

HEMŞİRE ÇİZELGELEME SORUNUNA BİR ÇÖZÜM ÖNERİSİ VE BİR UYGULAMA

Dr. Meltem KARAATLI

Süleyman Demirel Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü,
meltemay@iibf.sdu.edu.tr

Prof. Dr. İbrahim GÜNGÖR

Akdeniz Üniversitesi, Alanya İşletme Fakültesi, igungor@akdeniz.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, en önemli hizmet sektörlerinden biri olarak görülen hastanelerde 7 gün 24 saat çalışan hemşirelerin çalışma çizelgelemesi konusu araştırılmaktadır. Mevcut hemşirelerin iş yoğunluklarına göre, daha etkili bir şekilde kullanılabilmesi için, bulanık çok amaçlı doğrusal bir model önerisinde bulunulmuştur. Bu çalışma ile optimum vardiyalar ve bu vardiyalarda çalışacak hemşire sayıları belirlenmiştir. Tur planlaması için üç adımlı sezgisel bir atama algoritması önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hemşire Çizelgeleme, Doğrusal Programlama, Sezgisel Atama Algoritması, Bulanık Ortam

PROPOSING A SOLUTION TO THE NURSE SCHEDULING PROBLEM AND A CASE STUDY

ABSTRACT

In the study, the scheduling of nurses working for 7 days and 24 hours in the hospitals that are seen one of the most crucial service sectors is analysed. In accordance with the current workloads of the nurses, a multi-purpose fuzzy linear model is proposed for an efficient utilisation. Through the study, the optimal shifts and the numbers of the nurses to work in these shifts are determined. Three-step heuristic assignment algorithm is proposed in the following stage of the problem for tour planning.

Keywords: Scheduling of Nurses, Linear Programming, Heuristic Assignment Algorithm, Fuzzy Environment

1. GİRİŞ

Çizelgeleme problemleri yasal düzenlemeler ve verilen hizmetin kalitesiyle ilgili kısıtların karşılanması, aynı zamanda personel maliyetlerinin minimize edilmesi için vardiyalarda çalışacak personelin dağıtımının yapılmasıyla ilgili problemlerdir (Lodree v.d., 2009:42).

Çizelgeleme problemleri bir iş yerinde çalışan işçilerin planlama dönemi boyunca çalışma çizelgelerinin nasıl belirlenebileceği ile ilgili problemlerdir. Çizelgeleme problemlerinin birçok uygulama alanı bulunmaktadır. Bu uygulama alanlarının başında hastaneler ve sağlık merkezleri gelmektedir.

Bu çalışmada da, 7 gün 24 saat hizmet veren hastanelerde çalışan hemşirelerin çalışma çizelgeleri konusu araştırılmaktadır. Hastanelerde vardiyalı çalışma sistemi uygulanmaktadır. Bu sistem uygulanırken etkin bir çizelgeleme yapılması hastane yönetiminin isteklerinin tam olarak karşılanmasını sağladığı kadar, hemşirelerin de beklentilerini karşılayarak daha verimli çalışmalarını sağlayacaktır. Ayrıca hastaların güvenliği ve sağlığı açısından yararlı olacağı tartışılmaz bir gerçektir.

Hastanelerde daha kaliteli bir hizmet verebilmek için, çalışan hemşirelerin hasta yoğunluğuna göre planlanması gerekmektedir. Hemşire sayısının az olması iş yükünü arttıracığından hizmet kalitesini düşürecektir. Hizmet kalitesinin düşmesi ise hastalar açısından olumsuz sonuçlara neden olabilmektedir. Çalışan sayısının fazla olması da maliyetleri arttırmaktadır.

Hastanelerde genellikle, birimin sorumlu hemşiresi tarafından tecrübe ve deneyimlerine göre ve hasta yoğunluğunu dikkate alarak aylık manuel olarak hemşire çizelgeleme yapılmaktadır. Ancak bu çizelgeler çok etkin ve verimli olmamaktadır. Hemşireler arasında adaletli bir dağıtım yapılmamakta ve hemşire istekleri yeterince yerine getirilememekte, hasta ihtiyaçları tam olarak karşılanamamaktadır.

Sağlık hizmeti veren merkezlerde ihtiyaçların tam olarak karşılanabilmesi, planlama periyoduna her hemşirenin vardiyalara nasıl atanacağına belirlenmesi açısından hemşire çizelgeleme problemleri önem arz etmektedir. Çizelgelemenin en önemli amaçlarından birisi optimizasyondur. Değişik çözüm yöntemleri uygulanarak, en düşük maliyetle toplam iş gereksinimleri karşılanmaya çalışılır (Naidu v.d., <http://people.ee.duke.edu/~yy/publications/scheduling.pdf>).

Bir hemşire çizelgeleme probleminde karşılaşılabilecek kısıtlar: hemşire işyükü (minimum/maksimum), ardışık çalışma günü (minimum/maksimum), hemşire yetenek seviyeleri ve kategorileri, hemşire tercihleri ve ihtiyaçları, hemşire izin günleri (minimum/maksimum/ardışık izin günleri), çalışma vardiyaları arasında boş zamanlar (minimum), vardiya tipi atamaları (maksimum vardiya tipi, her vardiya tipi için ihtiyaçlar), tatiller ve yıllık izinler, hemşire tipleri/grupları arasındaki kısıtlar (bazı hemşire gruplarının birlikte çalışması uygundur veya değildir gibi), vardiyalar arasındaki kısıtlar, herhangi bir vardiya için personel talebi (minimum/maksimum) ya da hemşirelerin ihtiyaçları olarak gösterilebilir (Cheang vd., 2003:449).

Hemşire çizelgeleme problemleri için çözüm teknikleri önce doğrusal programlama ile başlamıştır. Problemlerin yapısı karmaşıklıktıkça sezgisel ve metasezgisel yöntemler uygulanmaya başlamıştır.

Bu çalışmada, iki aşamalı bir yapı önerilmiştir. İlk olarak, bulanık çok amaçlı doğrusal bir model önerilerek optimum vardiyalar ortaya konulmuştur. Optimum vardiyalar belirlenirken mevcut hemşire sayısı ve gün içindeki iş yoğunlukları göz önünde bulundurulmuştur. İkinci aşamada; optimum vardiyalar kullanılarak, tur planlaması yapılmıştır. Tur planlaması için üç adımlı bir sezgisel atama algoritması önerilmiştir. Bu algoritmaya göre, planlama döneminin sonunda her hemşireye atanan vardiyaların toplam işgücü-saatler açısından sapma değeri "0" olduğu için optimum bir atama gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda, bu algoritma her hemşireye farklı vardiya türlerinden atamaları ve izin miktarlarını eşitlemektedir. Yani, her hemşireye planlama dönemi sonunda, her vardiya türünden ve izin gününden eşit sayıda atandığı görülmektedir. Çalışmada gerçek veriler kullanılarak Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesinin genel cerrahi biriminde bir uygulama yapılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde literatür araştırmasına, üçüncü bölümünde önerilen bulanık çok amaçlı doğrusal modele, dördüncü bölümde önerilen sezgisel atama algoritmasına, beşinci bölümde uygulamaya, son olarak da sonuca yer verilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Vardiya çizelgeleme problemlerine literatürde çok sık rastlanmaktadır. Vardiya çizelgeleme konusundaki tamsayılı matematiksel modellerden ilki 1954 yılında George Dantzig tarafından, ikincisi de 1979 yılında Elbridge Keith tarafından geliştirilmiştir. Bechtold ve Jacobs (1990), Aykin (1996), Thompson (1996), vb. vardiya çizelgelemesi yapmak üzere tam sayılı matematiksel modeller geliştirmişlerdir (Sungur, 2008:212).

