

Özel Bir Hastane için Hemşire Çizelgeleme Problemi

The Nurse Scheduling Problem for Private Hospital

Sevde Dilruba KARAYEL¹

Ediz ATMACA²

ÖZET

Son yıllarda değişen ve gelişen dünya şartlarında yapılan her işte, üretilen her ürün ve hizmette sadece ihtiyaçları karşılamak esas amaç olmaktan çıkmıştır. İnsan faktörünün yapılan her türlü faaliyete entegrasyonu ürün ve hizmetlerde maliyet ve kardan sonra, kalite ve müşteri memnuniyeti kavramlarına önem verilmesiyle birlikte farklı bir boyut kazanmıştır. Her geçen gün önemi daha da artan hizmet sektörü yapısı içinde sağlık sektörü de giderek ön plana çıkmaktadır. Sağlık hizmetlerinin temel amacı, toplumun ihtiyacı olan sağlık hizmetlerini, müşterinin istediği kalitede, istediği zamanda ve mümkün olan en düşük maliyetle sunmaktır. Bunun için çalışan hemşirelerin yeterli sayıda olması oldukça önemlidir. Hemşire sayısının az olması iş yükünü artmasına ve hizmet kalitesinin düşmesine neden olurken sayının fazla olması ise hastane için maliyetleri artıracığından tercih edilmemektedir. Yapılan çalışmada, özel bir hastanedeki hemşire çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Hastalar açısından en yüksek memnuniyeti sağlayıp, hemşireler açısından adil ve dengeli bir dağılım oluşturan ve aynı zamanda maliyetleri de en azlayan etkin bir çizelge önerilmiştir. Çizelgenin çözümü için 0-1 tam sayılı matematiksel programlama modeli oluşturulmuş ve GAMS paket programı yardımıyla çözülmüştür. Mevcut ve önerilen çizelgeler çeşitli kriterler açısından karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hemşire Çizelgeleme, Tamsayı Programlama, Optimizasyon modeli

ABSTRACT

Nowadays, under changing world conditions in all jobs, it is not the main objective that meet simply needs with every product and service. Entegrating the human factor to all business operations brings along the more importance for quality and customer satisfaction on products and services rather than cost and profit. Hence health sector is prominent in the service sector. The main objective of health services in the community who need health services, quality of customer wants, at any time and to provide the lowest possible cost. To achive this goals, it is very important to have a sufficient number of nurses. Insufficient number of nurse cause the increasing of workload and reducing the quality of service level in contrast more than the sufficient number of nurses cause the rising of cost and it wil not be preferred. In this study, we addressed the nurse scheduling problem in the private hospital. An efficient schedule is proposed that provides the highest satisfaction for patients and consists of the fair and balanced distrubition for nurses. For solving the scheduling problem, 0-1integer mathematical programming model is prepared and solved by the help of GAMS packaged software. Current and proposed schedules are compared in point of determined criteria.

Keywords: Nurse Scheduling, Integer Programming, Optimization

¹ Arş.Gör., Gazi Üniversitesi, Müh. Fak., Endüstri Mühendisliği Bölümü, dilrubakarayel@gazi.edu.tr

² Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

1. GİRİŞ

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, istenilen kalitede, istenilen 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 (Atmaca,2012). Sektörde 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 iş yükü, 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 ilgilienmektedir. Personel çizelgeleme problemi ise, işgücü kaynaklarının bazı kısıtlar altında işletmenin ihtiyaçlarını karşılamak üzere en iyi şekilde tahsis edilmesi olarak tanımlanabilir. Çok aşamalı aynı zamanda da kontrol gerektiren bir problem tipidir.

Dünya genelinde pek çok sektörde, kurum ve firmada yaşanan personel çizelgeleme probleminin spesifik bir örneği olan hemşire çizelgeleme problemi ise, ülkemizde pek çok hastanenin ortak sorununu teşkil etmektedir. Hastaneler haftada yedi gün, günde 24 saat ve bayram tatilleri dâhil aralıksız hizmet verdiklerinden sürekli vardiyalı sistem ile çalışmaktadırlar. Bu şekildeki bir vardiya sisteminin çalışanlara fiziksel ve psikolojik açıdan zorlayıcı etkileri vardır. Bu olumsuz etkileri azaltmak için çalışma çizelgesinin, çalışma kalitesini ve verimliliği dengeleyecek şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Hemşire çizelgeleme problemleri, belirli kısıtlar altında vardiyaların (gece vardiyası, gündüz vardiyası, tatil vs.) aylık olarak hemşirelere nasıl dağıtılacağı sorusu ile ilgilienmektedir ve periyodik (günlük, haftalık, aylık) olarak yasal kısıtlar, personel politikaları, hemşire beklentileri ve buna benzer her hastaneye özgü birçok kısıt ile bu kısıtların hastaneden hastaneye ve amaca göre değişim göstermesinden dolayı ilgi çeken bir çalışma alanı olmuştur. Bu nedenle konu ile ilgili 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.

Trivedi (1981), karışık tam sayılı hedef programlama modeli ile bir hastanede hemşire gider bütçesini göstermiştir. Gideri dikkate alırken verilecek hemşirelik hizmet kalitesini belirli bir düzeyde tutmayı amaçlamıştır.

Kwak ve Lee (1997), bir sağlık merkezinde çalışan doktorlar, hemşireler ve teknik elemanların mevcut vardiyalara atanmasını sağlayacak bir model ortaya koymuşlardır. Sırasıyla, tüm personele ödenen ücretlerin minimizasyonu, doktor kullanım hedefi (belirli bir periyotta, belirli bir departmanda, belirli bir düzeyde doktorun bulunmasını sağlamak), doktor atama hedefi (doktorların uygun bir oranda tutulmasını sağlamak), hemşire kullanım hedefi (hemşire-doktor oranı doğrultusunda uygun miktarda hemşire atamasını sağlayabilmek), teknik eleman kullanım hedefi (teknik eleman-doktor oranı doğrultusunda uygun miktarda teknisyen atamasını sağlamak) olmak üzere beş amaçın yer aldığı bir amaç programlama modeli oluşturmuşlardır. Çalışmada ilk iki amaç tamamen başarılıırken diğer üç amaç kısmen başarılmıştır.

