

## Hemşire Çizelgeleme Problemlerinin Genetik Algoritmalarla Optimizasyonu ve Bir Uygulama<sup>a</sup>

Ahsen KÜÇÜK<sup>b,c</sup>, İpek DEVECİ KOCAKOÇ<sup>d</sup>

### Özet

Sağlık hizmetlerinin temel amacı; kişi, aile ve toplumların sağlıklarının korunması, hastaların tedavi edilmesi ve yaşamlarını sağlıklı olarak sürdürebilmelerini sağlamaktır. Hemşire Çizelgeleme Problemi, sağlık sektöründe çok çalışılan ve hizmet kalitesini artırmayı hedefleyen bir problemdir. Problem kısaca; sınırlı kaynakların belirli amaçlar doğrultusunda, belirli kısıtlar altında ve belirli bir zaman aralığında işlere atanması ile ilgili karar verme sürecini inceler. Çizelgeleme problemleri, çözümü zor olan problemler grubuna girmektedir. Bu yüzden bu çalışmada yaklaşık en iyi çözüm değerlerine ulaşabilmek için sezgisel algoritmalarından biri olan Genetik Algoritmalar kullanılmıştır. Çalışma, Buca Seyfi Demirsoy Devlet Hastanesi'nin bir servisindeki hemşirelerin verileriyle yapılmıştır. Hemşirelerin en uygun çalışma saatlerini bulmak amacıyla oluşturulan modelin çözümü için MATLAB programının genetik algoritmalar aracından yararlanılmıştır. Son olarak elde edilen sonuçlarla hastanenin gerçek nöbet çizelgeleri karşılaştırılarak çalışma tamamlanmıştır.

### Anahtar Kelimeler

Hemşire Çizelgeleme Problemi  
Genetik Algoritmalar  
Optimizasyon

### Makale Hakkında

Geliş Tarihi: 01.05.2020  
Kabul Tarihi: 10.05.2021  
Doi: 10.18026/cbayarsos.730727

## Optimization of Nurse Scheduling Problem with Genetic Algorithms and an Application

### Abstract

The main purpose of health services are to protect the health of people, families and communities, to treat patients, and to ensure that they can continue their lives in a healthy way. The nurse problem is commonly studied in the health sector and aims to increase the quality of service. The problem is briefly; is the decision-making process for the assignment of limited resources for specific purposes, under certain constraints and within a specified time period. Scheduling problems are among the ones whose solutions are rather difficult. Hence, in this study, Genetic Algorithms, one of the heuristic algorithms, has been used in order to reach approximately the best solution values. The study has been conducted on the data of nurses working in a clinic of Seyfi Demirsoy State Hospital. So as to find the most available work-hours of nurses, the genetic algorithms toolbox of MATLAB is utilized. Finally, the study has been completed by comparing the authentic shift-schedules of the hospital with the attained results.

### Keywords

Nurse Scheduling Problem  
Genetic Algorithms  
Optimization

### About Article

Received: 01.05.2020  
Accepted: 10.05.2021  
Doi: 10.18026/cbayarsos.730727

<sup>a</sup> 20. Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması ve İstatistik Sempozyumu'nda sunuldu.

<sup>b</sup> ahseck35@gmail.com

<sup>c</sup> Doktora, Akdeniz Üniversitesi/ Antalya-Türkiye ve 0000-0002-3799-100X

<sup>d</sup> Prof. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi/ İzmir- Türkiye ve 0000-0001-9155-8269

## Giriş

Çizelgeleme problemleri; çalışanların en düşük işgücü maliyetleri ile çalışma vardiyalarına atanmasının belirlenmesini, personel hizmet kalitesi ve çalışma yasalarıyla ilgili kısıtlamaların karşılanması konu alan problemlerdir (Ernst ve diğerleri, 2004). Çizelgeleme problemlerinin uygulama alanlarının başında; hastaneler ve sağlık merkezleri gelmektedir. Kurumların her türlü unsuru göz önünde bulundurması ve uygun bir çizelge oluşturabilmesi gerekir. Çizelgelemedeki asıl amaç, daha az kaynakla ve daha az sürede, istenilen kriterlere uyacak biçimde problemin çözümüne ulaşmaktır. Bu sebeple en kısa sürede bu problemin çözülmesini sağlayacak yollar aranacaktır. Sezgisel algoritmalar genellikle en iyiye yakın olan çözüm yoluna hızlı ve kolay şekilde ulaştıklarından, çalışmada sezgisel algoritmalarından biri olan Genetik Algoritma (GA) kullanılmıştır. GA, tek çözüm değil birden fazla optimal çözüm elde etmesi, çok sayıda parametre ile çalışma imkanı olması, amaç fonksiyonunu geniş bir açıda araştırması nedeniyle yararlı bir yöntemdir.

