



*Erciyes University Journal of the Institute of Science and Technology*  
*Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*

ISSN 1012-2354

Cilt (Volume): 28, Sayı (Issue): 4, Temmuz/July-2012

<http://fbe.erciyes.edu.tr/>



## Hemşire çizelgeleme problemi ve uygulaması

**Ediz ATMACA\***, Ceydanur PEHLİVAN, C. Begüm AYDOĞDU, Mehmet YAKICI  
 Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Müh. Bölümü, 06570, Maltepe, Ankara

### ÖZET

Son yıllarda küreselleşmenin artışıyla birlikte etkisini daha fazla gösteren rekabet etme zorunluluğu nedeniyle, müşteri memnuniyeti de giderek önem kazanmaktadır. Her geçen gün önemi daha da artan hizmet sektörü yapısı içinde sağlık sektörü de giderek ön plana çıkmaktadır. Sağlık sektöründeki hastane amaçlarından birisi de, maliyetlerin minimize edilip, çalışma kalitesinin ve verimliliğinin artırılmasıdır. Bunun için çalışan hemşirelerin yeterli sayıda olması oldukça önemlidir. Hemşire sayısının az olması iş yükünü arttıracığından, hizmet kalitesini düşürecektir. Çalışan sayısının fazla olması ise maliyetleri arttıracığından tercih edilmeyecektir. Yapılan çalışmada, sağlık sektöründe faaliyet gösteren bir hastanede hemşire çizelgeleme problemi üzerinde durulmuştur. Müşteri memnuniyetini sağlayacak, hastane verimliliğini artırarak, maliyetleri minimize edecek şekilde, her vardiyada çalışması gereken hemşire sayıları bulunmuştur. Mevcut ve önerilen durum karşılaştırılmıştır.

### Anahtar

### Kelimeler:

Hemşire  
 Çizelgeleme,  
 Optimizasyon,  
 0-1 Doğrusal  
 Amaç  
 Programlama

## Nurse scheduling problem and application

### ABSTRACT

Customer satisfaction becomes more important because of increasing competition. Health sector is prominent in the service sector. In health sector, hospitals objectives are minimizing the costs and increasing the quality of work and productivity. To achieve this goals, it is very important to have a sufficient number of nurses. In sufficient number of nurses causes to increase the workload and reduce the quality of service. More than sufficient number of nurses cause to increase the costs and it will not be preferred. In this study, focused on the nurse scheduling problem, application study has been done at a hospital and 0-1 linear goal programming model has been developed for selected hospital. The model has been solved, the optimum number of nurses per shift has been found to improve the productivity of the hospital and minimize the costs. Current and proposed situations are compared.

### Key Words:

Nurse  
 scheduling  
 ,Optimization,  
 0-1 linear goal  
 programming

\*Sorumlu Yazar (Corresponding author) e-posta: [hediz@gazi.edu.tr](mailto:hediz@gazi.edu.tr)

## 1. Giriş

Hizmet sektörü tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de en hızlı büyüyen sektörlerden birisidir. Ülkelerin sosyo-ekonomik açıdan kalkınmışlık düzeylerinin en önemli göstergelerinden birisi de hizmet sektörü içindeki, sağlık hizmetleridir. Sağlık hizmetlerinin temel amacı toplumun ihtiyacı olan sağlık hizmetlerini, müşterinin istediği kalitede, istediği zamanda ve mümkün olan en düşük maliyetle sunmaktır. Sağlık sektöründe sunulan hizmetler insan sağlığı ile doğrudan ilgili olduğu için hizmet sunan kişilerin niteliği ve güvenilirliği oldukça önemlidir. Sağlık sektöründe faaliyet gösteren her türlü işletmenin hatasız çalışabilmesi için öncelikle bu sektörde çalışan personelin hatasız çalışması gerekmektedir. Bu nedenle, personelin hatalı çalışmasına neden olabilecek tüm faktörlerin ortadan kaldırılması gerekir. Bu faktörler içinde, yetersiz personel sayısı, aşırı ve dengesiz işyükü, düzensiz ve belirsiz çalışma saatleri, niteliklere uygun olmayan görev dağıtımı vb.nedenler sayılabilir. Personelin üzerinde gereksiz yere fazladan yük oluşturan ve onun hatasız çalışmasını engelleyen faktörler incelendiğinde ise bunların temelinde personel görevlendirme problemi ve personel çizelgeleme problemi olmak üzere iki temel problem alanı olduğunu söyleyebiliriz. Personel görevlendirme problemi, ihtiyacı karşılamak amacıyla uygun nitelikteki personelin, hangi bölümde, hangi işte ve hangi sayıda görevlendirilmesi gerektiği ile ilgilidir. Personel çizelgeleme problemi ise, hem işletme hem de personel isteklerini göz önüne alan, personelin belirli bir süre için tekrarlı çalışma zamanlarını düzenleyen çizelgelerin üretilmesi ile ilgilidir.