Millar ve Kiragu (1998), 12 saatlik vardiyalarda çalışan hemşireler için ağ programlama ile vardiya ve tur planlaması yapan bir matematiksel model üzerinde çalışmışlardır. Model kısıt çeşitliliğine izin verdiği için oldukça esnektir.

Huarnng (1999), esnek ve adil görev dağılımı için 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.

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.

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.

Burke vd. (2002), değişken komşu arama algoritmasıyla hemşire çizelgeleme problemini çözmüşlerdir. Yapılan çalışmada, bu algoritmanın bütün sektörlerde uygulanabilmesi hedeflenmiştir.

Güngör (2002), tüm hemşirelerin kadrolu olduğu ve haftada 40 saat çalıştığı bir hastanenin hemşire planlaması için tam sayılı bir model üzerinde çalışmıştır.

Belien (2002), hemşirelere olan talebin ameliyathane sayısına bağımlı olarak değiştiğini dikkate almıştır. 3 vardiya şeklinde çizelgeleme yapılmış, tam sayılı programlama ve karışık tam sayılı programlama modelleri kullanılmıştır.

Miwa vd.(2002), 10 hemşirenin çalıştığı bir birim için 14 günlük bir periyotta tur planlama çalışması yapmışlardır.

Engin ve Fırlalı (2002), tamamlanma zamanı kriterli akış tipi çizelgeleme problemlerinin genetik algoritma yardımı ile çözümünü yapmışlardır.

Ikegami ve Niwa (2003), subproblem-centric algoritma ile hemşire çizelgeleme problemlerini çözmüşlerdir. Bard ve Purnomo (2003), yaptıkları çalışmada hemşire çizelgeleme karar sürecindeki uyuşmazlıklarını giderecek yeni bir metot kullanmışlardır. Çalışmalarında daha esnek çalışma saatlerinin düzenlenmesine ihtiyaç olduğu ifade etmişlerdir.

Inoue vd. (2003) tarafından yapılan çalışmada, hemşire çizelgeleme problemlerinin çözümü için evrimsel algoritma ve sezgisel algoritmalar birleştirilmiştir.

Topaloğlu ve Özkarahan (2004), hemşirelerin haftalık çalışma saatleri, hafta sonu izin kullanma istekleri ve ardışık maksimum çalışabilecekleri gün sayısını tercih ettikleri bir örtülü (implicit) hedef programlama modeli üzerinde çalışmışlardır.

Daban ve Özdemir (2004) tarafından yapılan çalışmada, eğitimde zamanlama konusunun alt bölümü sayılabilecek ders programlarının verimliliğinin artırılması için yapay zekâ yöntemlerinden biri olan genetik algoritma kullanılmıştır.

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.

Burke vd. (2004), yeni meta sezgisel modelini Belçika hastanelerinin hemşire çizelgeleme problemlerinde kullanmışlardır. Personel iş çizelgelemesi yapmanın oldukça zor olduğunu belirtmişlerdir.

Azaiez ve Sharif (2005), hemşire çizelgeleme problemi için, 0-1 hedef programlama modeli oluşturmuşlardır. Geliştirilen model, hemşire yetenek ve yeterlilikleri ile servis devamlılığını içermekte ve aynı zamanda oluşacak gereksiz fazla mesainin getireceği ek maliyetlerin de azaltılmasını sağlamıştır.

Özcan (2005), hemşire çizelgeleri için memetik algoritmaları kullanmıştır. Bu çalışmada, rastgele veriler üzerinde çeşitli operatörlerin çözüm üzerindeki etkisi deneysel olarak incelenmiştir.

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 en iyilenmesi amaçlanmıştır.

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

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.

Çetin vd. (2008), havayolu taşımacılığında uçuş ekibi maliyetlerini minimize etmeye çalışmışlardır. Bu çalışmada, ekip eşleştirme ve ekip atama problemleri bütünlük bir yapıda ele alınmıştır.

Brunner vd. (2009), bir hastanedeki psikiyatristlerin vardiya çizelgeleme problemini araştırmışlardır. Karma tam sayılı bir model olarak formüle edilen problemde amaç, yasal düzenlemelerde verilen kısıtlara göre fazla mesai saatlerini düşürerek psikiyatristlere yapılan ödemelerin minimizasyonunu sağlamaktır.

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.

Yin vd. (2011), çoklu amaçlar altında bir matematiksel formülasyon hazırlamışlardır. Çalışmada, çok amaçlı hemşire çizelgeleme problemi için Cyber Swarm Algoritması önerilmiştir.

Petrovic ve Berghe (2012), hemşire çizelgeleme problemini yedi farklı kriter açısından değerlendirmişlerdir. Çözümde bir meta sezgisel yaklaşım üzerinde durmuşlardır.

Atmaca vd. (2012), hemşire çizelgeleme için bir amaç programlama modeli geliştirmişlerdir. Model, müşteri memnuniyetini sağlayacak, hastane verimliliğini artıracak ve maliyetleri minimize edecek şekilde, her vardiyada çalışması gereken hemşire sayısını bulmaya yönelik kurulmuştur. Mevcut ve önerilen çizelgeler karşılaştırılarak elde edilen sonuçlar verilmiştir.

Maenhout ve Vanhoucke (2013), hemşire ve hasta bakım personeli için yasal çalışma sınırları ve saatlerini dikkate alan bütünlük bir yaklaşım önermiş ve bir gerçek hayat uygulaması ile önerdikleri yaklaşımı test etmişlerdir.