Çalışmanın amacı; hemşirelerin en uygun çalışma saatlerini bulmaktır. Bunun için ilk olarak Buca Seyfi Demirsoy Hastanesi'nin Koroner Yoğun Bakım Servisi'ne ait nöbetlerin çizelgesi çıkartılmıştır. Daha sonra zorunlu kısıtlar matematiksel şekilde ifade edilmiş ve programa, vektörler ve matrisler şeklinde tanımlanmıştır. Modelin çözümü için MATLAB programının GA aracından yararlanılmıştır. Son bölümde ise gerçek verilerle yapılan uygulama çıktıları değerlendirilmiş ve hastaneden alınan nöbet çizelgeleri ile kıyaslanmıştır.

## Genetik Algoritmalar

İlk kez Lawrence Davis tarafından çizelgeleme problemine uygulanan GA, evrim teorisini esas alarak çalışan sezgisel arama algoritmasıdır. En iyi çözüm veya çözümleri bulmaya çalışırken, karar değişkenlerinin genetik sayı sistemindeki kodları ile ilgilenir. Çözümler, kromozomlara benzer bir dizi olarak kodlanır ve bireyler olarak adlandırılır. Algoritma, rastgele üretilen popülasyon adı verilen çözümle başlar. Daha sonra yeni bir popülasyon üretmek için çözümlere genetik operatörler (seçim, çaprazlama, mutasyon ve değiştirme) uygulanır. İşleme, bir durdurma kriteri karşılanana kadar birkaç nesil boyunca devam edilir (Aickelin ve Dowsland, 2004). Bu operatörlerin işlemleri sonucunda oluşan yeni bireyler, ebeveynlerin bazı özelliklerini taşıyarak çözüme bir adım daha yaklaşan bireylerdir. Belli bir süre sonra popülasyon içerisindeki bireylerin gitgide birbirlerine benzemesinin önüne geçmek amacıyla yapılan bu işlemler, çözüm uzayının daralmasına engel olmaktadır.

Evrimsel hesaplama kavramı, 1960'lı yıllarda Almanya'da Rechenberg ve Schwefel "Evolutionsstrategie" adlı çalışmasında ortaya atılmıştır. Aynı dönemde ABD'de Bremermann, Fogel ve diğerleri evrimsel programlama fikrini geliştirmişlerdir (Reeves, 2003:55). Evrimsel hesaplamanın bir alt dalı olan GA ise 1970'li yıllarda Michigan Üniversitesi'nden John Holland tarafından bulunmuş ve öğrencileri ile meslektaşlarının yardımıyla geliştirilmiştir. Bunu 1975 yılında Holland'ın "Adaption in Natural and Artificial Systems" adlı kitabını yayınlaması izlemiştir (Obitko, 1998). GA konusundaki asıl gelişim, John Holland'ın doktora öğrencisi David E. Goldberg tarafından 1985 yılında hazırlanan "Computer-aided gas pipeline operation using genetic algorithms and rule learning" başlıklı doktora tezi ile sağlanmıştır (Goldberg ve Kuo, 1987:128).