Daha sonraki yıllarda yapılan bazı çalışmalar şöyle sıralanabilir: Kwak ve Lee, bir sağlık merkezinde çalışan doktorlar, hemşireler ve teknik elemanların mevcut vardiyalara atanmasını sağlayacak bir model ortaya koymuşlardır. Çalışma hedef programlama olarak formüle edilmiştir. Sırasıyla, tüm personele ödenen ücretlerin minimizasyonu, doktor kullanım hedefi yani belirli bir periyotta, belirli bir departmanda, belirli bir düzeyde doktorun bulunmasını sağlamak, doktor atama hedefi yani doktorların uygun bir oranda tutulmasını sağlamak, hemşire kullanım hedefi yani hemşire-doktor oranı doğrultusunda uygun miktarda hemşire atamasını sağlayabilmek, teknik eleman kullanım hedefi yani teknik eleman-doktor oranı doğrultusunda uygun miktarda teknisyen atamasını sağlamak olmak üzere beş amaç yer almaktadır. Çalışmada ilk iki amaç tamamen başarılırken diğer üç amaç kısmen başarılmıştır (Kwak ve Lee, 1997:129-140).

Millar ve Kiragu, 12 saatlik vardiyalarda çalışan hemşireler için ağ programlama ile vardiya ve tur planlaması için bir matematiksel model üzerinde çalışmışlardır. Modelde, Balakrishnan and Wong (1990) en kısa yol olarak bilinen algoritmayla, yazarların geliştirdikleri sezgisel bir algoritmayı birleştirerek yeni bir çalışma ortaya koymuşlardır. Model kısıt çeşitliliğine izin veren oldukça esnek bir modeldir (Millar ve Kiragu, 1998:582-592).

Huarng, 0-1 tamsayılı doğrusal hedef programlama modeli ortaya koymuştur. Çalışmada, hemşire tercihleri dikkate alınmış, çalışanlar arasında adil bir dağılım sağlanmıştır. Personelin acil izin ihtiyaçlarına cevap verebilen ve mümkün olduğu kadar izin günleri tercihlerini dikkate alan bir çalışmadır. Vardiya atamaları yapılırken özellikle herhangi bir 3 ardışık gün için, gündüz vardiyası-gece vardiyası-izin, akşam vardiyası-gece vardiyası-izin, izin-gündüz vardiyası-izin, izin- akşam vardiyası-izin, izin-gece vardiyası-izin üçlemesinden kaçınılması gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca kıdemli hemşirelere zorunlu olmadıkça fazla mesai verilmemesine dikkat edilmiştir (Huarng, 1999:135-144).

Jan ve arkadaşları, hemşire çizelgeleme problemleri için bir özel bir genetik algoritma olan evrimleşme algoritması incelemişlerdir. Bu algoritmayı klasik genetik algoritmadan ayırmak için cooperative genetik algoritması adı verilmiştir. Bu evrimleşme algoritması, klasik genetik algoritmadan farklı olarak, problemin final çözümü olarak hem giriş çizelgesinin optimizasyonu hem de tek tek hemşirelerin uygunluğunun optimizasyonunu aynı anda yapmaktadır. Bu çalışmada 15 hemşirenin gündüz, gece ve gece yarısı olmak üzere 3 vardiyada çalıştığı 30 günlük bir tur planlama yapılmış ve hemşire tercihleri dikkate alınmıştır (Jan v.d., 2000:196-203).

Kawanaka ve arkadaşları, 6 değişik vardiya, 18 hemşirenin yer aldığı ve hemşirelerinin yetenek seviyelerine göre ayrıldığı 30 günlük bir tur planlama çalışması yapmışlardır. Bu çalışmada da hemşire tercihleri dikkate alınmıştır. Çalışmada öncelikle 6 tane kati kısıtın yer aldığı klasik bir bilgisayar programı yazılmıştır. Ayrıca çalışmada hemşire isteklerinin dikkate alındığı arzu edilebilir kısıtlar tanımlanmış ve 0 ile 1 arasında ağırlıklar verilmiştir. Bu ağırlıklar önem derecesine göre en yüksek önem seviyesi 1 olmak üzere belirlenmiş ve uygunluk fonksiyonunun katsayıları olarak kullanılmıştır. Daha sonra aynı bilgisayar programı üzerinde genetik algoritma uygulanmıştır. Her iki yöntem birbiriyle kıyaslanmış ve genetik algoritma yönteminin daha iyi sonuç verdiği kanısına varılmıştır (Kawanaka vd., 2001:1123-1130).

Güngör, çalışmasında tüm hemşirelerin kadrolu olduğu ve haftada 40 saat çalışılan, bir hastanenin hemşire planlaması için tam sayılı bir model üzerinde çalışmıştır. İki aşamalı bir model üzerinde çalışan Güngör, modelin ilk aşamasında, hemşirelik hizmetlerinin yerine getirilmesi için görevlendirilmesi gereken minimum hemşire sayısını, ikinci aşamasında ise, birinci aşamasında görevlendirilen hemşirelerin iki haftalık dönem için çalışma günleri, çalışma saatleri ve izin günlerini belirleyen bir çizelge ortaya koymuştur. Güngör, daha az işgücü maliyeti gerektiren, hastane yönetimi ve çalışanların memnuniyetini göz önünde bulunduran ve böylece hizmet kalitesinin artmasını sağlayan bir model ortaya koymuştur (Güngör, 2002:77-94).

Miwa ve arkadaşları, 10 hemşirenin çalıştığı bir birim için 14 günlük bir periyot için tur planlama çalışması yapmışlardır. Birimde uzman, daha az tecrübeli ve tecrübesiz olmak üzere üç farklı personel bulunmaktadır. Gündüz, gece ve gece yarısı vardiyası olmak üzere üç vardiya dikkate

alınmıştır. Yazarlar çalışmalarında bakteriyel evrimleşme algoritmasını kullanmışlardır. Bu algoritmanın en önemli avantajı hesaplama süresini kısaltmasıdır. Bakteriyel evrimleşme algoritması bakteri evrimleşmesi baz alınarak ortaya konulmuştur. Bakteriyel mutasyon ve gen transfer operasyonu olmak üzere iki ana operasyonu vardır. Bir kromozom bir aylık çizelgeden oluşturulur. Her gün hangi vardiyalar var ise gerekli hemşirelere dağıtılır. Bir günde iki hemşirenin vardiyaları birbirleri ile değiştirilerek mutasyon sağlanır (Miwa vd., 2002:1801-1805).

Topaloğlu ve Özkarahan, 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. 8, 10 ve 12 saatlik vardiyaların kullanıldığı, mola pencereleri her vardiyanın ortasında yer alan, bir saatlik molaların söz konusu olduğu bir haftalık tur planlama yapılmıştır (Topaloğlu ve Özkarahan, 2004:135-158).

Isken, bir sağlık enstitüsünde başlama zamanı, kısmi zamanlı ve tam zamanlı çalışma esnekliği içeren bir tur planlama problemi üzerinde çalışmıştır. Çalışmada molalar göz ardı edilmiştir (Isken, 2004:91-109).

Azaizez ve Sharif, Suudi Arabistan'da bir hastanede 0-1 tamsayı hedef programlama yaklaşımıyla bir hemşire çizelgelemesi problemini incelemişlerdir. Hem hemşire tercihlerine hem de hastane amaçlarını karşılayan, gereksiz fazla mesai ve ek maliyetlerden kaçınan, hemşire becerilene uygun bir model ortaya çıkarmışlardır. Çalışmada öncelikle hemşire tercihlerine göre bir planlama yapabilmek için bir ön çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada hemşirelere anket soruları yöneltilmiştir (Azaizez ve Sharif, 2005:491-507).

Brunner ve arkadaşları 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 psikiyatlara 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. Uygulama tatmin edici bir sonuç sağlamıştır (Brunner v.d., 2009: 285-305).