Personel çizelgeleme problemlerinin bir alt dalı olan hemşire çizelgeleme problemleri, belirli kısıtlar altında vardiyaların aylık olarak hemşirelere nasıl dağıtılacağı sorusu ile ilgilidir. Hastanelerde hastaların durumları aniden değişmekte, bu da hemşire gereksinimine yansımaktadır. Gereksinimin böyle dinamik olarak değiştiği ortamlarda hemşirelerin optimum şekilde çizelgenmesi çok zordur. Bu aşamada hizmet kalitesini artırırken, aynı zamanda da hemşirelerinin isteklerini bir ölçüde hesaba katabilen, değişen ortamın gereksinimlerine göre kolayca uyarlanabilen çizelgelerin üretilmesi gerekmektedir. Bu konuda literatürde pek çok çalışma yapılmıştır. Warner (1976), hemşire çizelgeleme problemine ilişkin yaptığı çalışmada dört-altı haftalık çizelgeleme periyotlarının her gün ve her vardiya için belirlenen kısıtlarla her yetenek sınıfından, minimum sayıda hemşirenin atanmasını sağlamıştır [1]. Trivedi (1981), makalesinde karışık tamsayı hedef programlama modeli ile bir hastanede hemşire gider bütçesini göstermektedir. Gideri dikkate alınırken verilecek hemşirelik hizmet kalitesini belirli bir düzeyde tutmayı amaçlamıştır [2].

Huang (1999), esnek ve adil görev dağılımı, hemşire tercihleri ve ergonomi kriterlerini dikkate almıştır. Zaman kaybını azaltmak, hemşirelerin kendi nöbet görevlerinden memnuniyetlerini arttırmak, ergonomik kriterleri ve hemşirelerin tercihlerini değerlendirebilmek için bilgisayar destekli bir çizelgeleme aracı tasarlamışlardır [3]. Jan vd. (2000), hemşire çizelgeleme problemleri için evrimsel algoritmalar kullanmışlardır.

Bu çalışmada, genetik algoritmalarda bilinen operatörlerin kullanılması sonucu çözümün yerel minimumda kalma problemini çözmek için “kaçış operatörü” tanımlanmıştır [4]. Kawanaka vd. (2001) tarafından yapılan çalışmada, hemşire çizelgeleme problemi genetik algoritma yardımıyla çözülmüştür. Bu çalışmada problem için genetik algoritma çalıştırıldıktan sonra keskin kısıtları sağlamayan kromozomlar genetik algoritma dışında düzeltilerek sonuç bulunmuştur [5]. Burke vd. (2002), değişken komşu arama algoritmasıyla hemşire çizelgeleme problemini çözmüşlerdir. Yapılan çalışmada, bu algoritmanın bütün sektörlerde uygulanabilmesi hedeflenmiştir [6]. Engin ve Fığlalı (2002), tamamlanma zamanı kriterli akış tipi çizelgeleme problemlerinin genetik algoritma yardımı ile çözümünü yapmışlardır [7].

Inoue vd. (2003) tarafından yapılan çalışmada, hemşire çizelgeleme problemlerinin çözümü için evrimsel algoritma ve sezgisel algoritmalar birleştirilmiştir [8]. Bard ve Purnomo (2003), yaptıkları çalışmada hemşire çizelgeleme karar sürecindeki uyumsuzluklarını gösterecek yeni bir metod kullanmışlardır. Çalışmalarında daha esnek çalışma saatlerinin düzenlenmesine ihtiyaç olduğu ifade etmişlerdir [9]. Daban ve Özdemir (2004) tarafından yapılan çalışmada, eğitimde zamanlama konusunun alt bölümü sayılabilecek ders programlarının verimliliğinin artırılması için yapay zeka yöntemlerinden biri olan Genetik Algoritma kullanılmıştır [10]. Ersoy (2004), zaman çizelgeleme problemlerinin bir alt sınıfı olan, final sınavı zaman çizelgeleme verilerini zaman çizelgeleme biçimleme dili (TTML)’ne çeviren bir aracın ve Memetik Algoritmalar (MA) dayanan, TTML girdisini kullanarak final sınavı zaman çizelgelemesini çözen başka bir aracın geliştirilmesini sağlamıştır [11].

Burke vd. (2004), yeni metasezgisel modelini Belçika hastanelerinin hemşire çizelgeleme problemlerinde kullanmışlardır. Personel iş çizelgelemesi yapmanın oldukça zor olduğunu belirtmişlerdir [12]. Özcan (2005), hemşire çizelgeleri için memetik algoritmaları kullanmıştır. Bu çalışmada, rastgele veriler üzerinde çeşitli operatörlerin çözüm üzerindeki etkisi deneysel olarak incelenmiştir [13]. Boroğul (2005), atölye çizelgeleme probleminin genetik algoritma ile çözümü gerçekleştirilmiştir. Girilen atölye bilgilerine göre gant şeması çizimi yapılmıştır [14].

Tuncel (2005) tarafından yapılan çalışmada, genetik algoritma kullanılarak geliştirilmiş bir yazılım ile çok zaman alan askeri nöbet çizelgesi hazırlama işlemlerinin; harcanan süre sağlanan doğruluk yönü ile eniyilenmesi amaçlanmıştır [15].

Azaiez vd. (2005), hemşire çizelgeleme problemine, 0-1 hedef programlama yaklaşımı uygulamışlardır. Geliştirilen model hemşire yetenek ve yeterlilikleri ile servis devamlılığını içermekte ve aynı zamanda oluşacak gereksiz fazla mesainin getireceği ek maliyetlerin azaltılması üzerinedir [16].

Kaya (2006), NP-zor operasyonel sabit iş çizelgeleme problemlerinin genetik algoritma ile çözüm performansının artırılmasına yönelik bir çalışma yapmıştır [17].

Kalender (2007), üst-sezgisel algoritmalar ile Yeditepe Üniversitesi Bilgisayar mühendisliğinde kullanılmak üzere çözümlerin üretilebildiği, değiştirebildiği ve bilgilerin saklanabildiği otomatik ders çizelgeleme programı hazırlayan bir uygulama yapmıştır [18]. Çetin vd. (2008), havayolu taşımacılığında uçuş ekibi maliyetlerini minimize etmeye çalışmışlardır. Bu çalışmada ekip eşleştirme ve ekip atama problemleri bütünleşik bir yapıda ele alınmıştır [19].