Wright ve Mahar (2013) çalışmalarında, hemşireler için fazla mesaiyi azaltarak maliyeti iyileştirmeyi sağlayan merkezileştirilmiş bir model önermişlerdir. Model sonucu elde ettikleri çizelge ile fazla mesai %80 oranında azalırken hemşire ve hasta memnuniyeti %34 oranında artmıştır.

Wong vd. (2014), hemşire çizelgeleme problemi için iki aşamalı sezgisel bir yaklaşım önermişlerdir. İlk aşamada tüm katı kısıtları sağlayan vardiya ataması oluşturulmuş, ikinci aşamada ise sıralı yerel arama algoritması ile ilk aşamada oluşturulan çizelge geliştirilerek hemşirelerin tercih kısıtlarının modele eklenmesi sağlanmıştır. Önerilen iki aşamalı yaklaşım ile elde edilen çizelge diğer yaklaşımlara göre esnek ve etkin olmuştur.

Chiarante vd. (2015) çalışmalarında özellikle hemşire tercihlerini (gece vardiyası sayısı ve hafta sonu tatili gibi) dikkate alan bir çizelge elde etmek amacıyla iteratif yerel arama algoritmasını kullanmışlardır. Geliştirdikleri algoritmayı askeri bir hastanede uygulamış ve sonuçları literatürde yer alan 0-1 tam sayılı programlama modeli ve askeri hastanede mevcut kullanılan sistem ile karşılaştırmışlardır. Geliştirilen iteratif yerel arama algoritmasının diğerlerine göre daha iyi sonuçlar elde ettiği ve standart sapmasının düşük olduğu görülmüştür.

Hemşire çizelgeleme problemi ile ilgili literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, kullanılan yaklaşımları sezgisel yaklaşımlar, analitik yaklaşımlar ve analitik ve sezgisel yaklaşımların birlikte kullanılması şeklinde üçe ayırabiliriz. Sezgisel yaklaşımların kullanımı 1975 yılında Warner'in 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 (Atmaca vd., 2012).

Bu çalışmada da, özel bir hastanedeki hemşire çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Hastalar açısından en yüksek memnuniyeti sağlayıp, hemşireler açısından adil ve dengeli bir dağılım oluşturan ve aynı zamanda maliyetleri de en azlayan etkin bir çizelge oluşturmak adına 0-1 tam sayılı matematiksel programlama modeli önerilmiştir. Çalışmanın sonraki bölümlerinde sırasıyla hastanedeki mevcut durum, önerilen matematiksel model, uygulama sonuçları ve mevcut durum ile önerilen çizelgelerin karşılaştırılması verilmiş, son olarak tüm sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. UYGULAMA

Uygulama çalışması Sağlık Bakanlığı'na bağlı, Ankara'da hizmet veren özel bir hastanede hemşire çizelgeleme problemi ele alınmış, hemşire ve hastane beklentileri ile ilgili bilgiler göz önüne alınarak, problemin çözümü için bir matematiksel model hazırlanmıştır. Uygulama, hastanenin 3. katı ve genel yoğun bakım katında hizmet veren hemşirelerin vardiya düzenlemesine yönelik yapılmıştır. Bu bölümlerde toplam 12 hemşire görev yapmakta olup bu hemşireler ihtiyaca göre iki bölüm arasında yer değiştirebilmektedir.

2.1. Mevcut Durum

Kuruluş özel bir hastane olması ve her hastanın bir müşteri konumunda olmasından dolayı kapasite doluluk oranına bakılmaksızın mevcut personel sayısı ile talebi karşılamak zorundadır. Kapasitenin önceden kestirilemeyen doluluğu ve talebin karşılanma zorunluluğu en çok hemşireler üzerinde yük oluşturmaktadır. Yasalara göre hemşirelerin; 657 sayılı devlet memurları kanununa göre haftada 40 saat, İş kanuna göre ise haftada 45 saat çalışmaları gerekmektedir.

Ancak, uygulama yapılan hastanede hemşirelerin sayısındaki yetersizlikten dolayı, mevcut hemşireler haftada 62 saate kadar çalışabilmektedir. 08:00-16:00 ya da 16:00-08:00 olan çalışma saatleri 08:00-18:00 ya da 18:00-08:00'a kayabilmektedir. Bu durum hemşireleri hem fiziksel olarak yormakta hem de özel yaşamlarını olumsuz etkilemektedir.

Hastanede, hemşirelerin çalışma saatlerini belirleyen çizgeler elle yapılmakta ve bu durum hemşireler açısından birçok sorunu beraberinde getirmektedir. Düzensiz ve dengesiz dağılan iş yükü nedeniyle hemşireler arasında sorunlar yaşanabilmektedir. Elle yapılan çizgelere çoğu zaman uyulmamakta, sürekli meydana gelen değişimler, hemşirelerin hem iş hem de özel yaşamını olumsuz etkilemektedir. Mevcut çizgeler, hastaların sürekli değişen durumları ve sayılarından kaynaklanan dinamik yapıyı karşılama konusunda hemşireleri yeterli derecede yönlendirememektedir. Her hemşireye eşit sayıda tatil ve eşit sayıda hafta sonu tatili atanmamaktadır. Hemşirelerin mevcut durumdaki çalışma temposu Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Mevcut 12 hemşirenin aylık çalıştıkları gün ve saatler

Hemşireler	Ayda Çalışılan Saat	Çalışılan Vardiyası Sayısı	Gece Vardiyası Sayısı	Çalışılan Hafta Sonu Sayısı
1	214	7		4
2	218	7		4
3	232	11		4
4	196	0		7
5	230	13		4
6	196	0		4
7	226	10		4
8	224	8		4
9	214	7		6
10	222	10		4
11	204	3		6
12	204	0		5

Tablo 1'deki sonuçlar değerlendirildiğinde, mevcut durumdaki çizgede hemşirelere atanan gece vardiyası ve hafta sonu atamalarının dengeli olmadığı, hemşirelere atanan gece vardiyasında sapmaların 10, hafta sonu atamalarında ise 3 olduğu görülmektedir.