Topaloğlu ve Selim, bulanık çok amaçlı programlama kullanarak bir hemşire çizelgeleme modeli ortaya koymuşlardır. Çalışma tur planlama olarak düşünülmüştür. İki haftalık çalışma periyodu dikkate alınmıştır. Çalışmada dikkate çeken en önemli husus hemşirelerin istedikleri izin günleri ve vardiya tiplerine atanmasını sağlamak için kişisel tercihlerini dikkate alan iki terim belirlenmiştir. Bu iki terim tercih değeri ve tercih skoru olarak adlandırılmıştır. Her tercih sıralanan kategorilerden birine atanmalıdır. Bu çalışmada basit, ciddi, şiddetli ve uç olmak üzere dört tercih belirlenmiş ve bu tercihlere küçükten büyüğe olmak üzere dört farklı tercih değeri ve tercih skoru verilmiştir. Her hemşirenin tercihi bu dört tercihten biri olmalıdır. 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 (Topaloğlu ve Selim, 2009:54-63).

3. ÖNERİLEN BULANIK ÇOK AMAÇLI DOĞRUSAL MODEL

Bu çalışmanın temel amacı, mevcut hemşire sayısı dikkate alınarak iş yoğunluklarına göre optimum bir çizelgeleme yapmaktır. Çalışmada iki aşamalı bir model önerisinde bulunulmuştur. İlk olarak, bulanık çok amaçlı doğrusal model önerilmiştir. İkinci aşamada; optimum vardiyalar kullanılarak tur planlaması için sezgisel, üç adımlı bir atama algoritması önerilmiştir.

Önerilen bu modelde bulanık bir yapı dikkate alınmıştır. Bulanık mantık kuramı ilk kez Azerbaycan Türkü Prof. Lotfi A. Zadeh tarafından ortaya atılmıştır (Şen, 1999:6). Bulanık küme teorisinde üyelikten üye olmamaya geçiş derecelendirilmiştir. Bu şekilde belirsizliğin ölçülebilmesinde güçlü ve anlamlı araçlar sunmasının yanı sıra, doğal dilde ifade edilen belirsizlik kavramının anlamlı bir şekilde temsil edilebilmesi sağlanmaktadır (Murat ve Uludağ, 2008:4367).

Vardiya planlaması problemlerinde ise amaçların bir kısmının belli bir amaç değerine eşit veya civarında olması isteniyorsa, önerilen vardiya planlaması modelinin bu isteklere uygun olacak şekilde düzenlenerek bulanık çok amaçlı vardiya planlaması modeli kurulması gerekmektedir (Güngör, 2005:80).

Bu çalışmada öncelikle bir hemşirenin günde en az 5 saat, en fazla 12 saat çalışabileceği kabul edilip olası vardiyalar Tablo 1'de gösterilmiştir. 12 saatten fazla süren çalışmanın hemşirelerde yorgunluğa, uykusuzluğa, dikkat bozukluğuna yol açarak hasta bakımını ve güvenliğini etkileyebileceği için en fazla 12 saatlik vardiya kullanılmıştır (Bilazer v.d., 2008:12). En geç gece saat 23.00' de ve sabah ise en erken saat 7.00' de biten vardiyalar dikkate alınmıştır. Saat 24.00-06.00 arasında herhangi bir vardiya başlangıcı veya bitişi dikkate alınmamıştır. Bu saatler arasında personelin hastaneye gelmesi ya da iş çıkışı eve ulaşabilmesi hastanelerde servis olanağı bulunmadığı ve toplu taşıma araçlarının bu saatlerde çalışmamasından dolayı göz ardı edilmiştir. Ancak daha önceki saatlerde başlayıp ve en erken 07.00' de bitecek olan vardiyalarda görev yapan hemşireler için ulaşım açısından bir sıkıntı yaşanmayacağı düşünülmüştür. Dolayısıyla olası vardiya çizelgelerinin sayısı 75 olarak belirlenmiştir. Bu çalışma çizelgeleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1'in ilk üç satırında, günlük iş süresi içindeki planlama periyotları ve numaraları, birinci sütunda vardiya çizelgelerinin numaraları yer almıştır. Tablonun diğer satırlarında ise, vardiyaların hangi saatler arasında yapıldığı gösterilmektedir. Vardiyaların yapısı, j vardiyası t planlama periyodunda çalışıyorsa $a_{tj}=1$, çalışmıyorsa $a_{tj}=0$ olarak düşünülmüş ama $a_{tj} = 0$ 'lar tabloda belirtilmemiştir.

Problemde öncelikle bulanık çok amaçlı doğrusal bir model formüle edilmiştir. Hedef programlama ile kurulan bu modelde, bir birinden kesin önceliği bulunan 3 amaç bulunmaktadır. Tablo 2' de yer alan detaylı modelde bu amaçlar açıklanacaktır.

Tablo 1: Uygulanabilme Olasılığı Olan Vardiya Çizelgeleri

j/t	Günlük İş Süresindeki Planlama Periyotları (saat olarak)																								S _j
	8:00-9:00	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00	21:00-22:00	22:00-23:00	23:00-24:00	24:00-01:00	01:00-02:00	02:00-03:00	03:00-04:00	04:00-05:00	05:00-06:00	06:00-07:00	07:00-08:00	
1	1																								5
2		1																							5
3			1																						5
4				1																					5
5					1																				5
6						1																			5
7							1																		5
8								1																	5
9									1																5
10										1															5
11											1														5
12	1											1													6
13		1											1												6
14			1											1											6
15				1											1										6
16					1											1									6
17						1											1								6
18							1											1							6

Alanya İşletme Fakültesi Dergisi2/1(2010)22-52

48															1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
49	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																		10
50		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																		10
51			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																	10
52				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																10
53					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1															10
54						1	1	1	1	1	1	1	1	1															10
55														1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
56															1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
57	1															1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
58	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																	11
59		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																11
60			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1															11
61				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1															11
62					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1															11
63													1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
64														1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
65	1														1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
66	1	1														1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
67	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																12
68		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																12
69			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1															12
70				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1															12
71												1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
72													1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
73	1													1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
74	1	1													1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
75	1	1	1													1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12

Bulanık çok amaçlı doğrusal modelin matematiksel formülasyonu aşağıda verilmiştir.

$$\text{MinZ} = - P_1B + P_2N + P_3\delta$$

Kısıtlar,

$$\sum_j a_{tj} X_j \geq D_t \quad (t \in T)$$

$$\sum_j X_j = M$$

$$\sum_j Y_j - B = 0$$

$$X_j - 2Y_j \geq 0 \quad (j=1,2,3,\dots,s)$$

$$\sum_j c_j X_j - k\delta - N = 0$$

$$0 \leq \delta \leq 1$$

$$X_j \geq 0 \text{ ve tamsayı}$$

$$Y_j = 0 \text{ veya } 1 \text{ (j. vardiyada çalışılıyorsa 1, değilse 0)}$$

Modelde kullanılan değişkenler;

X_j = j vardiyasında çalışacak hemşirelerin sayısı,

δ = k saatlik insan gücü miktarının kullanılma oranı,

Modelde kullanılan parametreler:

$J = \{ 1, 2, 3, \dots, s \}$,

$T = \{ 1, 2, 3, \dots, t \}$,

D_t = t planlama periyodu için gerekli hemşire sayısı,

M = Vardiya planlaması yapılan iş gününde çalışması uygun olan hemşire sayısı,

B = Atama yapılan Y'lerin toplamı,

N = Kullanılması gereken hemşire miktarı (işgücü/saat),

c_j = j numaralı vardiyanın uzunluğu,

$a_{tj} = 1$, j vardiyası t planlama periyodunu içeriyorsa,

$a_{tj} = 0$, j vardiyası planlama periyodunu içermiyorsa,

Bu modelde birbirinden öncelikli üç amaç yer almaktadır. Bu amaçlar şöyle açıklanabilir:

1. Birinci öncelikli amaç vardiya sayısının mümkün olduğunca azaltılabilmesi için Y'lerin toplamının maksimize edilmesi,

2. İkinci öncelikli amaç, tüm hemşirelerin toplam çalışma süresinin (işgücü/saat) minimize edilmesi,
 3. Üçüncü öncelikli amaç, birinci öncelikli amacın olabildiğince gerçekleşmesi için izin verilen k saatlik insan gücü miktarının minimize edilmesidir. (δ , k saatlik insan gücü miktarının kullanılma oranını ifade etmektedir.)