Brunner vd. (2009), bir hastanedeki psikiyatrislerin vardiya çizelgeleme problemini araştırmışlardır. Karma tamsayı bir model olarak formüle edilen problemde amaç, yasal düzenlemelerde verilen kısıtlara göre fazla mesai saatlerini düşürerek psikiyatrislere yapılan ödemelerin minimizasyonu sağlamaktır. Çalışmada kısmi zamanlı ve tam zamanlı olmak üzere iki çeşit personel bulunmaktadır. Çalışma, vardiya başlama zamanları, vardiya uzunlukları, mola atamaları, planlanan fazla mesai saatlerinin kullanımı gibi pek çok konuda esneklik sağlamaktadır [20]. Topaloğlu ve Selim (2010), bulanık amaç programlama yaklaşımı kullanarak bir hemşire çizelgeleme modeli ortaya koymuşlardır. Yazarlar çalışmalarında hastanenin talebi, hemşirelerin toplam çalışma saati tercihi, hemşirelerin vardiya tipi tercihi, hemşirelerin istedikleri günlere izinli olarak atanmasıyla ilgili tercihi, her hemşirenin çizelgedeki izin-çalışma-izin sayısı, her hemşirenin çizelgedeki çalışma-izin-çalışma sayısı gibi durumları bulanıklaştırmışlardır. Çalışmalarında, bu yaklaşımın hemşire çizelgeleme problemlerinde etkin olarak kullanılabileceğini göstermişlerdir [21].

Yin vd. (2011), çoklu amaçlar altında bir matematiksel formülasyon hazırlamışlardır. Çalışmada çok amaçlı hemşire çizelgeleme problemi için Cyber Swarm Algoritması önerilmiştir [22]. Petrovic ve Berghe (2012), hemşire çizelgeleme problemini yedi farklı kriter açısından değerlendirmişlerdir.

Çözümde bir metasezgisel yaklaşım üzerinde durulmuştur [23]. Hemşire çizelgeleme problemi ile ilgili literatürde yapılan çalışmaları inceleyecek olursak, kullanılan yaklaşımları sezgisel yaklaşımlar, analitik yaklaşımlar ve analitik ve sezgisel yaklaşımların birlikte kullanılması şeklinde üçe ayırabiliriz. Sezgisel yaklaşımların kullanımı 1975 yılında Warner'ın yaptığı çalışmalar ile başlamış ve günümüze kadar kullanılmaya devam etmiştir. Literatürdeki sezgisel yaklaşımları tabu arama yaklaşımı, memetik yaklaşımlar ve genetik yaklaşımlar olmak üzere üçe ayırmak mümkündür. Analitik yaklaşımlar için ise doğrusal programlama, tam sayılı programlama ve hedef programlama gibi yaklaşımlar mevcuttur. Analitik ve sezgisel yaklaşımların yanında, bu yaklaşımları birlikte kullanan çalışmalar da mevcuttur.

## 2. Uygulama Çalışması

Uygulama çalışması, Ankara Güven Hastanesi A Blok 2. Kat'taki hemşirelerin vardiya düzenlerine ilişkin yapılmıştır.

### 2.1. Mevcut Durum

Güven Hastanesi'nde, hastane personelinin yapısı incelendiğinde, büyük çoğunluğu hemşirelerin oluşturduğu gözlenmiştir. Aynı şekilde hastane personelinden kaynaklanan sorunların çoğunu da, hastalar ile en çok etkileşim içinde bulunan hemşirelerin sahip olduğu sorunlar oluşturmaktadır.

Güven Hastanesi, özel bir hastane olduğu ve her hasta bir müşteri konumunda olduğu için, kapasite doluluk oranına bakılmaksızın mevcut personel sayısı ile tüm talebi karşılama zorunluluğundadır. Kapasitenin önceden kestirilemeyen doluluğu ve talebin karşılanma zorunluluğu en çok hemşireler üzerinde yük oluşturmaktadır.

Güven Hastanesi'nde, her hasta her kattaki her odaya yatırılabilir. Hastane de herhangi bir bölümlere söz konusu değildir. Bunun sonucu olarak her hemşire her türlü hastaya bakmak zorunda kalmaktadır. Hemşireler, yetersiz sayı nedeniyle çoğu zaman fazla mesaiye kalmak durumundadır. Fazla mesai ücretleri düzenli ödeniyor olsa da bu durum hemşireleri hem fiziksel olarak yormakta, hem de özel yaşamlarını olumsuz etkilemektedir.

Hastanede hemşirelerin çalışma saatlerini belirleyen çizelgeler elle yapılmakta ve bu durum hemşireler açısından birçok sorunu beraberinde getirmektedir. Düzensiz ve dengesiz dağılan iş yükü nedeniyle hemşireler arasında sorunlar yaşanabilmektedir. Her hemşireye eşit sayıda tatil ve eşit sayıda haftasonu tatili de atanmamaktadır. Elle yapılan çizelgelere çoğu zaman uyulmamakta, sürekli meydana gelen değişimler, hemşirelerin hem iş yaşamını hem özel yaşamını olumsuz etkilemektedir.