## Literatürde Hemşire Çizelgeleme

Hemşirelerin çalışma çizelgelerinin iyileştirilmesiyle ilgili ilk çalışmalar Taylor (1940), tarafından yapılmıştır. Çalışmada Hemşire Programı ele alınarak, hazırlanan anket yardımıyla grubun ihtiyaçlarının neler olduğunun belirlenmesi hedeflemiştir. 1965 yılında Wolfe ve Young, iki parçaya böldükleri bir yayın yapmışlardır. İlk parçada; kontrol değişkeni atama, ikinci parçada çoklu atama tekniği ele alınmıştır. 70'lerin sonlarında bilgisayar temelli uygulamalar görülmeye başlamıştır. Smith ve Wigginst (1977), bilgisayar tabanlı bir hemşire çizelgeleme sistemi ile karmaşık bir dizi kısıtlamayı göz önünde bulunduran, sezgisel bir taramanın geliştirilmesi için esnek bir çerçeve sağlamışlardır. 1980'lerde Hedef Programlama yaygınlaşmış; Musa ve Saxena (1984) çalışmalarında hastanenin bir birimindeki hemşireleri programlamak için tek fazlı bir hedef programlama algoritması sunmuştur. 1985'de çizelgeleme problemlerinin çözümünde ilk kez GA kullanılmıştır. Davis (1985) bu çalışmada, bir iş atölyesinden bahsetmekte ve kârı maksimize etmek için çizelgelemenin önemi üzerinde durmaktadır.

90'ların sonlarında sezgisel arama yöntemleri hemşire çizelgeleme için de kullanılmaya başlanmıştır. Yamamura ve diğerlerinin (1993) çalışmaları, GA ile yapılan ilk hemşire çizelgeleme uygulamasıdır. Bailey ve diğerleri (1997), farklı beceri seviyelerine sahip personelin planlanması sorununa Benzetilmiş Tavlama ve GA uygulamıştır. Sonuçlar, optimal veya optimale yakın çözümler üretilebileceğini göstermektedir. Inoue ve diğerleri (1999), standart algoritmayı geliştirip etkileşimli Evrimsel Algoritma uygulamışlardır. Son 20 yılda, metasezgisel yaklaşımlar büyük ilgi görmüştür. Kawanaka ve diğerleri (2001), kodlama ve genetik operatörleri incelemiştir. Kullandıkları yöntemle kısıtları karşılayan etkili bir çizelgeleme tablosu elde etmişlerdir. Aikelin ve diğerlerinin (2004), ele aldıkları yaklaşım, hemşirelerin permütasyonlarına dayanan dolaylı bir kodlama ile programlar oluşturan sezgisel bir kod çözücü kullanmaktır. Sonuçlar, önerilen algoritmanın yüksek kaliteli çözümler sunabildiğini ve yakın zamanda yayınlanan bir Tabu Arama yaklaşımından daha hızlı ve daha esnek olduğunu ortaya koymaktadır. Moz ve Pato (2007), beklenmedik personel devamsızlığı ortaya çıktığında hemşire programlarının yeniden yapılandırılmasıyla ilgili özel bir problemi ele almaktadır. Geliştirilen sezgisel yöntem Lizbon Hastanesine uygulanmıştır. Duenas ve diğerleri (2009), hemşirelerin tercihlerini içeren çok amaçlı bir çizelgeyi ele almaktadır. Bu tercihler bulanık kümelerle modellenmiştir ve GA ile birleştirilmiş melez bir çözüm yöntemi kullanılmıştır. Sonuçlar, önerilen yaklaşımın iyi kalitede çözümler ürettiğini ve gerçek hayattaki problemlere uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Tsai ve Li (2009), hemşirelerin vardiya tercihlerinin dâhil edildiği iki aşamalı bir matematiksel modelleme geliştirmiştir. Balekar ve Mhetre (2013), hemşire çizelgeleme için GA yaklaşımının kullanıldığı çalışmaları toparlayan bir kaynakça sunmuştur. Leksakul ve Phetsawat çalışmasında elde edilen sonuçlara göre (2014), GA tarafından bulunan hemşire programı, mevcut programla karşılaştırıldığında aylık personel giderlerinde %12 ve hemşire sayısında %13 tasarruf sağlanabilirken, fazla mesai ücretini tüm hemşireler arasında daha eşit bir şekilde dağıtabileceği görülmüştür. Jian ve You (2016) çalışmalarında, Bulut tabanlı Hibrid Evrim Algoritması önermişlerdir. Kim ve diğerleri (2018), popülasyon büyüklüğü ve mutasyon oranı parametrelerini dikkate alarak Memetik Algoritma ve GA kıyaslamışlardır. Alfadilla ve diğerleri (2019), acil serviste hemşire çizelgelemesi ile ilgilenmişlerdir. GA hemşirelerin yerine getirilmemiş tercihlerini en aza indirmek için kullanılmaktadır. İnanç ve Şenaras (2020), evde bakımda hemşire çizelgeleme problemi için GA kullanmışlardır.