Tablo 2: Önerilen Vardiya Planlama Modeli

$Z_{\min} = -P_1B + P_2N + P_3\delta$ Kısıtlar; $X_1 + X_{12} + X_{22} + X_{31} + X_{40} + X_{49} + X_{57} + X_{58} + X_{65} + X_{66} + X_{67} + X_{73} + X_{74} + X_{75} \geq D_1$ (1) $X_1 + X_2 + X_{12} + X_{13} + X_{22} + X_{23} + X_{31} + X_{32} + X_{40} + X_{41} + X_{49} + X_{50} + X_{58} + X_{59} + X_{66} + X_{67} + X_{68} + X_7 + X_{75} \geq D_2$ (2) $X_1 + X_2 + X_3 + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{40} + X_{41} + X_{42} + X_{49} + X_{50} + X_{51} + X_{58} + X_{59} + X_{60} + X_{67} + X_{68} + X_{69} + X_{75} \geq D_3$ (3) $X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{40} + X_{41} + X_{42} + X_{43} + X_{49} + X_{50} + X_{51} + X_{52} + X_{58} + X_{59} + X_{60} + X_{61} + X_{67} + X_{68} + X_{69} + X_{70} \geq D_4$ (4) $X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} + X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} + X_{40} + X_{41} + X_{42} + X_{43} + X_{44} + X_{49} + X_{50} + X_{51} + X_{52} + X_{53} + X_{58} + X_{59} + X_{60} + X_{61} + X_{62} + X_{67} + X_{68} + X_{69} + X_{70} \geq D_5$ (5) $X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} + X_{27} + X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} + X_{36} + X_{40} + X_{41} + X_{42} + X_{43} + X_{44} + X_{45} + X_{49} + X_{50} + X_{51} + X_{52} + X_{53} + X_{54} + X_{58} + X_{59} + X_{60} + X_{61} + X_{62} + X_{67} + X_{68} + X_{69} + X_{70} \geq D_6$ (6) $X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} + X_{27} + X_{28} + X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} + X_{36} + X_{37} + X_{40} + X_{41} + X_{42} + X_{43} + X_{44} + X_{45} + X_{46} + X_{49} + X_{50} + X_{51} + X_{52} + X_{53} + X_{54} + X_{58} + X_{59} + X_{60} + X_{61} + X_{62} + X_{67} + X_{68} + X_{69} + X_{70} \geq D_7$ (7) $X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{19} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} + X_{27} + X_{28} + X_{29} + X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} + X_{36} + X_{37} + X_{38} + X_{40} + X_{41} + X_{42} + X_{43} + X_{44} + X_{45} + X_{46} + X_{49} + X_{50} + X_{51} + X_{52} + X_{53} + X_{54} + X_{58} + X_{59} + X_{60} + X_{61} + X_{62} + X_{67} + X_{68} + X_{69} + X_{70} \geq D_8$ (8) $X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{19} + X_{20} + X_{24} + X_{25} + X_{26} + X_{27} + X_{28} + X_{29} + X_{30} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} + X_{36} + X_{37} + X_{38} + X_{40} + X_{41} + X_{42} + X_{43} + X_{44} + X_{45} + X_{46} + X_{49} + X_{50} + X_{51} + X_{52} + X_{53} + X_{54} + X_{58} + X_{59} + X_{60} + X_{61} + X_{62} + X_{67} + X_{68} + X_{69} + X_{70} \geq D_9$ (9) $X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{19} + X_{20} + X_{21} + X_{25} + X_{26} + X_{27} + X_{28} + X_{29} + X_{30} + X_{33} + X_{34} + X_{35} + X_{36} + X_{37} + X_{38} + X_{41} + X_{42} + X_{43} + X_{44} + X_{45} + X_{46} + X_{49} + X_{50} + X_{51} + X_{52} + X_{53} + X_{54} + X_{58} + X_{59} + X_{60} + X_{61} + X_{62} + X_{67} + X_{68} + X_{69} + X_{70} \geq D_{10}$ (10) $X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{17} + X_{18} + X_{19} + X_{20} + X_{21} + X_{26} + X_{27} + X_{28} + X_{29} + X_{30} + X_{34} + X_{35} + X_{36} + X_{37} + X_{38} + X_{42} + X_{43} + X_{44} + X_{45} + X_{46} + X_{51} + X_{52} + X_{53} + X_{54} + X_{58} + X_{59} + X_{60} + X_{64} + X_{61} + X_{62} + X_{67} + X_{68} + X_{69} + X_{70} \geq D_{11}$ (11) $X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{17} + X_{18} + X_{19} + X_{20} + X_{21} + X_{27} + X_{28} + X_{29} + X_{30} + X_{35} + X_{36} + X_{37} + X_{38} + X_{43} + X_{44} + X_{45} + X_{46} + X_{52} + X_{53} + X_{54} + X_{58} + X_{59} + X_{60} + X_{61} + X_{62} + X_{67} + X_{68} + X_{69} + X_{70} + X_{71} \geq D_{12}$ (12)

$$X_9+X_{10}+X_{11}+X_{19}+X_{20}+X_{21}+X_{28}+X_{29}+X_{30}+X_{36}+X_{37}+X_{38}+X_{44}+X_{45}+X_{46}+X_{52}+X_{53}+X_{54}+X_{60}+X_{61}+X_{62}+X_{63}+X_{68}+X_{60}+X_{70}+X_{71}+X_{72} \geq D_{13} \quad (13)$$

$$X_{10}+X_{11}+X_{20}+X_{21}+X_{29}+X_{30}+X_{37}+X_{38}+X_{45}+X_{46}+X_{53}+X_{54}+X_{55}+X_{61}+X_{62}+X_{63}+X_{64}+X_{69}+X_{70}+X_{71}+X_{72}+X_{73} \geq D_{14} \quad (14)$$

$$X_{11}+X_{21}+X_{30}+X_{38}+X_{46}+X_{47}+X_{54}+X_{55}+X_{56}+X_{62}+X_{63}+X_{64}+X_{65}+X_{70}+X_{71}+X_{72}+X_{73}+X_{74} \geq D_{15} \quad (15)$$

$$X_{39}+X_{47}+X_{48}+X_{55}+X_{56}+X_{57}+X_{63}+X_{64}+X_{65}+X_{66}+X_{71}+X_{72}+X_{73}+X_{74}+X_{75} \geq D_{16} \quad (16)$$

$$X_{39}+X_{47}+X_{48}+X_{55}+X_{56}+X_{57}+X_{63}+X_{64}+X_{65}+X_{66}+X_{71}+X_{72}+X_{73}+X_{74}+X_{75} \geq D_{17} \quad (17)$$

$$X_{39}+X_{47}+X_{48}+X_{55}+X_{56}+X_{57}+X_{63}+X_{64}+X_{65}+X_{66}+X_{71}+X_{72}+X_{73}+X_{74}+X_{75} \geq D_{18} \quad (18)$$

$$X_{39}+X_{47}+X_{48}+X_{55}+X_{56}+X_{57}+X_{63}+X_{64}+X_{65}+X_{66}+X_{71}+X_{72}+X_{73}+X_{74}+X_{75} \geq D_{19} \quad (19)$$

$$X_{39}+X_{47}+X_{48}+X_{55}+X_{56}+X_{57}+X_{63}+X_{64}+X_{65}+X_{66}+X_{71}+X_{72}+X_{73}+X_{74}+X_{75} \geq D_{20} \quad (20)$$

$$X_{39}+X_{47}+X_{48}+X_{55}+X_{56}+X_{57}+X_{63}+X_{64}+X_{65}+X_{66}+X_{71}+X_{72}+X_{73}+X_{74}+X_{75} \geq D_{21} \quad (21)$$