Hastane, yoğun çalışma saatleri nedeni ile, hemşirelerin işlerine devam etmelerini sağlama konusunda zorluk yaşamaktadır. Her hemşirenin her hastaya bakmak zorunda olması, hemşirelerin yüksek bilgi düzeyi ve deneyime sahip olmasını gerektirmekte ve bu da işe alım ve eğitim konusunda hastane için ayrı bir yük oluşturmaktadır. Yoğun çalışma saatleri nedeni ile hemşirelere ödenen fazla mesai ücretleri, hastane için büyük bir maliyet oluşturmaktadır. Hemşirelerin yorgunluk ve isteksizlik gibi nedenler ile işlerini düzgün yapamaması hastanenin müşteri kaybetmesine yol açmaktadır.

## 2.2. Önerilen Durum

Uygulamada, öncelikle, mevcut durumdaki hemşire sayısı, çalışma düzenleri, 4 haftalık bir periyoda ilişkin hemşirelerin toplam vardiya sayıları, her bir hemşirenin toplam gece vardiyası sayısı, her bir hemşirenin haftasonlarına denk gelen toplam vardiya sayıları gibi kriterler incelenmiştir. Mevcut durumda, A Blok 2. Kat'taki hemşire ihtiyacı 12 hemşire ile karşılanmakta ve değişen ihtiyaçlara göre de diğer bölümlerden yarı zamanlı hemşire talep edilmektedir. Bu durum hastane genelindeki çizelgelerin oluşturulmasında, problemi daha da karmaşık hale getirmektedir. Çizelgeler 4 haftalık süre içinde sürekli olarak manuel olarak değiştirilmekte ve 4 haftalık süre içinde birden çok farklı çizelge elde edilmektedir. Bu da hemşireler açısından belirsizliğe yol açmakta ve fazla mesailerin belirlenmesi açısından zorluk yaşatmaktadır.

Önerilecek yeni çizelgede ise vardiya saatleri değiştirilmemiş ve 2 vardiya şeklinde (07.30- 19.30, 19.30-7.30 ) düzenlenmiştir. Haftalık çalışma süresinin belirlenmesinde 4857 sayılı iş kanununun 63. maddesine göre çalışma süresinin haftada en çok 45 saat olması ya da denkleştirme süresi aşılmadan haftalık ortalama çalışma süresinin en çok 45 saat olması gerektiği göz önünde bulundurulmuştur. Hemşirelerin gece vardiyasından sonra gündüz vardiyasına atanmaması sağlanmıştır. Her hemşireye mümkün olduğunca eşit sayıda gece vardiyası ve haftasonu vardiyası atanmasına çalışılmıştır. Her vardiyada en az 1 uzman hemşire olması gerektiği ve hamile veya süt izninde olan hemşirelerin vardiya atamalarının sadece gündüz vardiyası şeklinde olmasına dikkat edilmiştir. Son olarak da o aya ilişkin hemşirelerin özel istekleri varsa bu istekler dikkate alınmıştır. Problemin çözümünde olması gereken kısıtlar zorunlu kısıtlar ve değişken kısıtlar olarak 2 ayrı başlık halinde incelenmiştir. Zorunlu kısıtlar esnekliğin olmadığı, kısıtlardan birinin sağlanamaması durumunda problemin çözülemeyeceği kısıtlardır. Örneğin herhangi bir gece vardiyasından sonraki gün, gündüz vardiyasına atama yapılması, hemşirelerin aralıksız olarak 24 saat çalışmalarına neden olacaktır.

Bu nedenle problemde ardışık atamalar engellenmiştir. Değişken kısıtlar ise kısıtta esnekliğin sağlanabileceği fakat bu esnekliğin mümkün olduğunca az olması gereken kısıtlardır. Yapılan çalışmada, hemşire çizelgeleme modelinin oluşturulmasında, Azaiez ve Sharif (2005) tarafından hemşire çizelgeleme problemi için hazırlanan 0-1 amaç programlama modeli temel alınmıştır. Model, uygulama yapılan hastanenin yapısına bağlı olarak değişen zorunlu ve değişken kısıtlarla ilgili gerekli düzenlemeler yapılarak hazırlanmıştır. Modelde çizelge uzunluğu 28 gün (4 hafta) varsayılmıştır. Modelle ilgili notasyonlar aşağıda açıklanmıştır.

## Notasyonlar

$n$ : Bir çizelgedeki gün sayısı

$m$ : A Blok 2. Kattaki hemşire sayısı

$i$ : gün indisi,  $i = 1, 2, \dots, 28$

$k$ : hemşire indisi  $k = 1, 2, \dots, m$

$D_i$  :  $i$ . Gündeki gündüz vardiyası için gerekli personel sayısı  $i = 1, 2, \dots, n$

$N_i$  :  $i$ . Gündeki gece vardiyası için gerekli olan personel sayısı,  $i = 1, 2, \dots, n$

## Karar Değişkenleri

$$XD_{i,k} = \begin{cases} 1 & \text{Eğer } k.\text{Hemşire } i.\text{gündeki gündüz} \\ & \text{vardiyasına atanmışsa} (i = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, m) \\ 0 & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

$$XN_{i,k} = \begin{cases} 1, & \text{Eğer } k.\text{ Hemşire } i.\text{ Gündeki gece vardiyasına} \\ & \text{atanmışsa} (i = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, m) \\ 0, & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

$$XR_{i,k} = \begin{cases} 1, & \text{Eğer } k.\text{ Hemşire } i.\text{ Günde izinli ise} (i = \\ & 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, m) \\ 0, & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

Kısıtlar iki şekilde oluşturulmuştur:

- i) Sabit kısıtlar
- ii) Değişken kısıtlar

## Sabit Katı Kısıtlar

Hemşire sayısı ne olursa olsun mutlaka sağlanması gereken kısıtlardır. Hiçbir şekilde değiştirilemez. Her gece ve gündüz vardiyasındaki personel ihtiyaçlarının karşılanması kısıtı

$$\sum_{k=1}^m XD_{i,k} \geq D(i)$$

her  $i$  için,  $i = 1, 2, 3, \dots, n$

$$\sum_{k=1}^m XN_{i,k} \geq N(i) \quad \text{her } i \text{ için } , i = 1, 2, 3, \dots, n$$

1. Bir günde sadece bir vardiya çalışılması ya da izinli olunması kısıtı.

$$XD_{i,k} + XN_{i,k} + XR_{i,k} = 1, \quad \text{her } i \text{ ve } k \text{ için, } i = 1, 2, \dots, n, k = 1, 2, \dots, m$$

2. Herhangi bir günde bir hemşire gece vardiyasına atanmışsa, ertesi gün gündüz vardiyasına atanmamasını sağlayan kısıt

$$XD_{i,k} + XN_{i,k} \leq 1, \quad \text{her } i \text{ ve } k \text{ için, } i = 1, 2, \dots, n, k = 1, 2, \dots, m$$

#### Değişken Kısıtlar

Hemşire sayısı değiştiğinde modelin fizibilitesininin sağlanabilmesi için esneklik sağlanabilen ve farklı alt ve üst sınırlara sahip olan kısıtlardır. Model pek çok kez farklı hemşire sayılarında değişken kısıtlara farklı değerler verilerek çalıştırılmış ve hepsinde fizibiliteyi sağlayan değerler bulunmuştur.

1. Her hemşire arka arkaya en fazla iki gece vardiyasında çalışabilir.

$$XN_{i,k} + XN_{i+1,k} + XN_{i+2,k} \leq 2, \quad \text{her } i \text{ ve } k \text{ için } i = 1, 2, \dots, n-2, k = 1, 2, \dots, m$$

2. Her hemşireye eşit sayıda hafta sonu tatili atanmalıdır.

$$XR_{6,k} + XR_{7,k} + XR_{13,k} + XR_{14,k} + XR_{20,k} + XR_{21,k} + XR_{27,k} + XR_{28,k} \geq 4 \quad k = 1, 2, \dots, m$$

3. 4 haftalık çizelgede minimum ve maksimum çalışma günü kısıtı.

$$XD_{i,k} + XN_{i,k} \geq 15 \quad k = 1, 2, \dots, m \quad i = 1, \dots, n$$

$$XD_{i,k} + XN_{i,k} \leq 17 \quad k = 1, 2, \dots, m \quad i = 1, 2, \dots, n$$

4. Minimum gece vardiyası (Her hemşirenin eşit sayıda gece vardiyasına atanması) kısıtı

$$\sum_{i=1}^n XD_{i,k} \geq 6, \quad \text{her } k \text{ için } k = 1, 2, 3, \dots, m$$

5. Her hemşire ve her gün için gece vardiyası atanması yapıldıktan sonra, 2 gün içinde tekrar gece vardiyası atanması olmamalıdır.

$$XN_{i,k} + XN_{i+2,k} \leq 1, \quad \text{her } i \text{ ve } k \text{ için } i = 1, n \text{ ve } k = 1, 2, \dots, m$$

6. Her hemşireye atanan toplam gündüz vardiyaları sayısı gece vardiyalarının toplamından büyük veya eşit olmalıdır.

$$\sum_{i=1}^n (i, XD_{i,k}) - \sum_{i=1}^n (i, XN_{i,k}) \geq 0, \quad \text{her } k \text{ için; } k = 1, 2, 3, \dots, m$$

7. Her gece gündüz vardiyasında en az bir uzman hemşirenin bulunmalıdır (İlgili bölümde 6 hemşire vardır ve ilk 6 hemşire uzman olarak tanımlanmıştır).

$$\sum_{k=1}^6 XD_{i,k} \geq 1, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{k=1}^6 XN_{i,k} \geq 1, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

#### Amaç Kısıtları

Bu kısıtlar fizibiliteyi etkilemeyen ancak bu kısıtlardan sapmalar olduğunda amaç fonksiyonunda belli katsayılar olarak modelin maliyetini dolayısıyla optimalitesini etkileyen kısıtlardır.

**Amaç 1:** Gerçekleşen çalışma günlerinin toplamı ile çalışma günleri arasındaki sapmayı minimize eder. Bu amaç tüm hemşirelerin 4 haftalık çizelge boyunca mümkünse 16 güne yani 16 vardiyaya atanmalarını sağlar.

$$\sum (XD_{i,k} + XN_{i,k}) + a(k) = 16 \quad \text{her } k \text{ için } k = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum (XD_{i,k} + XN_{i,k}) + ap(k) - an(k) = 16 \quad \text{her } k \text{ için } k = 1, 2, \dots, m$$

Modelde, a(k) değişkenleri negatif veya pozitif değerler alabilir. ap değerleri amaç 1 den pozitif yönde sapmayı, an değerleri de negatif yönde sapmayı ifade etmektedir. Modelde hem pozitif hem de negatif yönde sapmalar ceza maliyeti oluşturacaktır.

a değeri >0 ise o hemşire 16 günden az çalışmış demektir. Bu hastane tarafından istenmeyen bir durumdur. İş gücü kaybından dolayı bir ceza maliyeti gerektirmektedir.

a değeri=0 ise sapma yoktur ve hemşirenin 4 haftalık çizelge boyunca 16 gün yani 16 vardiya çalışıyor olduğunu göstermektedir.

a değeri < 0 ise hemşireye 16 günden fazla gün atanmış demektir. Bu da fazla mesai maliyeti gerektirmektedir.

