri de düşüktür. İlk 1000 yinelemeden sonra uygunluk değerleri hızla artmış, daha sonraki yinelemelerde daha yavaş artmıştır. Artık belirli bir yinelemeden sonra uygunluk değerleri değişmeyecektir. Toplam 5000 yineleme yapılmıştır, ancak 3500 yinelemeden sonra uygunluk değerlerinde değişim olmamıştır. Belirli bir yinelemeden sonra uygunluk değerlerinde bir değişim olmazsa yineleme işlemine son verilebilir.

Grafikte başlangıç kromozomları belirli bir seviyeden başlamıştır. Başlangıç kromozomlarının bir kısmı tamamen rastgele, belirli bir kısmı kontrollü olarak program ile oluşturulduğu için, 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 yinelemeler arasında F_k ve F_p değerleri birbirine çok yakındır. Bu bölgede aday memnuniyeti maksimumdur ancak kurum memnuniyeti henüz maksimum değildir. 2000 yinelemeye 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 kesiştiği 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 yineleme 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 9'da görülmektedir.

7.HEKİM ATAMA PROBLEMİ ÇÖZÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Gerçeğine uygun olarak farklı sayıda yapay veri seti oluşturularak geliştirilen model test edilmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 9'da 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 9. Geliştirilen model ile farklı veri setleri için elde edilen sonuçlar

Problem Türü	Başvuran Aday Sayısı	Kurumların istediği Personel sayısı	Uygunluk Fonksiyonu (F_z)	Aday Memnuniyet Fonksiyonu (F_p)	Kurum Memnuniyet Fonksiyonu (F_k)	Atanan Aday Sayısı	Kurum Karşılama Oranı	Kurum karşılama Oranlarının Standart Sapması	Yineleme Sayısı
10a	10	32	0,451	0,385	0,517	9	0,656	0,27	3.000
20a	20	39	0,394	0,262	0,527	14	0,649	0,23	5.000
100a	100	366	0,406	0,366	0,445	78	0,548	0,23	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. Belirli yinelemeden sonra (1000) popülasyonun ortalama uygunluk değeri yükseldiği için tüm adaylara eşit şans tanımak amacıyla 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. 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.

Çizelge 9'a göre problem büyüdükçe çözüm için gerekli olan yineleme 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 atanan 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 $Max F_z = \alpha * F_p + \beta * F_k$ 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 değiştirilebilmektedir. 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.

8.SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

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 azami memnun edecek şekilde adayların kurumlara atanması işlemi yapacak model, genetik algoritma yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Problemdede; adayların hizmet puanı, kadro derecesi, görev süresi ve tercihleri ile birlikte, kurum istekleri ve kısıtları dikkate alınarak mümkün olduğu kadar çok adayı, 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 geliştirilen modelin sağlıklı bir şekilde test edilebilmesi için gerçek verilere bağlı kalarak kontrollü olarak üretilmiştir. Ayrıca bu veri setleri gerektiğinde başka araştırmacıların da konu üzerinde çalışabilmesi için veri tabanında saklanmıştır.

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 yinleme ile 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 tamsayılarla sembolize edilmiştir. Örneğin kurumlar, 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 (0→Antalya Devlet Hastanesi 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 yapabilmeye 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. Geliştirilen yöntem, Milli Eğitim Bakanlığı, Adalet Bakanlığı, İç İşleri Bakanlığı gibi kurumlardaki personelin atamasında da kullanılabilir. 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