$$X_{39}+X_{47}+X_{48}+X_{55}+X_{56}+X_{57}+X_{63}+X_{64}+X_{65}+X_{66}+X_{71}+X_{72}+X_{73}+X_{74}+X_{75} \geq D_{22} \quad (22)$$

$$X_{39}+X_{47}+X_{48}+X_{55}+X_{56}+X_{57}+X_{63}+X_{64}+X_{65}+X_{66}+X_{71}+X_{72}+X_{73}+X_{74}+X_{75} \geq D_{23} \quad (23)$$

$$X_{48}+X_{56}+X_{57}+X_{64}+X_{65}+X_{66}+X_{72}+X_{73}+X_{74}+X_{75} \geq D_{24} \quad (24)$$

$$X_1+X_2+X_3+X_4+X_5+X_6+X_7+X_8+X_9+X_{10}+X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}+X_{15}+X_{16}+X_{17}+X_{18}+X_{19}+X_{20}+X_{21}+X_{22}+X_{23}+X_{24}+X_{25}+X_{26}+X_{27}+X_{28}+X_{29}+X_{30}+X_{31}+X_{32}+X_{33}+X_{34}+X_{35}+X_{36}+X_{37}+X_{38}+X_{39}+X_{40}+X_{41}+X_{42}+X_{43}+X_{44}+X_{45}+X_{46}+X_{47}+X_{48}+X_{49}+X_{50}+X_{51}+X_{52}+X_{53}+X_{54}+X_{55}+X_{56}+X_{57}+X_{58}+X_{59}+X_{60}+X_{61}+X_{62}+X_{63}+X_{64}+X_{65}+X_{66}+X_{67}+X_{68}+X_{69}+X_{70}+X_{71}+X_{72}+X_{73}+X_{74}+X_{75} = M \quad (25)$$

$$Y_1+Y_2+Y_3+Y_4+Y_5+Y_6+Y_7+Y_8+Y_9+Y_{10}+Y_{11}+Y_{12}+Y_{13}+Y_{14}+Y_{15}+Y_{16}+Y_{17}+Y_{18}+Y_{19}+Y_{20}+Y_{21}+Y_{22}+Y_{23}+Y_{24}+Y_{25}+Y_{26}+Y_{27}+Y_{28}+Y_{29}+Y_{30}+Y_{31}+Y_{32}+Y_{33}+Y_{34}+Y_{35}+Y_{36}+Y_{37}+Y_{38}+Y_{39}+Y_{40}+Y_{41}+Y_{42}+Y_{43}+Y_{44}+Y_{45}+Y_{46}+Y_{47}+Y_{48}+Y_{49}+Y_{50}+Y_{51}+Y_{52}+Y_{53}+Y_{54}+Y_{55}+Y_{56}+Y_{57}+Y_{58}+Y_{59}+Y_{60}+Y_{61}+Y_{62}+Y_{63}+Y_{64}+Y_{65}+Y_{66}+Y_{67}+Y_{68}+Y_{69}+Y_{70}+Y_{71}+Y_{72}+Y_{73}+Y_{74}+Y_{75} - B = 0 \quad (26)$$

$$X_1 - 2Y_1 \geq 0 \quad (27)$$

$$X_2 - 2Y_2 \geq 0 \quad (28)$$

.

.

.

$$X_{75} - 2Y_{75} \geq 0 \quad (102)$$

$$5X_1+5X_2+5X_3+5X_4+5X_5+5X_6+5X_7+5X_8+5X_9+5X_{10}+5X_{11}+6X_{12}+6X_{13}+6X_{14}+6X_{15}+6X_{16}+6X_{17}+6X_{18}+6X_{19}+6X_{20}+6X_{21}+7X_{22}+7X_{23}+7X_{24}+7X_{25}+7X_{26}+7X_{27}+7X_{28}+7$$

$$X_{29}+7X_{30}+8X_{31}+8X_{32}+8X_{33}+8X_{34}+8X_{35}+8X_{36}+8X_{37}+8X_{38}+8X_{39}+9X_{40}+8X_{41}+9X_{42}+9X_{43}+9X_{44}+9X_{45}+9X_{46}+9X_{47}+9X_{48}+10X_{49}+10X_{50}+10X_{51}+10X_{52}+10X_{53}+10X_{54}+10X_{55}+10X_{56}+10X_{57}+11X_{58}+11X_{59}+11X_{60}+11X_{61}+11X_{62}+11X_{63}+11X_{64}+11X_{65}+11X_{66}+12X_{67}+12X_{68}+12X_{69}+12X_{70}+12X_{71}+12X_{72}+12X_{73}+12X_{74}+12X_{75}+2\delta-N=0 \quad (103)$$

$$0 \leq \delta \leq 1 \quad (104)$$

$$X_j \geq 0 \text{ ve tamsayı, } Y_j = 0 \text{ veya } 1$$

Sırasıyla kısıtlar açıklanacak olursa,

[1 -24] numaralı kısıtlar, Tablo 1'de verilen $a_{tj} = 1$ dikkate alınarak yazılmıştır. Bu kısıtlara, $a_{tj} = 0$ olan j değerleri ile ilgili X_j yazılmamıştır. Bu kısıtlar, t planlama periyodunda gerekli hemşire sayıları ile ilgili talebin yerine getirilmesini sağlayan bir kısıttır. Sağ taraftaki sabitler (D_t), t planlama periyodundaki gerekli olan hemşire sayısını ifade etmektedir. [25] numaralı kısıt, vardiya planlaması yapılan gün içinde çalışması uygun olan hemşire sayısı ile ilgili talebin yerine getirilmesini sağlar. Bu kısıtın sağ tarafındaki sabit (M), planlama yapılan gün içinde çalışması gereken hemşire sayısını ifade etmektedir. [26] numaralı kısıt, amaç fonksiyonunda gerçekleşmesi gereken birinci öncelikli amacın gerçekleşmesi için yazılmıştır. Birinci öncelikli amaca göre vardiya sayısının mümkün olduğunca azaltılması gerekmektedir. Tüm Y_j değişkenlerinin toplamı B değişkenine atanarak amaç fonksiyonunda B değişkeni maksimum yapılmaya çalışılır. [27-102] numaralı kısıtlar bir X_j vardiyasında en az 2 kişinin olması gerektiğini gösteren kısıttır. Bu kısıtı gösterebilmek için Y_j değişkeni tanımlanmıştır. Bu değişken 0 veya 1 değerini alabilmektedir. X_j değişkeni $2Y_j$ değişkenine atanmıştır. [103] numaralı kısıt, ikinci ve üçüncü öncelikli amacı modellemek için hazırlanmıştır. Birinci öncelikli amacın olabildiğince iyi seviyede gerçekleşmesi şartıyla kullanımına izin verilen 2 saatlik insan gücü miktarının gereksiz yere kullanımını engellemek gerekir. Bu kısıttaki 2δ terimi ve amaç fonksiyonundaki $P_3\delta$ terimine bu nedenle yer verilmiştir. δ değişkeni, 2 saatlik aylak insan gücü miktarının kullanılma oranını ifade etmektedir. Kullanılacak vardiya geçidi sayısının azaltılması için her gün için 2 saatlik fazla insan gücünün ortaya çıkmasına izin verilmekte ancak bu miktarın gereksiz yere kullanımını engellemek için δ değişkeni değeri minimize edilmektedir. Burada yer alan X_j değişkenlerinin katsayıları, Tablo 1 'de gösterilen vardiyaların net uzunluklarıdır. Kullanılacak insan gücü miktarını N değişkeni ifade eder. 104 numaralı kısıt, δ : k saatlik insan gücü miktarının kullanılma oranını ifade etmektedir. Bu değişkenin değeri daima 1 veya 1'den küçük olmak zorundadır.

Modelin optimum çözümünün bulunabilmesi için kullanılan parametreler yani sağ taraf sabitleri mevcut hemşire sayısından yararlanılarak ve iş yoğunluğu göz önünde bulundurularak ortaya konulmuştur.