## Yöntem

Çalışmada, 7 gün 24 saat hizmete açık olan Buca Seyfi Demirsoy Devlet Hastanesi'nin Koroner Yoğun Bakım Servisi ele alınmıştır. Veriler, İzmir Kuzey Kamu Hastaneler Birliği'ne yapılan başvuru sonucu, hastane ile yapılan ikili anlaşma ile temin edilmiştir. Koroner yoğun bakım servisinde 14 hemşire bulunmaktadır. Hemşireler 08:00-16:00 (sabah vardiyası) ve 16:00-08:00 (gece nöbeti) şeklinde çalışmaktadır. Hemşireler haftada en az 40 dolayısıyla ayda 160 saat çalışmak durumundadır. Hastanedeki resmi çalışma koşulları; Hemşirelik Yönetmeliği temel alınarak oluşturulmuştur. Ek olarak hastane yönetiminin hemşirelerin en uygun şekilde hizmet vermeleri için belirledikleri bir takım kurallar vardır.

Oluşturulmaya çalışılan zaman çizelgesinin hastanelerin tüm servisleri için eldeki kısıtları sağlayacak en uygun şekilde atanması hedeflenmektedir. Kısıtlar zorunlu (sabit katı) ve esnek kısıtlar olarak ikiye ayrılabilir. Zorunlu kısıtlar esnekliğin olmadığı, kısıtlardan birinin sağlanamaması durumunda problemin çözülemeyeceği kısıtlardır. Esnek kısıtlar; kanun ve yönetmeliğe bağlı olmayan elden geldiğince yerine getirilmeye çabalanan kısıtlardır.

Hastanenin hemşire çizelgeleri, aylık olarak her birimin sorumlu hemşiresi tarafından yapılmaktadır. Çizelgeler hiçbir program kullanmadan el yordamı ile yapılmaktadır. İşlem birim sorumlusu hemşirenin 6-8 saat kadar zamanını almaktadır. Bu koşullar altında bu süreyi minimuma indirecek bir bilgisayar uygulaması gerekmektedir.

Modelin çözümü MATLAB programının GA aracı ile elde edilmiştir. Problemin kısıtlarının, programa tanıtılabilmek için matematiksel ifadelerle çevrilmesi gerekmektedir. Her bir kısıta karşılık gelen matematiksel ifade aşağıdaki gibi gösterilmiştir.

### Zorunlu Kısıtlar

1. Hemşireler gündüz ve akşam olmak üzere iki vardiya şeklinde çalışmaktadır.

$$X_{M_{i,d}} = 1, \text{ Eğer } i. \text{ hemşire } d. \text{ gündeki sabah vardiyasına atanmışsa} \\ \forall (i=1, \dots, n; d=1, \dots, m)$$

0, diğer durumlarda

$$X_{E_{i,d}} = 1, \text{ Eğer } i. \text{ hemşire } d. \text{ gündeki akşam vardiyasına atanmışsa} \\ \forall (i=1, \dots, n; d=1, \dots, m)$$

0, diğer durumlarda

$$X_{O_{i,d}} = 1, \text{ Eğer } i. \text{ hemşire } d. \text{ günde izinli ise} \\ \forall (i=1, \dots, n; d=1, \dots, m)$$

0, diğer durumlarda

2. Gündüz vardiyasında çalışan gece nöbet tutamaz. Gece nöbetçisi gündüz çalışamaz.

$$X_{M_{i,d}} + X_{E_{i,d}} \leq 1 \quad \forall (i=1, \dots, n; d=1, \dots, m)$$