Amaçtan, hem pozitif hem de negatif yönde sapmalar cezalandırılmaktadır. Ceza katsayısı olarak ap için eksik mesainin maliyeti, an için ise fazla mesai oranlanarak

belirlenecektir. ap sapması için ceza katsayısı (C1) 4 , an sapması için ceza katsayısı (C2) 6 olarak belirlenmiştir.

**Amaç 2:** Bir hemşirenin ardışık gündüz ve gece vardiyalarına atanmamasını sağlar.

$$XD_{i,k} + XN_{i+1,k} + b_{i,k} = 1 \quad i = 1,2,\dots,n-1, k = 1,2,\dots,m$$

Burada  $b_{i,k}$  k hemşiresi ve i günü için amaç 2 den sapma miktarıdır. Sadece negatif sapmalar cezalandırılacaktır. Ceza katsayısı (C3) 3 olarak belirlenmiştir.

### Ceza katsayılarının belirlenmesi

Modelde bir amacın değerine göre göreceli önemini belirtmek için önem ağırlıkları atanmıştır. Bu önem ağırlıkları, amaçların ihlalinden doğan ceza seviyelerini göstermektedir. Bu seviyeler C1, C2, C3' tür. Hastanenin genel yapısı gözönüne alındığında, amaç 1 ve amaç 2'ye erişimin önemli olduğu görülmektedir. Burada, birinci amaç atıl kapasite kaybını önlemek böylece israf kaybından kurtulmaktır. İkinci amaç ise fazla mesailerin mümkün olduğunca azaltılmasıdır. Her hemşirenin fazla mesai maliyeti, normal mesainin maliyetinin 1.5 katıdır. Bu nedenle C1 katsayısı ve C2 katsayısı arasında 2/3 oranı vardır. Ardışık gündüz ve gece vardiyalarına atanmak hemşireler için istenmeyen bir durumdur. Bu nedenle bu durumundan sapmalara göreceli olarak C3=3 ceza katsayısı verilmiştir.

### Amaç fonksiyonu

Amaç fonksiyonu, amaçlardan ağırlıklı sapmanın toplamının minimizasyonundan oluşur.

$$Z = C1 \sum ap_k + C2 \sum an_k + C3 \sum \sum b_{i,k}$$

Yukarıda verilen model, GAMS (The General Algebraic Modeling System) optimizasyon programı kullanılarak çözülmüştür. Gams programı 11,12,13,14,15 hemşire için ayrı ayrı çalıştırılmış olup her bir alternatif için çizelgeler oluşturulmuştur. Program farklı hemşire sayıları ( 11, 12, 13, 14, 15 ) ve farklı kısıt aralıkları için tekrar çözülmüştür.

### 3. Çözüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

Oluşturulan modelin çözüm sonuçlarına göre, dört haftalık çizelgeler için önerilen modeldeki çözüm sonuçları ve mevcut durum için iyileştirmeler karşılaştırılmıştır. Buna göre;

i) Gece vardiya sayılarının eşitlenmesi:

Oluşturulan modelin çözüm sonuçlarına göre, dört haftalık çizelgeler için atanan gece vardiyası sayıları 12, 13 ve 14 hemşire için Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Gece vardiyası sayıları ( Number of night shift)

Hemşireler	MEVCUT DURUM	ÖNERİLEN	DURUMLAR
	12 hemşire	13 Hemşire	14 hemşire
1	7	8	6
2	6	6	6
3	12	6	6
4	4	6	6
5	6	6	6
6	5	6	6
7	0	6	6
8	8	6	6
9	8	8	6
10	0	6	6
11	0	7	6
12	2	7	6
13		6	6
14			6

Tablo 1'e göre, mevcut durumdaki 12 hemşire atanması ile oluşan gece vardiyası sayılarının dengeli olmadığı açıkça görülmektedir. Buna karşın, en uygun çizelgenin, önerilen, 13 ve 14 hemşire ile oluşturulan çizelgeler olduğu görülmektedir. Yani önerilen hemşire sayıları ile, hemşirelere atanan gece vardiya sayıları azalmaktadır.

ii) Haftasonuna atanan vardiya sayılarının eşitlenmesi:  
Modelin çözüm sonuçlarına göre, dört haftalık çizelgeler için atanan haftasonu vardiyası sayıları Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Haftasonu vardiyası sayıları( The number of weekend shift)

	MEVCUT DURUM	ÖNERİLEN	DURUMLAR
	12 Hemşire	13 hemşire	14 hemşire
1	5	3	4
2	1	4	3
3	0	5	4
4	4	6	5
5	1	5	4
6	3	5	4
7	1	4	4
8	2	5	3
9	3	4	3
10	2	3	4
11	1	5	5
12	0	4	4
13		3	5
14			4

Tablo 2'ye göre, Hemşirelerin atandıkları hafta sonu vardiyalarını incelediğimizde, mevcut durumdaki (12