Bu çalışmada mevcut hemşireler dikkate alınarak bir günde kaç hemşirenin çalışacağı ve kaç hemşirenin izin kullanacağını belirlemek gerekmektedir. Çünkü bu değerler Tablo 2'de açık hali gösterilen bulanık çok amaçlı doğrusal

modelde sağ taraf sabitleri olarak kullanılacaktır. Yasalara göre devlet memurları haftada 2 gün izin kullanmak zorundadır. Her hemşirenin haftada en az 2 gün izin kullandığı düşünülerek Tablo 3 düzenlenmiştir. Örneğin, pazartesi çalışmaya başlayan bir hemşire salı, çarşamba, perşembe, cuma günleri de çalışarak cumartesi ve pazar günleri izin kullanacaktır. Aynı şekilde salı günü işe başlayan bir hemşire çarşamba, perşembe, cuma, cumartesi günleri çalışıp pazar ve pazartesi günleri izinli olacaktır. Diğer günler içinde arka arkaya 5 gün çalışıp 2 gün izin kullanacak şekilde bir planlama yapıldığında Tablo 3'te ki gibi bir durum ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla, haftanın tüm günleri için, toplam 7 hemşirenin çalıştığı bir birimde, her gün 5 hemşire çalışırken 2 hemşire izinli olacaktır.

Tablo 3: Örnek Günlük Çalışma Planı

	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma	Cumartesi	Pazar
Hem. 1	*	*	*	*	*	izinli	izinli
Hem. 2	izinli	*	*	*	*	*	izinli
Hem. 3	izinli	izinli	*	*	*	*	*
Hem. 4	*	izinli	izinli	*	*	*	*
Hem. 5	*	*	izinli	izinli	*	*	*
Hem. 6	*	*	*	izinli	izinli	*	*
Hem 7	*	*	*	*	izinli	izinli	*

(*):Çalışan Hemşire

Tablo 4: Toplam Hemşire Sayısına Göre Günlük Çalışması Gereken Hemşire Sayısı

Top Hem.	(Top.Hem.Sys *5/7)	Çalışan Hem.	İzinli Hem. (TopHem-ÇışHem)	Küsurat	İzin Fazlası (küsurat *7)	Günlük Toplam Çış.Sr.(s a.) (çış hem*8)
I	II	III	IV	V	VI	VII
2	1,429	1	1	0,429	3	11,429
3	2,143	2	1	0,143	1	17,143
4	2,857	2	2	0,857	6	22,857
5	3,571	3	2	0,571	4	28,571
6	4,286	4	2	0,286	2	34,286
7	5	5	2	0	0	40

8	5,714	5	3	0,714	5	45,714
9	6,429	6	3	0,429	3	51,429
10	7,143	7	3	0,143	1	57,143
11	7,857	7	4	0,857	6	62,857
12	8,571	8	4	0,571	4	68,571
13	9,286	9	4	0,286	2	74,286
14	10	10	4	0	0	80
15	10,714	10	5	0,714	5	85,714
16	11,429	11	5	0,429	3	91,429
17	12,143	12	5	0,143	1	97,143
18	12,857	12	6	0,857	6	102,86
19	13,571	13	6	0,571	4	108,57
20	14,286	14	6	0,286	2	114,29
21	15	15	6	0	0	120
22	15,714	15	7	0,714	5	125,71
23	16,429	16	7	0,429	3	131,43
24	17,143	17	7	0,143	1	137,14
25	17,857	17	8	0,857	6	142,86
26	18,571	18	8	0,571	4	148,57
27	19,286	19	8	0,286	2	154,29
28	20	20	8	0	0	160
29	20,714	20	9	0,714	5	165,71
30	21,429	21	9	0,429	3	171,43
31	22,143	22	9	0,143	1	177,14
32	22,857	22	10	0,857	6	182,86
33	23,571	23	10	0,571	4	188,57

Tablo 4'te Tablo 3'ten yola çıkarak bir birimde çalışan toplam hemşire sayısına göre bir günde çalışan ve izinli olan hemşire sayısının nasıl hesap edilebileceği görülmektedir. Bu tablo detaylı olarak açıklanacaktır.

Tablo 4'te (I) numaralı sütun, bir birimde çalışan toplam hemşire sayısını, (II) numaralı sütun, bir birimde bir günde çalışması gereken hemşire sayısını göstermektedir. Tablo 3'te toplam 7 hemşirenin çalıştığı durumda her gün 5 hemşirenin çalışacağı ve 2 hemşirenin izinli olacağı görülmektedir. Dolayısıyla, mevcut olan hemşire sayısına göre, basit bir doğru orantı kurulacak olursa (Top.Hem.Sys*5/7) günlük çalışması gereken hemşire sayısı bulunacaktır. Örneğin bir birimde 11 hemşire varsa, bir günde çalışacak hemşire sayısı ($11*5/7=7.857$) 7.857 kişi olmalıdır. (III) numaralı sütun, ikinci sütunun tam kısmını yani, çalışması gereken hemşire sayısını göstermektedir. Günlük çalışması gereken hemşire sayısı küsuratlar dikkate

alınmadan kullanılmıştır. 11 hemşirenin yer aldığı bir birimde günlük çalışması gereken hemşire sayısı 7 olarak hesaplanmıştır. Çünkü 0.857 hemşire söz konusu olamayacağından dolayı tam kısım dikkate alınmıştır. (IV) numaralı sütun, günlük izinli olan hemşire sayısını göstermektedir. Bu sütun, (I) numaralı sütundan yani toplam hemşire sayısından (III) numaralı sütunun yani o gün içinde çalışan hemşire sayısının çıkartılmasıyla hesaplanmıştır. Örneğin 11 hemşirenin yer aldığı bir birimde günde 7 hemşire çalışırsa 4 hemşire izinli olacaktır. (V) numaralı sütun, (II) numaralı sütunun yani günlük çalışan hemşire sayısının tam kısmının atılmasıyla geriye kalan küsuratını gösteren sütundur. 11 hemşirenin çalıştığı bir birimde günde 7.857 hemşirenin çalışması gerekecektir. Ancak 0.857 hemşire söz konusu olamayacağından bu kısım atılmıştır. Dolayısıyla küsurat fazlası 0.857 hemşire olarak dikkate alınmıştır. (VI) numaralı sütun, (II) numaralı sütunun virgülden sonraki küsuratlarını göz ardı etmemek için çalıştırılmayan hemşireleri izin fazlası başlığı altında, küsuratların haftanın 7 günü ile çarpılmasıyla bulunmuştur. 11 hemşirenin çalıştığı bir birimde izin fazlası $(0.857*7=6)$ 6 gün olarak hesaplanmıştır. (VII) numaralı sütun ise, (III) numaralı sütunun yani günlük çalışması gereken hemşire sayısının günlük çalışma süresi 8 saat ile çarpılması ile bulunmuştur. Yine aynı örnek dikkate alınırsa 11 hemşirenin çalıştığı bir birim için $(7.857*8=62.857)$ gün/saat bir günde 62.857 işgücü-saat çalışması gerekmektedir.

4. ÖNERİLEN SEZGİSEL ATAMA ALGORİTMASI

İkinci aşamada, tur planlama için, sezgisel, üç adımlı bir atama algoritması önerilmiştir. Bu modelde birinci aşamadan elde edilen optimum vardiyalar kullanılacaktır. Önerilen sezgisel atama algoritmasının adımları şöyledir:

Adım 1: Günlük atama yapılacak tüm vardiyalar, vardiya uzunlukları, vardiya türleri ve her gün izinli olarak düşünülen hemşirelerin yer alacağı bir tablo düzenlenir. Bu tablo, her gün izinli olan hemşire sayısına göre bir döngü oluşturacaktır. Dolayısıyla kaç günde bir aynı hemşireler izin kullanıyorsa o kadar günü dikkate alan bir tablo düzenlenir.