- Amico, M. D., Martello S.,(1997). *The k-cardinality assignment problem*, Discrete Applied, Mathematics 76(1-3), 103-121.
- Azarbonyad H., Babazadeh R.,(2014). *A genetic algorithm for solving quadratic assignment problem(QAP)*. Neural and Evolutionary Computing (cs.NE) (2014). In Proceeding of 5th International Conference of Iranian Operations Research Society (ICIORS 2012) Tebriz, Iran.
- Burkard, R. E., Dell'Amico M. ve Martello S., (2009). *Assinment problem*, Copyright by the Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Burkard R.E., Çela E., Karisch S.E. ve Rendl F., (2018). QAPLIB - A Quadratic Assignment Problem Library. Erişim 08 Şubat 2018, <http://anjios.mgi.polymtl.ca/qaplib/>.
- Castillo F., Kordon A., Smits G., Christenson B., Dickerson D.,(2006). *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, 1613 – 1620.
- Chu, P.C., Beasley J.E. (1997). *A Genetic algorithm for the generalised assignment problem*, Computer Ops. Res. 24(1), 17-23.
- Coley D. A.(1999). *An introduction to genetic algorithms for scientists and engineers*, David A Coley, Copyright© 1999 by World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Drezner Z.(2003). *A new genetic algorithm for the quadratic assignment problem*, INFORMS Journal on Computing, 15(3), 320-330.
- Garrett, D., Vannucci J., Silva R., Dasgupta D., (2005). *Genetic algorithms for the sailor assignment problem*, GECCO '05 June 25–29, 2005, Washington, DC, USA.
- Güngör, İ.(2003). *Çok amaçlı atama problemlerine bir çözüm önerisi*, G.Ü. İ.İ.B.F. Dergisi 1/2003, 37-52.
- Holland, J.(1975). *Adaption in natural and artificial systems*, University of Michigan Pres, Ann Arbor, MI.
- Iba H., Paul T.K., Hasegawa Y. (2010). *Applied genetic programming and machine learning*, LLC CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Lui L. ve Gao X. (2009). *Fuzzy weighted equilibrium multi-job assignment problem and genetic algorithm*, Applied Mathematical Modelling , 33(10), 3926-3935.
- Liu Y. Y. , Wang S. (2015). *A scalable parallel genetic algorithm for the generalized assignment problem*. Parallel Computing 46(2015), 98–119.
- Mevzuat (2017). Sağlık Bakanlığı Ve Bağlı Kuruluşları Atama ve Yer Değiştirme Yönetmeliği. Erişim 16 Aralık 2017, <http://mevzuat.basbakanlik.gov.tr/>
- Misevicius A. (2003). *A modified simulated annealing algorithm for the quadratic assignment problem*, Informatica, 14(4), 497–514.
- Mitchell, M.(1999). *An introduction to genetic algorithms*. A Bradford Book The MIT Press Cambridge, Fifth Printing.
- Moudani W. E., Cosenza C. A. N., Coligny M. D., and Mora-Camino F.A. (2001). *A bi-criterion approach for the airlines crew rostering problem*, First International Conference on Evolutionary Multi- Criterion Optimization, 486–500.
- Niknafs A., Denzinger J. Ve Ruhe G., (2013). *A systematic literature review of the personnel assignment problem*, Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2013 Vol II, IMECS 2013, March 13 - 15, Hong Kong.
- Odior, A O, Charles Owaba O. E., Oyawale F. A(2010). *Determining feasible solutions of a multicriteria assignment problem*, J. Appl. Sci. Environ. Manage. March, 14(1), 35-38.
- PDC (2017).Türkiye Kamu Hastaneleri Kurumu Uzman Tabipler İçin Personel Dağılım Cetveli. Erişim tarihi 25 Aralık 2017, <https://dosyamerkez.saglik.gov.tr>.
- Sarkar V., Harrod W., Snavely A.E.,(2009). *Software challenges in extreme scale systems*, Journal of Physics: Conference Series 180 (2009) 012045, doi:10.1088/1742-6596/180/1/012045.

- Tapkan, P., Özbakır L., Baykasoğlu A.(2008). *Arı algoritması ve genelleştirilmiş atama problemi: farklı komşuluk yapılarının karşılaştırılması*, Endüstri Mühendisliği Dergisi YA/EM 2008 Özel Sayısı 21(2), 2-13.
- Tektaş M., Tektaş N., Onat N., Gökmen G., Koçyiğit G., Akıncı T.,Ç.,(2010). *Web tabanlı yapay zeka teknikleri eğitim simülatörlerinin hazırlanması*, Proje No: FEN-E-050608-138, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Wang Yu-Ren ve Kong Siang-Lin, (2012). *Applying genetic algorithms for construction quality auditor assignment in public construction projects*, Automation in Construction 22(2012), 459–46.
- Wilson J.M. (1997). *A genetic algorithm for the generalised assignment problem*, The Journal of the Operational Research Society, 48(8), 804-809.