Ayrıca süt izinli olan hemşirelerin gece vardiyasına atanmamaları dikkate alınmamakta olup; gece vardiyası 0 olarak atanan hemşireler rastgele diğer hemşireler arasındadır.

Hastanenin mevcut durumda uygulamakta olduğu çizelge için oluşan maliyetler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Hastanenin uyguladığı vardiya sistemi için oluşan maliyetler (12 hemşire için)

Hemşireler	Ayda Çalışılan Saat	Fazla Mesai	Mesai Maliyeti	Eksik Mesai	Maliyet
1	214	54	540	0	2140
2	218	58	580	0	2180
3	232	72	720	0	2320
4	196	36	360	0	1960
5	230	70	700	0	2300
6	196	36	360	0	1960
7	226	66	660	0	2260
8	224	64	640	0	2240
9	214	54	540	0	2140
10	222	62	620	0	2220
11	204	44	440	0	2040
12	204	44	440	0	2040
Toplam Maliyet=					25800

2.2. Önerilen Yaklaşım

Yapılan çalışmada, mevcut çizelgelerdeki dengesizliklerin düzeltilmesi amacıyla, hasta ve hemşire memnuniyetini en yüksek düzeye çıkaran, bunun yanı sıra hastane maliyetlerini de en azlayan etkin bir çizelge geliştirebilmek için matematiksel model hazırlanmıştır. Hemşire çizelgeleme problemi için oluşturulan model, Azaiez ve Sharif (2005) tarafından hazırlanan 0–1 tam sayılı programlama modeli temel alınarak hazırlanmıştır.

Problemin çözümünde olması gereken kısıtlar; zorunlu kısıtlar ve değişken kısıtlar olarak iki 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.

Model, uygulama yapılan hastanenin yapısına bağlı olarak değişen, değişken ve zorunlu kısıtlarla ilgili gerekli düzenlemeler yapılarak yeniden yapılandırılmıştır ve çizelge uzunluğu 28 gün (4 hafta) varsayılmıştır. Modele ilişkin notasyon tanımlamaları aşağıda açıklanmıştır.

Notasyonlar

n: Bir çizelgedeki gün sayısı

m: 2.ve 3.kattaki toplam hemşire sayısı

i: gün indisi $i=1,2,3,\dots,28$

k: hemşire indisi $k=1,2,3,\dots,m$

D_i : i.gündeki gündüz vardiyası için gerekli hemşire sayısı $i=1,2,3,\dots,n$

N_i : i.gündeki gece vardiyası için gerekli olan personel sayısı $i=1,2,3,\dots,n$

Karar Değişkenleri

$$XD_{i,k} = \begin{cases} 1, & \text{Eğer k. hemşire i. gündeki gündüz vardiyasına atanmışsa} \\ & (i=1,2,3,\dots,n; k=1,2,3,\dots,m) \\ 0, & \text{Diğer durumda} \end{cases}$$

$$XN_{i,k} = \begin{cases} 1, & \text{Eğer k. hemşire i. gündeki gece vardiyasına atanmışsa} \\ & (i=1,2,3,\dots,n; k=1,2,3,\dots,m) \\ 0, & \text{Diğer durumda} \end{cases}$$

$$XR_{i,k} = \begin{cases} 1, & \text{Eğer k. hemşire i. günde izinli ise} \\ & (i=1,2,3,\dots,n; k=1,2,3,\dots,m) \\ 0, & \text{Diğer durumda} \end{cases}$$

Sabit Katı Kısıtlar:

Hemşire sayısı ne olursa olsun mutlaka sağlanması gereken kısıtlardır. Hiçbir şekilde değiştirilemez.

1. Her gece ve gündüz vardiyasındaki personel ihtiyaçlarının karşılanması kısıtı:

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

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

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

$$XD_{i,k} + XN_{i,k} + XR_{i,k} \leq 1, \text{ her } i \text{ ve } k \text{ için, } i=1,2,3,\dots \dots n; k=1,2,3,\dots \dots m$$

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

$$XD_{i+1,k} + XN_{i,k} = 1, \text{ her } i \text{ ve } k \text{ için, } i=1,2,3,\dots \dots n; k=1,2,3,\dots \dots m$$

4. Herhangi bir günde gece vardiyasına atanmış bir hemşirenin ertesi gün gece vardiyasına atanmamasını sağlayan kısıt:

$$XN_{i,k} + XN_{i+1,k} = 1, \text{ her } i \text{ ve } k \text{ için, } i=1,2,3,\dots \dots n; k=1,2,3,\dots \dots m$$

Değişken Kısıtlar:

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

1. Her hemşireye eşit sayıda hafta sonu tatili atanmasını sağlayan kısıt:

$$XR_{6,k} + XR_{7,k} + XR_{13,k} + XR_{14,k} + XR_{20,k} + XR_{21,k} + XR_{27,k} + XR_{28,k} \geq 4$$

2. Her hemşirenin hafta sonlarında sadece cumartesi ya da Pazar izinli olmasını sağlayan kısıtlar:

$$XR_{i,k} + XR_{i+1,k} \leq 1, i= 6, 13, 20, 27$$

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

$$XD_{i,k} + XN_{i,k} \geq 15, i=1.2.3\dots n; k=1.2.3\dots m$$

$$XD_{i,k} + XN_{i,k} \leq 18, i=1.2.3\dots n; k=1.2.3\dots m$$

4. Her hemşirenin 4 hafta boyunca 6 veya daha fazla gündüz vardiyasına atanmasını sağlayan kısıt:

$$\sum_{k=1}^m XD_{i,k} \geq 6, \text{ her } k \text{ için, } k=1.2.3\dots m$$

5. Her hemşireye atanan toplam gündüz vardiyaları sayısının gece vardiyaları toplamından büyük veya eşit olmasını sağlayan kısıt:

$$\sum_{i=1}^n (i, XD_i, k) - \sum_{i=1}^n (i, XN_i, k) \geq 0, \text{ her } k \text{ için; } k = 1.2.3\dots m$$