Adım 2: Uygulamanın yapılacağı birimde gerekli hemşirelere sıra numarası verilir. Her gün izinli olacak hemşireler sırayla her güne yerleştirilir. Önerilen bu atama algoritmasında en önemli adım gece vardiyalarının atamasıdır. Çünkü gece vardiyasına kalan bir hemşire ertesi günü izinli olarak geçirmek zorundadır. Dolayısıyla öncelikle gece vardiyalarının ataması yapılır. Sıra numarasına göre ilk hemşireden atama işlemine başlanır. Hemşire hangi gün izinliyse o günden bir önceki güne gece vardiyasına ataması yapılır. Dolayısıyla ertesi gün hemşire izinli olmuş olacaktır. Aynı şekilde sıra numaralarına göre diğer hemşirelere de gece vardiyalarının ataması yapılır. Eğer atama yapılması gereken gece vardiyasına daha önceden bir atama yapılmışsa, o gece vardiyasına en yakın başka bir gece vardiyasına atama yapılabilir. Gece vardiyalarının ataması yapılırken her hemşireye mümkün olduğu kadar eşit atama yapılmasına dikkat edilir.

Adım 3: Gece vardiyalarının ataması yapıldıktan sonra gündüz vardiyaları ve akşam vardiyalarının atamasına geçilir. Bu vardiyaların atamasında herhangi bir kriter yoktur. Sıra numarasına göre her hemşireye mümkün olduğu kadar eşit sayıda gündüz vardiyası ve akşam vardiyası gelecek şekilde atama yapılır. Eğer atama yapılması gereken gündüz veya akşam vardiyasına daha önceden bir atama yapılmışsa, o vardiyaya en yakın başka bir gündüz veya akşam vardiyasına atama yapılabilir. Atama yapılırken aynı hemşirenin aynı gün birden fazla vardiyaya atanmamasına ve izinli olmamasına dikkat edilir.

5. UYGULAMA

Bu çalışmada, iki aşamalı olarak önerilen yapı kullanılarak Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi genel cerrahi biriminde uygulanmıştır. Genel cerrahi biriminde 11 hemşire görev yapmaktadır.

Uygulamada ilk olarak önerilen bulanık çok amaçlı doğrusal model ele alınmıştır. Modelin çözümünden elde edilen optimum vardiyalar, ikinci aşamada önerilen sezgisel atama algoritmasında kullanılmıştır.

5.1. Önerilen Modelin Uygulanması

Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesinde her birimde çalışan hemşireler iki tip vardiya şeklinde çalışmaktadırlar. Gündüz vardiyası olarak adlandırılan vardiya, sabah saat 8:00' de başlayıp öğleden sonra saat 16:00'da bitmektedir. Gece vardiyası ise, öğleden sonra saat 16:00' da başlayıp ertesi sabah saat 8:00'de bitmektedir. Bu çalışmada ise, önerilen modelin uygulanmasıyla elde edilen optimum vardiyalar, önerilen sezgisel atama algoritmasının uygulanması için kullanılacaktır.

Tablo 2'de yer alan doğrusal modelin uygulanabilmesi için her planlama periyodunda gerekli hemşire sayısı, mevcut hemşire sayısından yararlanılarak ve iş yoğunluğu dikkate alınarak ortaya konulmuştur. Tıp fakültesi hastanesinde her birimin başında sorumlu hemşire denilen tecrübeli ve deneyimli uzman hemşireler bulunmaktadır. Her birimin sorumlu hemşiresinden, önceden hazırlanmış oryantasyon programına göre 24 saat içinde o birimde yapılan işlere göre 100 üzerinden puan verilmesi istenmiştir. Bu işler acil bir durum olmadığı sürece değişmemektedir. 100 puan için en yoğun olduğu saati göstermektedir. Tablo 5'te genel cerrahi birimindeki sorumlu hemşirenin oryantasyon programına göre verdiği puanlar görülmektedir. Aynı tabloda bu puanlara göre her planlama periyodunda (her saatte) olması gereken hemşire sayıları hesaplanmıştır.

Tablo 5: Planlama Periyotlarındaki İş Yoğunluğu Puanları ve Gerekli Hemşire Sayılarının Hesabı

	Puanlar	Hesaplama	Gerekli Hem.Sys.
08:00-09:00	100	$100 \times 0.0319071 = 3,19071$	3
09:00-10:00	100	$100 \times 0.0319071 = 3,19071$	3
10:00-11:00	100	$100 \times 0.0319071 = 3,19071$	3
11:00-12:00	80	$80 \times 0.0319071 = 2,552568$	2
12:00-13:00	80	$80 \times 0.0319071 = 2,552568$	2
13:00-14:00	70	$70 \times 0.0319071 = 2,233497$	2
14:00-15:00	80	$80 \times 0.0319071 = 2,552568$	3
15:00-16:00	60	$60 \times 0.0319071 = 1,914426$	2
16:00-17:00	80	$80 \times 0.0319071 = 2,552568$	2
17:00-18:00	70	$70 \times 0.0319071 = 2,233497$	2
18:00-19:00	90	$90 \times 0.0319071 = 2,871639$	3
19:00-20:00	70	$70 \times 0.0319071 = 2,233497$	2
20:00-21:00	70	$70 \times 0.0319071 = 2,233497$	2
21:00-22:00	70	$70 \times 0.0319071 = 2,233497$	2
22:00-23:00	100	$100 \times 0.0319071 = 3,19071$	3
23:00-24:00	90	$90 \times 0.0319071 = 2,871639$	3
24:00-01:00	90	$90 \times 0.0319071 = 2,871639$	3
01:00-02:00	70	$70 \times 0.0319071 = 2,233497$	2
02:00-03:00	80	$80 \times 0.0319071 = 2,552568$	3
03:00-04:00	80	$80 \times 0.0319071 = 2,552568$	3
04:00-05:00	80	$80 \times 0.0319071 = 2,552568$	3
05:00-06:00	80	$80 \times 0.0319071 = 2,552568$	3
06:00-07:00	90	$90 \times 0.0319071 = 2,871639$	3
07:00-08:00	90	$90 \times 0.0319071 = 2,871639$	3
Toplam	1970		62

Genel cerrahi biriminde kadrolu ve sözleşmeli olarak toplam 11 hemşire çalışmaktadır. Tablo 5'e bakıldığında genel cerrahi servisinde günlük toplam 1970 puanlık iş yoğunluğu bulunmaktadır. Tablo 4'te toplam 11 hemşirenin çalıştığı bir birimde her gün çalışması gereken hemşire sayısı 7.857 kişi olarak görülmektedir. Bir hemşirenin bir günde 8 saat çalıştığı varsayılırsa 7.857 hemşirenin toplam çalışma süresi 62.857 işgücü-saat olarak hesaplanır ($7.857 \times 8 = 62.857$ işgücü-saat). Dolayısıyla 1970 puana karşılık gelen 62.857 işgücü saati 1 puana karşılık gelen 0.0319071 işgücü-saat olarak bulunur ($62.857 / 1970 = 0.0319071$). Sorumlu hemşirenin her saatteki iş yoğunluğuna göre verdiği puanlarla çarpıldığında her saat (her planlama periyodu) için gerekli hemşire sayısı bulunmuş olacaktır. Tablo 5'te genel cerrahi biriminde sorumlu hemşirenin verdiği puanlar ile 1 puana karşılık gelen 0.0319071 işgücü-saatın çarpılmasıyla bulunan sayı, her planlama periyodunda iş yoğunluğuna göre gerekli hemşire sayısını göstermektedir. Tablo 5'e bakıldığında örneğin, saat 8.00-9.00 arasında 100 puanlık bir iş görülmektedir. Bu saatler arası ($100 \times 0.0319071 = 3.19071 \approx 3$) 3.19071 hemşireye ihtiyaç vardır. Bu değer yuvarlandığında 3 hemşireye karşılık gelmektedir. Ancak her planlama periyodu için gerekli olan hemşire sayıları yuvarlanacak olursa günlük toplam 65 işgücü-saat'e ihtiyaç olacaktır. Dolayısıyla bir günde çalışması gereken 62.857 işgücü-saat aşılmış olacaktır. Bu yüzden Tablo 5'deki (11.00-12.00), (12.00-13.00) ve (16.00-17.00)

saatlerinde çalışan hemşire sayısı 3 hemşireden 2 hemşireye indirilirse günlük toplam 62 işgücü-saat'lik bir ihtiyaç ortaya çıkacaktır.