3. Denetleme ve kontrol işini yapan sorumlu hemşire (supervisor) gece nöbeti tutmaz.

$$X_{M_{13,d}} = 1 \quad \forall (i=1, \dots, n; d=1, \dots, m)$$

4. Meslekte 30 yılını doldurmuş, 50 yaşın üstünde olan, sağlık sorunu olan ya da gebe olan hemşireler nöbet tutmaz. Doğum sonu 2 yıl nöbet muafiyeti olan 1 hemşire vardır.

$$XM_{14,d} = 1 \quad \forall (i=1,\dots,n ; d=1,\dots,m)$$

5. Akşam nöbetinde iki kişi çalışır.

$$\sum_{i=1}^{12} XE_{i,d} = 2 \quad \forall (i=1,\dots,n ; d=1,\dots,m)$$

6. Her hemşire nöbetçi olmadığı gün 8 saat çalışır. Dolayısıyla haftada 40 ayda 160 saat çalışma zorunluluğu vardır.

$$8 \sum_{i=1}^{14} XM_{i,d} + 16 \sum_{i=1}^{14} XE_{i,d} \gg 160$$

7. Akşam nöbeti tutanlara ertesi gün görev verilmez.

$$XM_{i,d} + XE_{i,d} \leq 1 \quad \forall (i=1,\dots,n ; d=1,\dots,m)$$

8. Hemşire aynı gün içinde yalnızca bir vardiyada çalışabilir ya da izinlidir.

$$XM_{i,d} + XE_{i,d} + XO_{i,d} = 1 \quad \forall (i=1,\dots,n ; d=1,\dots,m)$$

9. Akşam vardiyasında nöbet tutan iki kişiden birinin uzman olmasına çalışılır.

$$\sum_{i=1}^6 XE_{i,d} \geq 1 \quad (d=1,\dots,m)$$

### Amaç Fonksiyonu

Bu kısıtların sağlanması ile ulaşılmak istenen amaç çalışma sürelerinin minimizasyonu ve hemşireler için en iyi çalışma çizelgelerinin oluşturulmasıdır.

$$f_{\min} = \sum (8 \sum XM_{i,d} + 16 \sum XE_{i,d})$$

### **Esnek Kısıtlar**

1. Nöbetçi personel nöbeti teslim alacak personel gelmeden ayrılamaz.
2. Nöbetler sağlık bakım hizmetlerinin onayı olmadan değiştirilemez.

### **Bulgular**

MATLAB'da 14 hemşire için 28 günlük bir çizelgenin oluşturulması, oldukça fazla çözüm değerinin ortaya çıkmasına sebep olduğundan, kısıtların tamamının sağlanıp sağlanmadığını kontrol etmek güçtür. Kısıtların matematiksel olarak en iyi şekilde ifade edildiğinden ve kodlandığından emin olmak adına ilk olarak küçük model için uygulama yapılmıştır. Küçük modelde 3 tanesi uzman olan 5 hemşirenin 1 haftalık gece ve gündüz vardiyaları ele alınmıştır. Büyük modelde 9 tanesi uzman olan 14 hemşirenin 28 günlük (1 aylık) gece ve gündüz vardiyaları ele alınmıştır.

GA çözücüsü ile 10 deneme için amaç fonksiyonu değerleri elde edilmiştir. Bu amaç fonksiyon değerlerinin kıyaslanması için; modelin kısıtlarının doğrusal olması sebebiyle, Karma Tamsayılı Programlama (KTP) ile çözerek optimum değer bulunması tercih edilmiştir. GA çözücüsü ve KTP ile yapılan çözümlerin sonuçları küçük ve büyük modeller için karşılaştırılmıştır. KTP ile elde edilen çözümler bütün kısıtları sağlamaktadır. Amaç fonksiyonu değeri küçük model için 392 saat ve büyük model için 3456 saattir. Ancak GA çözücüsü ile optimum çözüme ulaşılamadığı için 10 deneme yapılmış ve bulunan değerler raporlanmıştır.