6. Her gece ve gündüz vardiyasında en az bir uzman hemşirenin bulunması kısıtı:

(İlgili bölümde 4 uzman hemşire vardır ve 3, 4, 5, 6. hemşireler uzman hemşire olarak tanımlanmıştır.)

$$\sum_{k=3}^6 XD_{i,k} \geq 1, i= 3, 4, 5, 6$$

$$\sum_{k=3}^6 XN_{i,k} \geq 1, i= 3, 4, 5, 6$$

7. Süt izinli olarak görev yapan hemşirelerin 28 günlük çizelge boyunca ya gündüz vardiyasında ya da izinli olmasını sağlayan kısıt. Çalışılan bölümde 2 tane süt izinli olan hemşire vardır ve ilk 2 hemşire süt izinli hemşireler olarak tanımlanmıştır.

$$\sum_{k=3}^6 XD_{i,k} + XR_{i,k} \leq 28, \text{ her } i \text{ için, } i=1,2,3,\dots n$$

8. Süt izinli olan hemşirelerin gece vardiyasına atanmasını engelleyen kısıt:

$$\sum_{i=1}^n XN_{i,1} = 0, \text{ her } i \text{ için, } i=1,2,3,\dots n$$

$$\sum_{i=1}^n XN_{i,2} = 0, \text{ her } i \text{ için, } i=1,2,3,\dots n$$

9. Her hemşirenin ardışık olarak 72 saat ve daha fazla izin kullanmasını engelleyen kısıt:

$$XR_{i,k} + XR_{i+1,k} + XR_{i+2,k} \leq 2, i=1.2.3\dots n; k=1.2.3\dots m$$

Amaç Fonksiyonu

Yapılan çizelgedeki amaç, mevcut hemşirelerin dengeli dağılımını sağlayarak hastane maliyetini en aza indirmektir.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m XD_{i,k} + XN_{i,k} + XR_{i,k} \text{ her } i, k \text{ için}$$

3. ÖNERİLEN MODELİN ÇÖZÜMÜ VE SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

3.1. Mevcut On İki Hemşire İçin Elde Edilen Yeni Çizelge Ve Karşılaştırma Sonuçları

Yukarıda verilen model, GAMS paket programı kullanılarak çözülmüştür ve mevcut durumdaki 12 hemşire için yeni bir çizelge elde edilmiştir. Elde edilen çizelgede, hemşirelerin ayda çalışılan saat, çalışılan gece vardiyası sayıları ve çalışılan hafta sonu sayıları bulunarak; mevcut durum ve çözüm sonucu elde edilen çizelge karşılaştırılmıştır.

Modelin 12 hemşire için çalıştırılması sonucu oluşan maliyetler, aylık çalışma süreleri, vardiya sayıları ve çalışılan hafta sonu sayıları Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Matematiksel modelin çözümü sonucu oluşan çizelge için çalışma durumu ve oluşan maliyetler (12 hemşire için)

Hemşireler	Ayda Çalışılan Saat	Çalışılan Gece Vardiyası Sayısı	Çalışılan Hafta Sonu Sayısı	Fazla Mesai	Eksik Mesai	Mesai Maliyeti	Maliyet
1	144	0	3		-16	-160	1440
2	152	0	6		-8	-80	1520
3	232	10	5	72		720	2320
4	224	9	6	64		640	2240
5	192	6	4	32		320	1920
6	216	9	3	56		560	2160
7	200	7	3	40		400	2000
8	224	9	3	64		640	2240
9	224	9	5	64		640	2240
10	232	10	5	72		720	2320
11	216	9	5	56		560	2160
12	216	9	6	56		560	2160
TOPLAM MALİYET=							24720

Tablo 3'deki sonuçlara göre, hemşirelere atanan gece vardiyası ve hafta sonu çalışma günü atamalarının mevcut duruma göre daha dengeli olduğu gözlenmektedir. Gece vardiyası atamalarında sapmaların 4, hafta sonu atamalarında ise sapmaların 3 olduğu görülmektedir. Aynı zamanda süt izinli olan hemşireler dikkate alınarak onların gece vardiyasına atanmaları engellenmiştir.

Mevcut durum ve çalıştırılan model sonucu elde edilen çizelgeye maliyet analizi yapılmıştır. Maliyetler hesaplanırken 1600TL olan aylık hemşire maaşı ayda çalışmalarını gereken 160 saate bölünerek 1 saatlik ücretleri hesaplanmıştır. Bulunan saatlik ücretlere göre hemşirelerin fazla mesai veya eksik mesailerin maliyetleri hesaplanmıştır. Fazla mesai yapan hemşirelerin sabit olan 1600 TL'lik maaşına fazla mesai maliyeti eklenerek aylık alacağı ücret hesaplanmıştır. Yine aynı şekilde eksik mesai ile çalışan hemşirelerin ücretleri de; sabit olan 1600 TL'lik maaşlarından çıkarılarak hesaplanmıştır.