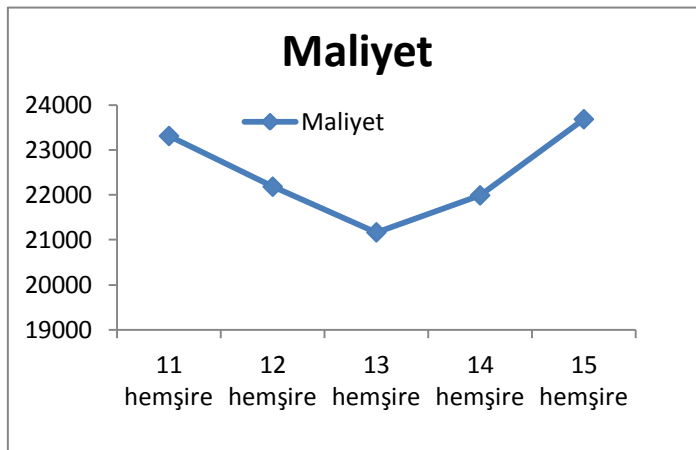
hemşire için) atamalarda eşitsizlikler görülmektedir. Önerilen 13 ve 14 hemşireyle oluşturulan atamaların daha dengeli ve adil olduğu görülmektedir.

#### i) Maliyetler yönüyle olan iyileştirmeler

Seçilen hemşire departmanında, iyileştirme öncesindeki mevcut durumda 12 hemşire görev yapmaktadır. Model 11,12,13,14 ve 15 hemşire için ayrı ayrı çalıştırılarak alternatif çizelgeler elde edilmiştir. Elde edilen alternatif çizelgeler maliyetleri açısından karşılaştırılmıştır. Maliyet hesaplanırken, 1550 TL olan aylık hemşire maaşı aylık vardiya sayısına bölünerek 1 günlük normal mesai maliyeti hesaplanmıştır. Daha sonra normal mesai ücretinin 1.5 katı olarak bilinen fazla mesai ücreti belirlenmiştir. Yapılan bu hesaplamalara göre bir vardiyanın normal mesai ücreti 96.875 TL, bir vardiyanın fazla mesai ücreti ise 145.3 TL 'dir. Elde edilen alternatif çizelgelerin maliyetleri Tablo 3'de, hemşire sayıları ve maliyetlerine ilişkin grafik ise Şekil 1'de verilmiştir:

Tablo 3. Hemşire Sayısına Bağlı Olarak Oluşan Maliyetler (Costs related to the number of nurse)

Gerçek maaş 1550 TL	Fazla Mesai Sayısı	Eksik Mesai Sayısı	Fazla Mesai Maliyeti	TOPLAM MAAŞ	TOPLAM MALİYET
11 hemşire	40	-	5 812	17 050	23 312
12 hemşire	26	2	3 778	18 600	22 184
13 hemşire	7	-	1 017	20 150	21 167
14 hemşire	2	8	291	21 700	21 991
15 hemşire	3	27	436	23 250	23 686



Şekil 1. Hemşire Sayıları ve Maliyetleri

Tablo 3 ve Şekil 1'e göre, alternatifler için maliyet analizi yaptığımızda, 13 ve 14 hemşire çalışması durumundaki maliyetlerin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Çizelgenin 13 hemşire sayısı ile dengelenmesi için fazla mesai yoluna gidilmiştir. Yönetim 13 hemşire ile fazla mesai yoluna giderek talepleri karşılayabilmektedir.

Ancak, fazla mesainin 1 günlük ücreti olan 145 TL hemşirelere cazip gelebilir ve hemşireler de fazla mesai yapmak isteyebilirler. Diğer bir taraftan ise yönetim aylık 21. 991 TL – 21. 167 TL = 824 TL masrafa katlanarak hemşireler için daha adil ve daha az yorucu çalışma şartları sağlayabilir.

Sonuç olarak, hastane açısından bakıldığında, hastane yönetimine en az maliyetle, hemşireler için en adil çizelgeyle ve bunun doğal sonucu olan müşteri memnuniyetiyle istenilen hedeflere ulaşılmıştır.

### 3. sonuç

Ülkelerin sosyo-ekonomik açıdan kalkınmışlık düzeylerinin en önemli göstergelerinden birisi de sağlık hizmetleridir. Sağlık hizmetlerinin temel amacı toplumun ihtiyacı olan sağlık hizmetlerini, müşterinin istediği kalitede, istediği zamanda ve mümkün olan en düşük maliyetle sunmaktır. Sağlık sektörü, müşterilerin tatminin sağlanması bakımından en problemli sektörlerden biri olarak gözükmektedir. Teknolojinin hızla değişmesi, artan maliyetler, hastaların artan şikayetleri ve iyi bakım isteğinin yaygınlaşması sağlık hizmetlerinin daha karmaşık bir hale gelmesine neden olmuştur.

Sağlık sektöründe faaliyet gösteren her türlü işletmenin hatasız çalışması için öncelikle bu sektörde çalışan personelin hatasız çalışması gerekmektedir. Personel çizelgeleme problemi, hem işletme hem de personel isteklerini göz önüne alan, personelin belirli bir süre için tekrarlı çalışma zamanlarını düzenleyen çizelgelerin üretilmesi ile ilgilidir. Bunu sağlamak için ise personelin hatasız çalışmasına engel olabilecek tüm faktörlerin ortadan kaldırılması gerekir. Bu faktörlere örnek olarak, yetersiz personel sayısı, aşırı ve dengesiz iş yükü, düzensiz ve belirsiz çalışma saatleri, vb. nedenler sayılabilir.