**Tablo 1.** Modellerin Karşılaştırması

Parametreler	Küçük Model	Büyük Model
n: hemşireler	n: 5	n: 14
m:günler	m:7	m:28
k:vardiya (2)	k: 2	k: 2
u:uzman	u: 3	u: 9
h: gece nöbetine kalmayacaklar		h: 2
Karma Tamsayılı Programlamanın Çözümü	En Uygun Amaç Fonksiyonu Değeri: 392	En Uygun Amaç Fonksiyonu Değeri: 3456
	<u>10 Deneme için En Uygun Amaç Fonksiyonu Değerleri</u>	<u>10 Deneme için En Uygun Amaç Fonksiyonu Değerleri</u>
	min: 320	min: 3424
	max: 400	max: 3688
Genetik Algoritmanın Çözümü	1. 376 2. 400 3. 352 4. 376 5. 376 6. 344 7. 344 8. 320 9. 352 10. 384	1. 3480 2. 3464 3. 3496 4. 3488 5. 3424 6. 3640 7. 3688 8. 3488 9. 3512 10. 3592

Bu problemde, KTP ile bulunan sonuçlar, GA çözüm değerlerini kıyaslamak için referans noktası olmuştur. Ancak yöntem, büyük veri setleri ve karmaşık kısıtlar için yeterli gelmemektedir. Literatürde bu eksikliklerin sebebi ile bilgisayarlı uygulamaların arttığı, 90'lı yılların başından beri sezgisel algoritmalar çizelgeleme problemleri için uygulanmaktadır. Ancak problemin NP hard zorluk derecesinde olması sebebiyle optimum çözüm elde etme yöntemleri hâlen gelişme aşamasındadır. GA optimum sonuca daha yakın değerler elde etmekte fayda sağlayan bu çözüm yöntemlerinden biridir.

## Tartışma, Sonuç ve Öneriler

GA ile elde edilen amaç fonksiyonu değerlerinin Karma Tamsayı Programlamada bulunanlardan daha düşük olduğu ve en küçüklemeye daha çok yaklaştığı görülmektedir. Ancak MATLAB’da GA çözümü yapan kodlar eşitlik kısıtlarını kabul etmemektedir. Bu sebeple her bir eşitlik kısıtı; bir küçük, bir büyük eşit kısıtı olarak ifade edilip modele eklenmektedir. Bu da modeldeki kısıt sayısını neredeyse iki katına çıkarttığından, algoritmanın doğru başlangıç noktasını bularak çözüm değerlerine ulaşmasını güçleştirmektedir. Bu yüzden modelde çok fazla eşitlik kısıtı olan durumlarda GA kullanılmaması önerilmektedir. Bununla birlikte; program çaprazlama ve mutasyon değerlerini otomatik olarak belirleyip dışarıdan müdahaleye izin vermediği için popülasyondaki bireylerin bir süre sonra tamamen birbirine benzediği gözlemlenmiştir. Algoritma tekrarlı bir şekilde 5. ve 7. kısıtlarda engele takılmış ve optimum çözüme ulaşamamıştır. Eğer hastane maliyetini düşürmek adına bu kısıtları esnetmeye karar verirse onlara bu durumda yol gösterilebilmesi mümkündür.

Çizelgeleme problemlerinde, insan faktörü sebebiyle hesaplanamayacak çoklukta parametre görünse bile yeterli sayıda matematiksel kısıt yardımıyla gerçek modele çok yakın sonuçlar geliştirilebilir. Büyük boyutlu ve doğrusal olmayan kısıtların olduğu çizelgeleme problemlerinde KTP de optimum sonucu bulmakta zorlanacaktır. GA kullanımı da standart çözümlerin kullanıldığı durumda etkin olmayacaktır. Sonuçta; farklı sezgisel algoritmaların da kullanılacağı hibrit yaklaşımlar daha etkin çözümler verebilir.

## Bilgilendirme

Çalışma “Hemşire çizelgeleme problemlerinin genetik algoritmalarla optimizasyonu ve bir uygulama” başlıklı yüksek lisans tezinden türetilmiştir. 20. Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması ve İstatistik Sempozyumu’nda sunulmuştur.