Mevcut durumda (12 hemşire) hastane aylık 25800TL'lik aylık maliyete katlanırken, modelin 12 hemşire için çalıştırılması sonucu oluşan alternatif çizelgede 24720TL'lik bir maliyete katlanmıştır. Hastane $25800-24720=1080$ TL tasarruf yapmıştır. Taleplerin karşılanması için hemşireler yine fazla mesai yapmak zorunda kalmıştır. Ancak hemşirelere atanan gece vardiyası sayısı birbirine daha yakın değerler olarak dengelenmeye çalışılmıştır. Mevcut durumda bir hemşire 13 gece vardiyasına atanırken diğer hemşireler ya hiç atanmamış ya da 7 gece vardiyasına veya 3 gece vardiyasına atanmışlardır. Elde edilen alternatif çizelgede ise süt izinli olan hemşireler hiç gece vardiyasına atanmazken diğer hemşireler 9 gece vardiyası, 10 gece vardiyası gibi arasında çok az fark olan sayıda gece vardiyalarına atanmıştır.

3.2. Hemşire Sayısındaki Değişiklikler Sonucu Oluşan Çizelgeler Ve Karşılaştırma Sonuçları

Bilindiği gibi seçilen bölümler de toplamda 12 hemşire görev yapmaktadır. Matematiksel modelin sistemde 13 ve 14 hemşire olduğu durumdaki davranışını ölçmek için her iki hemşire sayısı için ayrı ayrı çalıştırılması sonucu yeni alternatif çizelgeler elde edilmiştir. Elde edilen alternatif çizelgeler maliyetleri açısından karşılaştırılarak sırasıyla aşağıdaki tablolarda özetlenmiştir.

- Sistemde on iki yerine on üç hemşire olduğunda meydana gelen maliyet, fazla mesai, hafta sonu çalışma sayıları Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Matematiksel modelin çözümü sonucu oluşan çizelge için çalışma durumu ve oluşan maliyetler (13 hemşire için)

Hemşireler	Ayda Çalışılan Saat	Çalışılan Gece Vardiyası Sayısı	Çalışılan Hafta Sonu Sayısı	Fazla Mesai	Eksik Mesai	Mesai Maliyeti	Maliyet
1	144	0	4		-16	-160	1440
2	128	0	4		-32	-320	1280
3	200	8	4	40		400	2000
4	200	8	4	40		400	2000
5	192	8	5	32		320	2000
6	184	7	4	24		240	1920
7	216	9	5	56		560	1840
8	216	9	4	56		560	2160
9	192	8	4	32		320	1920
10	176	7	5	16		160	1760
11	176	5	5	16		160	1760
12	176	7	4	16		160	1760
13	200	8	4	16		400	2000
Toplam Maliyet=							24000

13 hemşire için elde edilen yani alternatif çizelgede; fazladan çalıştırılan 1 hemşire sayesinde diğer hemşireler üzerindeki yük azalmış, hemşirelerin yapmış oldukları fazla mesai azalmıştır. Bu durumda azalan fazla mesai maliyetleri eklenen 1 hemşire için katlanılacak olan maliyeti amorti etmiştir. Aynı zamanda 13 hemşire için oluşturulan çizelgede çizelge de hemşirelere atanan gece vardiyası sayıları birbirlerine çok yakın değerler olarak (8 gece vardiyası, 7 gece vardiyası, 9 gece vardiyası) dengelenmiştir. Yine oluşturulan bu çizelgede hemşirelere atanan hafta sonu vardiya sayısı da birbirine çok yakın değerler olarak dengelenmiştir. Bu durum aynı hemşireler üzerindeki yükü azaltırken aynı zaman da hemşireler arasında oluşabilecek sorunlara da engel olacaktır.

- Sistemde on üç yerine on dört hemşire olduğunda meydana gelen maliyet, fazla mesai, hafta sonu çalışma sayıları Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. Matematiksel modelin çözümü sonucu oluşan çizelge için çalışma durumu ve oluşan maliyetler (14 hemşire için)

Hemşireler	Ayda Çalışılan Saat	Çalışılan Gece Vardiyası Sayısı	Çalışılan Hafta Sonu Sayısı	Fazla Mesai	Eksik Mesai	Mesai Maliyeti	Maliyet
1	120	0	4		-40	-400	1200
2	120	0	4		-40	-400	1200
3	192	8	4	32		320	1920
4	176	7	4	16		160	1760
5	192	8	4	32		320	1920
6	176	7	4	16		160	1760
7	168	7	3	8		80	1680
8	192	7	5	32		320	1920
9	176	7	5	16		160	1760
10	160	5	4	0		0	1600
11	168	5	4	8		80	1680
12	176	7	4	16		160	1760
13	192	8	4	32		320	1920
14	192	8	4	32		320	1920
Toplam Maliyet=							24000

14 hemşire için çalıştırılan modelde ise hemşirelerin ayda çalıştıkları toplam saat birbirine ve standart olan 160 saate çok yaklaşmıştır. Eklenen 2 hemşire diğer hemşireler üzerindeki iş yükünü azaltarak fazla mesai maliyetlerini azaltmıştır. Tablolar incelendiğinde atanan gece vardiyası sayısı ve hafta sonu vardiyası sayısının bölümlerde on üç ya da on dört hemşire olması durumunda daha dengeli olduğu görülmektedir. Bu nedenle mevcut durum için önerilen yeni çizelge ile birlikte hemşire sayısının on üç ve on dört olduğu durumlarda oluşan çizelgeler bir sonraki bölümde çeşitli kriterler açısından karşılaştırılmıştır.