Dünya genelinde pek çok sektörde, kurum ve firmada yaşanan personel çizelgeleme probleminin spesifik bir örneği olan hemşire çizelgeleme problemi, ülkemizde pek çok hastanenin ortak sorununu teşkil etmektedir. Günümüzde bu tür problemlerin çözümünde pek çok araştırmacılar tarafından çalışmalar yapılmış ve yeni yaklaşımlar geliştirilmiş olmasına karşın, hastanelerde halen bu tür uygulamaların yaygın olmadığı ve elle oluşturulan bir takım çizelgelerin kullanıldığı görülmektedir. Bu ise hastanelere büyük maliyetler yüklemekte ve hemşirelere de dengesiz, adaletsiz bir çalışma programı sunmaktadır.

Yapılan çalışmada, sağlık sektöründe faaliyet gösteren bir hastanede hemşire çizelgeleme problemi üzerinde

durulmuştur. Müşteri memnuniyetini sağlayıp, hastane verimliliğini artırarak, maliyetleri minimize edecek şekilde, her vardiyada çalışması gereken hemşire sayıları bulunmuştur. Hastane yönetimi açısından, en az maliyetli, müşteriler açısından en yüksek memnuniyeti sağlayan, hemşireler açısından da en adil ve dengeli bir dağılım sağlayan çizelge oluşturulmaya çalışılmıştır.

### Kaynaklar

- Warner, D., M., “ Scheduling Nursing Personnel According to Nursing Preference:A Matematical Programming Approach”, Operations Research, Vol. 24, No. 5, 842-856, 1976.
- Trivedi, V.M., “ A Mixed-Integer Programming Model For Nursing Budgeting”, Operations Research, 29, 1019-1034, 1981.
- Huarng, F., “A Primary Shift Rotation Nurse Scheduling Using Zera-One Linear Goal Programming, Computers in Nursing, Vol.17, No.3, 135-144, 1999.
- Jan, A., Yamamoto, M., Ohuchi, A., “Evolutionary Algorithms For Nurse Scheduling Problem”, Proceedings of the 2000 congress on evolutionary computation, 1, 196-203, 2000.
- Kawanaka, H., Yamamoto, K., Yoshikawa, T., Shinogi, T., Tsuruoka, S., “ Genetic Algorithm With the Constraints For Nurse Scheduling Problem”, Proceedings of the 2001 Congress on Evolutionary Computation, 2, 1123-1130, 2001.
- Burke, E., Causmaecker, P.D., Petrovic, S., Berghe, G.V., “Variable Neighbourhood Search for Nurse Rostering Problems”, Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherland, 2002.
- Engin, O., Fırlalı, A., “Akış tipi çizelgeleme problemlerinin genetik algoritma yardımı ile çözümünde uygun çaprazlama operatörünün belirlenmesi”, Doğu Üniversitesi Dergisi, 6, 27-35, 2002.
- Inoue, T., Furuhashi, T., Maeda, H., Takaba, M, “ A Proposal of Combined Method of evolutionary algorithm and heuristics for nurse Scheduling Support System”, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 50(5), 833-838.
- Bard, J.F., and Purnoma, H.W., “Preference Sheduling For Nurses Using Column Generation”, Graduate Program in operations Research & Industrial Engineering, The University of Texas.ETC 5.160, C2200, Austin, TX 78712-1063, USA, 2003.
- Daban, F., Özdemir, E.,“Eğitimde Verimliliği Artıran Ders Programlarının Hazırlanması İçin Genetik Algoritma Kullanımı”, Journal of Educational Sciences&Practices, 3 (6), 245-257, 2004.
- Ersoy, E., “Final Exam Scheduler”, Yeditepe Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Engineering Project Report, 57s, İstanbul, 2004.
- Burke, E., Causmaecker, P.D., Petroviç, S., Berghe, G.V., “ Variable Neighborhood Search For Nurse Rostering Problems, Metaheuristics: Computer Decision- Making”, Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, 2004.
- Özcan, E., “ Memetic Algorithms for Nurse Rostering”, Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, 3733, 482-492, 2005.
- Biroğul, S., “Genetik Algoritma Yaklaşımıyla Atölye Çizelgeleme”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2005.
- Tuncel, H., “Askeri Nöbet Çizelgelerinin Genetik Algoritma Kullanılarak En İyilenmesi”, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Tezi, Eskişehir, 2005.
- Azaiz, M.N., Al Sharif, S.S., “ A 0-1 Goal Programing Model For Nurse Scheduling”, Computers and Operations Research, Oxford, UK, 491-507, 2005.
- Kaya, S., “Operasyonel Sabit İş Çizelgeleme Problemlerinin Genetik Algoritmalar ile Çözümü”, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 2006.
- Kalender, M.,“Ders Çizelgeleme Programı”, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, 2006-2007 Öğretim Yılı Proje Yarışması, İstanbul, 2007.
- Çetin, E.D., Kuruözüm, A., Irmak, S., “Ekip Çizelgeleme Probleminin Küme Bölme Modeli ile Çözümü”, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, 3(4), 47-54, 2008.
- Brunner JO, Bard JF. ve Kolisch R., “ Flexible Shift Scheduling of Physicians”, Health Care Management Science, 12:285-305, 2009.
- Topaloğlu, Ş. ve Selim, H., “ Nurse Scheduling Using Fuzzy Modeling Approach”, Fuzzy Sets and Systems, Vol.161, Issue 11, 1543-1563, 2010.
- Yin, P., Chao, C. ve Chiang Y., “ Multi Objective Optimization For Nurse Scheduling”, Advances in Swarm Intelligence Lecture Notes in Computer Science, Vol. 6729, 66-73, 2011.
- Petrovic, S. and Berghe G.V., “A Comparison of Two Approaches To Nurse Rostering Problems”, Annals of Operations Research, Vol. 194, Number 1, 365-384, 2012.