## Kaynakça

- Aickelin, U., & Dowsland, K.A. (2004). An indirect genetic algorithm for a nurse-scheduling problem. *Computers & Operations Research*, 31(5), 761-778.
- Alfadilla, N., Sentia, P.D., & Asmadi, D. (2019). Optimization of nurse scheduling problem using genetic algorithm: a case study. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 536(1), (p. 012131).
- Bailey, R. N., Garner, K. M., & Hobbs, M. F. (1997). Using simulated annealing and genetic algorithms to solve staff-scheduling problems. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 14(2), 27-43.
- Balekar, S. S., & Mhetre, N. A. (2013). Survey of genetic algorithm approach for nurse scheduling problem. *International Journal of Science and Research*, 4(6), 55-62.
- Davis, L. (1985). Job shop scheduling with genetic algorithm. *Proceeding of the first International Conference on Genetic Algorithms*, 9(5), 136-140.
- Duenas, A., Tütüncü, G. Y., & Chilcott, J. B. (2009). A genetic algorithm approach to the nurse scheduling problem with fuzzy preferences. *IMA Journal of Management Mathematics*, 20(4), 369-383.

- Ernst, A.T., Jiang, H., Krishnamoorthy, M. ve Sier, D. (2004). Staff scheduling and rostering: a review of applications, methods and models. *European Journal of Operational Research*, 153(1), 3-27.
- Goldberg, D. E., & Kuo, C. H. (1987). Genetic algorithms in pipeline optimization. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 1(2), 128-141.
- Inoue, T., Furuhashi, T., Fujii, M., Maeda, H., & Takaba, M. (1999, October). Development of nurse scheduling support system using interactive EA. In *IEEE SMC'99 Conference Proceedings. 1999 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, 5, 533-537.
- İnanç, Ş., & Şenaras, A. E. (2020). Solving nurse scheduling problem via genetic algorithm in home healthcare. In *Transportation, Logistics, and Supply Chain Management in Home Healthcare: Emerging Research and Opportunities*, 20-28.
- Jian, M. S., & You, M. S. (2016). Cloud based hybrid evolution algorithm for NP-complete pattern in nurse scheduling problem. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 7(5), 234-237.
- Kawanaka, H., Yamamoto, K., Yoshikawa, T., Shinogi, T., & Tsuruoka, S. (2001). Genetic algorithm with the constraints for nurse scheduling problem. In *Proceedings of the 2001 Congress on Evolutionary Computation*, 2, 1123-1130.
- Kim, J., Jeon, W., Ko, Y. W., Uhm, S., & Kim, D. H. (2018). Genetic local search for nurse scheduling problem. *Advanced Science Letters*, 24(1), 608-612.
- Leksakul, K., & Phetsawat, S. (2014). Nurse scheduling using genetic algorithm. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014.
- Moz, M., & Pato, M. V. (2007). A genetic algorithm approach to a nurse rostering problem. *Computers & Operations Research*, 34(3), 667-691.
- Musa, A. A., & Saxena, U. (1984). Scheduling nurses using goal-programming techniques. *IIE transactions*, 16(3), 216-221.
- Obitko, M. (1998), *Introduction to Genetic Algorithms with Java Applets*, 19 Nisan 2016 tarihinde <http://www.obitko.com/tutorials/genetic-algorithms/introduction.php> adresinden alındı.
- Reeves, C. (2003). Genetic algorithms. In *Handbook of metaheuristics* (p. 55-82), Boston: Springer.
- Smith, L. D., & Wiggins, A. (1977). A computer-based nurse scheduling system. *Computers & Operations Research*, 4(3), 195-212.
- Taylor, A. M. (1940). A staff nurse program. *The American Journal of Nursing*, 40(2), 137-145.
- Tsai, C. C., & Li, S. H. (2009). A two-stage modeling with genetic algorithms for the nurse scheduling problem. *Expert Systems with Applications*, 36(5), 9506-9512.
- Yamamura, M., Kobayash, S., Yamagishi, M., & Ase, H. (1993). Nurse scheduling by genetic algorithms. *Hiroaki Kitano: Genetic Algorithms*, 2, 89-125.
- Wolfe, H., & Young, J. P. (1965). Staffing the nursing unit: Part I. controlled variable staffing. *Nursing Research*, 14(3), 236-242.
- Wolfe, H., & Young, J. P. (1965). Staffing the nursing unit part II. The multiple assignment technique. *Nursing Research*, 14(4), 299-303.