3.3. Alternatif Çizelgelerin Maliyet Ve Çalışma Günleri Bakımından Karşılaştırılması

Çalışma Günleri Bakımından Karşılaştırma

Bölümler için elde edilen yeni alternatif çizelge ve hemşire sayılarının değişmesi sonucu elde edilen çizelgeler ayda çalışılan saat sayısı, gece vardiyası sayısı, hafta sonu sayısı ve maliyetler bakımından karşılaştırılmıştır. Bölümlerdeki hemşirelerin mevcut sistem ve alternatif hemşire sayılarına göre çalışılan saat bakımından karşılaştırmaları

Tablo 6’da, çalışılan hafta sonu sayısı bakımından karşılaştırılmaları Tablo 7’de, çalışılan gece vardiyası sayısı bakımından karşılaştırılmaları Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 6. Mevcut durum ile alternatif çizgelere ayda çalışılan saat bakımından karşılaştırılması

Hemşireler	Mevcut durumda (12 hemşire için) ayda çalışılan saat	12 hemşire için yeni çizge sonucu ayda çalışılan saat	13 hemşire için ayda çalışılan saat	14 hemşire için ayda çalışılan saat
1	214	144	144	120
2	218	152	128	120
3	232	232	200	192
4	196	224	200	176
5	230	192	192	192
6	196	216	184	176
7	226	200	216	168
8	224	224	216	192
9	214	224	192	176
10	222	232	176	160
11	204	216	176	168
12	204	216	176	176
13			200	192
14				192

Tablo 6 incelendiğinde, mevcut durum ve önerilen alternatif çizge sonucu oluşan yeni çizge karşılaştırıldığında önerilen çizgenin ayda çalışılan saat bakımından daha dengeli ve adil olduğu görülmektedir. Aynı zamanda farklı hemşire sayıları dikkate alındığında da mevcut duruma göre dengeleme ve iş yükü bakımından iyileşme sağlanmıştır.

Tablo 7. Mevcut durum ile alternatif çizelgelerin gece vardiyası sayısı bakımından karşılaştırılması

Hemşireler	Mevcut durumda (12 hemşire için) çalışılan hafta sonu sayısı	12 hemşire için yeni çizelge sonucu çalışılan hafta sonu sayısı	13 hemşire için çalışılan hafta sonu sayısı	14 hemşire için çalışılan hafta sonu sayısı
1	4	3	4	4
2	4	6	4	4
3	4	5	4	4
4	7	6	4	4
5	4	4	5	4
6	4	3	4	4
7	4	3	5	3
8	4	3	4	5
9	6	5	4	5
10	4	5	5	4
11	6	5	5	4
12	5	6	4	4
13			4	4
14				4

Tablo 7 incelendiğinde, mevcut durum ve önerilen alternatif çizelge sonucu oluşan yeni çizelge karşılaştırıldığında önerilen çizelgenin çalışılan hafta sonu sayısı bakımından daha dengeli ve adil olduğu görülmektedir. Böylece hemşireler arasında iş yükünden dolayı oluşabilecek sorunların önüne geçilebilecektir. Aynı zamanda farklı hemşire sayıları dikkate alındığında da mevcut duruma göre iyileşme sağlanmıştır.

Tablo 8. Mevcut durum ile alternatif çizelgelerin çalışılan hafta sonu sayısı bakımından karşılaştırılması

Hemşireler	Mevcut durumda (12 hemşire için) çalışılan gece vardiyası sayısı	12 hemşire için yeni çizelge sonucu çalışılan gece vardiyası sayısı	13 hemşire için çalışılan gece vardiyası sayısı	14 hemşire için çalışılan gece vardiyası sayısı
1	7	0	0	0
2	7	0	0	0
3	11	10	8	8
4	0	9	8	7
5	13	6	8	8
6	0	9	7	7
7	10	7	9	7
8	8	9	9	7
9	7	9	8	7
10	10	10	7	5
11	3	9	5	5
12	0	9	7	7
13			8	8
14				8

Tablo 8 incelendiğinde, mevcut durum ve önerilen alternatif çizelge sonucu oluşan yeni çizelge karşılaştırıldığında önerilen çizelgenin çalışılan gece vardiyası sayısı bakımından sapmalarının daha az görülmektedir. Mevcut durumda sapma miktarı $13-7=6$ iken; önerilen yeni çizelgede $10-6=4$, 13 hemşire olduğunda $8-5=3$ ve 14 hemşire olduğunda da bu sayı değişmemiştir. Süt izinli olan hemşirelerin gece vardiyasına atanmaması da sağlanarak yasal kısıtlar da sağlanmıştır.

Maliyet Açısından Karşılaştırma

12 hemşire için:

Mevcut durumda hastane aylık 25800TL'lik aylık maliyete katlanırken oluşturulan yeni çizelgede 24720TL'lik bir maliyete katlanmıştır. Hastane $25800-24720=1080$ TL tasarruf yapmıştır.

13 hemşire için:

Bu durumda hastane 24000TL maliyete katlanmıştır. Mevcut durumda 25800TL maliyete katlanırken; oluşturulan bu çizelgede hemşireler üzerindeki yük azalarak hem hizmet kalitesinde artış hem de maliyette **25800TL-24000TL=1800TL** tasarruf etmiştir.

14 hemşire için:

14 hemşire için hastane tarafından katlanılan maliyet ile 13 hemşire için katlanılan maliyet birbirine eşit çıkarken hemşireler üzerindeki iş yükü azalmıştır. 14 hemşire için çalıştırılan modelde ise hemşirelerin ayda çalıştıkları toplam saat birbirine ve standart olan 160 saate çok yaklaşmıştır. Atanan gece vardiyası sayısı ve hafta sonu vardiyası sayısı dengelenmiştir. Eklenen 2 hemşire diğer hemşireler üzerindeki iş yükünü azaltarak fazla mesai maliyetlerini azaltmıştır. Bu durumda hastane **25800TL-24000TL=1800TL** tasarruf yapmıştır.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

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. Gelişmiş pek çok ülke bu problemi yapılan araştırmalar ve geliştirilen modellerle çözmüş olmasına rağmen ülkemizde bu uygulamalar neredeyse hiç kullanılmamakta ve hala sorumlular tarafından manuel olarak oluşturulan çizelgeler hastanelere büyük maliyet getirmekte ve hemşireler dengesiz, adaletsiz bir çalışma programı sunmaktadır.

Yapılan çalışmada ulaşılmak istenen amaç, müşteri memnuniyetini ve hemşire memnuniyetini sağlamak, en az maliyetle en adil çizelgeyi elde etmektir. Çalışmada, Ankara'daki Özel bir hastanenin 3.katı ve Genel Yoğun Bakım katındaki hemşireler seçilmiştir. Hemşire ve hastane beklentileri ile ilgili yapılan gözlem ve toplam bilgiler ışığında, problemin çözümü için bir matematiksel model hazırlanarak çözüm yapılmıştır.

Çözüm sonucunda, hastaneye yeni çizelge önerisi getirilerek, mevcut durum ve önerilen durumda ortaya çıkan alternatiflerin tümü, çalışılan hafta sonu sayıları, ayda çalışılan toplam saatler, hemşirelere atanan gece vardiyası sayıları ve maliyetler açısından karşılaştırılmıştır.

Önerilen çizelgeler ile vardiyaların eşit dağılımı yapılarak, çalışan hemşirelerin memnuniyeti sağlanmış, aynı zamanda hastane açısından da maliyeti azaltıcı yönde iyileştirmeler yapılmıştır. Ayrıca aylık nöbet çizelgesi hazırlama işlemi çok zaman alan bir iş olduğu için bu çalışma ile sorumlu hemşirenin iş yükü azalmıştır. Çizelgeler

hazırlanırken oluşabilecek yanlışlığı ortadan kaldırarak vardiyaların eşit dağılımı sağlanmış ve çalışan hemşirelerin memnuniyeti ve hastalara bakım kalitesi de artmıştır.

KAYNAKLAR

- Atmaca, E., Pehlivan, C., Aydoğdu, C.B., Yakıcı, M., “ Hemşire Çizelgeleme Problemi Ve Uygulaması”, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Kayseri, Türkiye, 28(4), 351-358, (2012).
- 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).
- 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).
- Biroğul, S., “Genetik Algoritma Yaklaşımıyla Atölye Çizelgeleme”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, (2005).
- Brunner JO, Bard JF. ve Kolisch R., “ Flexible Shift Scheduling of Physicians”, Health Care Management Science, 12:285-305, (2009).
- 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).
- 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).
- Chiaramante, M., Cochran, J., Coswell, D., “Nurse Preference Rostering Using Agents AND Iterated Local Search”, ANNALS of Operation Research, Vol.226, Number 1, 443-461, (2015).
- Çetin, E.D., Kuruüzüm, A., Irmak, S., “Ekip Çizelgeleme Probleminin Küme Bölme Modeli ile Çözümü”, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, 3(4), 47-54, (2008).
- Daban, F., Özdemir, E.,“Eğitimde Verimliliği Artıran Ders Programlarının Hazırlanması İçin Genetik Algoritma Kullanımı”, Journal of Educational Sciences&Practices, 3 (6), 245-257, (2004).

- Engin, O., Fırlalı, A., “Akış tipi çizelgeleme problemlerinin genetik algoritma yardımı ile çözümünde uygun çaprazlama operatörünün belirlenmesi”, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 6, 27-35, (2002).
- Ersoy, E., “Final Exam Scheduler”, *Yeditepe Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü Engineering Project Report*, 57s, İstanbul, (2004).
- Huang, F., “A Primary Shift Rotation Nurse Scheduling Using Zero-One Linear Goal Programming”, *Computers in Nursing*, Vol.17, No.3, 135-144, (1999).
- 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, (2003).
- Jan, A., Yamamoto, M., Ohuchi, A., “Evolutionary Algorithms For Nurse Scheduling Problem”, *Proceedings of the 2000 congress on evolutionary computation*, 1, 196-203, (2000).
- Kalender, M., “Ders Çizelgeleme Programı”, *TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, 2006-2007 Öğretim Yılı Proje Yarışması*, İstanbul, (2007).
- 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).
- Kaya, S., “Operasyonel Sabit İş Çizelgeleme Problemlerinin Genetik Algoritmalar ile Çözümü”, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Konya, (2006).
- Maenhout, P.D., Mahar, S., “An Integrated Nurse Staffing And Scheduling Analysis For Longer Term Nursing Staff Allocation”, *Omega*, Vol.41, Number 6, 485-499, (2013).
- Millar, H.H., Kiragu, M. (1998): "Cyclic and non-cyclic scheduling of 12 h shift nurses by network programming ", *European Journal of Operational Research* 104, 582-592.
- Özcan, E., “Memetic Algorithms for Nurse Rostering”, *Lecture Notes in Computer Science*, Springer-Verlag, 3733, 482-492, (2005).
- 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).

- Topaloğlu, Ş. ve Selim, H., “Nurse Scheduling Using Fuzzy Modeling Approach”, Fuzzy Sets and Systems, Vol.161, Issue 11, 1543-1563, (2010).
- Topaloğlu, Ş., Özkarahan, İ., "An Implicit Goal Programming Model for the Tour-Scheduling Problem Considering the Employee Work Preferences", Annals of Operations Research, Special Issue on Staff Scheduling and Rostering, 128, 135-158, (2004).
- Trivedi, V.M., “A Mixed-Integer Programming Model For Nursing Budgeting”, Operations Research, 29, 1019-1034, (1981).
- Tuncel, H., “Askeri Nöbet Çizelgelerinin Genetik Algoritma Kullanılarak En İyilenmesi”, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Tezi, Eskişehir, (2005).
- Warner, D., M., “Scheduling Nursing Personnel According to Nursing Preference: A Mathematical Programming Approach”, Operations Research, Vol. 24, No. 5, 842-856, (1976).
- Wong, T.C., Xu, M., Chin, K.S., “A Two-stage heuristic approach for nurse scheduling problem: A Case Study In An Emergency Department”, Computers&Operations Research, Vol. 51, 99-110, (2014).
- Wright, P.D., Mahar, S., “Centralized Nurse Scheduling To Simultaneously Improve Schedule Cost And Nurse Satisfaction”, Omega, Vol.41, Number 6, 1042-1052, (2013).
- 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).