Tablo 4'e bakıldığında toplam hemşire sayısının 11 kişi olduğu durumda izin fazlası 6 gün olarak görülmektedir. Bu izinlerin hemşirelere dağıtılması gerekmektedir. Bir haftada 6 gün izin fazlası bir ayda ($6*4=24$) 24 gün izin yapar. O halde, 11 hemşirenin çalıştığı bir birimde hemşire başına düşen izin miktarı ($24/11=2.18$) yaklaşık 2 gün daha artacaktır. Yani bir hemşire haftada 2' şer gün izinden aylık 8 gün izin kullanacak ve buna ilave olarak 2 gün daha fazladan izin ile birlikte toplam aylık izin miktarı en fazla 10 gün olacaktır. Ancak, bir hemşire için 0.18 günlük atıl izin kalmaktadır. 11 hemşire için aylık ($11*0.18=1.98$) yaklaşık 2 gün izin yapacaktır. Aylık 2 günlük tatil, 1'er hemşireye paylaştırılırsa, 2 hemşire ayda 1'er gün daha fazla izin yapabileceklerdir. **Yani 11 hemşireden 9 hemşire ayda en fazla 10 gün izin, 2 hemşire ise ayda en fazla 11 gün izin kullanabilecektir.**

Hesaplamalar sonucu elde edilen bilgiler kullanılarak bulanık çok amaçlı doğrusal model çözülmüştür. Modelin çözümü için WINQSB programı kullanılmıştır. Tablo 6'da bulanık çok amaçlı doğrusal modelin optimum sonuçları görülmektedir. Bu tabloya göre, X_{11} , X_{22} , X_{37} , X_{58} ve X_{75} vardiyalarına 1'er hemşire, X_{56} vardiyasına ise 2 hemşire ataması yapılmıştır. δ , 1 değerini alması bulanık yapının tamamının kullanıldığını göstermektedir. Tablo 7'de ise (I) numaralı sütun vardiyaları, (II) numaralı sütun vardiyalara atanan hemşire sayıları, (III) numaralı sütun vardiyaların başlangıç ve bitiş saati, (IV) numaralı sütun vardiya türü ve (V) numaralı sütun vardiyaların toplam uzunluğu gösterilmektedir.

Tablo 6: Modelin Optimum Çözüm Sonuçları

Değişken	X ₁₁	X ₂₂	X ₃₇	X ₅₆	X ₅₈	X ₇₅	Y ₅₆	B	δ	N
Değeri	1	1	1	2	1	1	1	1	1	61

Tablo 7: Optimum Vardiyalar ve Çalışma Saatleri

Vardiyalar	Hem. Say.	Çiř. Saat.	Vardiya Türü	Vardiya Uzunluğu
I	II	III	IV	V
X ₁₁	1	18:00-23:00	Akşam	5 işgücü-saat
X ₂₂	1	08:00-15:00	Gündüz	7 işgücü-saat
X ₃₇	1	14:00-22:00	Gündüz	8 işgücü-saat
X ₅₆	2	22:00-08:00	Gece	10 işgücü-saat
X ₅₈	1	08:00-19:00	Gündüz	11 işgücü-saat
X ₇₅	1	23:00-11:00	Gece	12 işgücü-saat
İzinli	4	-	-	-

5.2. Önerilen Sezgisel Atama Algoritmasının Uygulanması

Uygulamanın bu bölümünde doğrusal modelden elde edilen optimum vardiyalar dikkate alınarak önerilen sezgisel atama algoritması ile 33 günlük tur planı yapılacaktır.

Adım 1: Uygulama yapılan genel cerrahi biriminde 11 hemşire çalışmaktadır. Tablo 4'e göre her gün 4 hemşirenin izinli ve 7 hemşirenin de çalışması gerektiği ortaya konulmuştur. Buna göre, her gün izinli olması gereken 4 hemşire tabloya sırasıyla yerleştirildiğinde 11 günde bir aynı hemşirelerin izinli olacağı görülmektedir. Dolayısıyla 11 günlük bir döngüde aynı hemşireler izin kullanacağı için, 11 günlük çalışma planı hazırlanır. Adım 1'de hazırlanacak bu tabloda günlük atama yapılacak tüm vardiyalar, vardiya uzunlukları, vardiya türleri ve her gün izinli kabul edilecek olan dört hemşire yer alacaktır.

Adım 2: Bu adımda her gün izinli olarak düşünölen 4 hemşire sırasıyla her güne atanır. 11 gün ve 11 hemşire olduğu için her gece vardiyasında her hemşirenin mümkün olduğu kadar çalışması sağlanmalıdır. Bu çalışmada, Tablo 7'de göröldüğü üzere X₅₆ ve X₇₅ olmak üzere iki farklı gece vardiyası bulunmaktadır. X₇₅ gece vardiyasına 1 kişi diğerine ise 2 kişi atanacaktır. X₇₅ gece vardiyasına ihtiyaç duyulan hemşire sayısı 1 kişi olduğu için öncelikle bu vardiyaya atama yapılır. Yani her hemşire bu vardiyaya 11 gün içinde bir kez atanmalıdır. Atama yapılırken dikkat edilmesi gereken husus, o gün gece vardiyasında kalan hemşire ertesi gün hiçbir vardiyada çalışmamalı yani izinli olmalıdır. Bu kurala uygun olarak 11 hemşirenin 11 günlük dağıtımı yapılır.

Gece vardiyalarının dağıtımı yapılırken hemşirelerin sıra numaraları takip edilir ve hemşirenin izinli olduğu günün bir öncesi güne atama yapılır. Örneğin, 1 numaralı hemşire Tablo 8'de 3. gün izinli olarak görülmektedir. Bu durumda 2. günde X_{75} gece vardiyasına ataması yapılır. Aynı şekilde 2 numaralı hemşirede 4. gün izinli olarak görüldüğüne göre 3. günün X_{75} vardiyasına ataması yapılır. Diğer hemşirelerin de sırasıyla kurala göre atamaları yapılır. Daha sonra X_{56} gece vardiyası için yine ertesi gün izinli olma koşulunu sağlayacak şekilde sırasıyla her hemşire için bir kez daha atama yapılır. Atama yapılırken aynı hemşirenin aynı gün birden fazla vardiyaya atanmamasına ve izinli olmamasına dikkat edilir. X_{56} vardiyasına 2 kişi atanacağı için aynı işlemler dizisi bir kez daha dikkatli bir şekilde uygulanır.

Adım 3: Her hemşireye gece vardiyalarının atamaları sağlandıktan sonra gündüz ve akşam vardiyalarının atamasına geçilir. Tablo 8'e bakıldığında X_{58} , X_{37} ve X_{22} gündüz vardiyası, X_{11} akşam vardiyası olarak görülmektedir. Sırasıyla bu vardiyalara 1'er kişi atanacaktır. Öncelikle her hemşireye o gün izinli değilse ya da herhangi bir gece vardiyasında çalışmıyorsa gündüz veya akşam vardiyalarından biri dağıtılmaya çalışılmalıdır. Bunun dışında gündüz ve akşam vardiyasının ataması için herhangi bir kriter yoktur. Örneğin 1 numaralı hemşireye 10. günü gündüz vardiyalarından biri olan X_{58} vardiyası atanabilir. 2 numaralı hemşireye 2. gün aynı vardiyanın ataması yapılabilir. Aynı işlemler dizisi hemşirelerin sıra numarasına göre tekrarlanır. Daha sonra geri kalan gündüz ve akşam vardiyaları içinde aynı işlemler uygulanır. Dolayısıyla 11 hemşire bu vardiyalardan her birine 11 gün içinde birer kez atanmış olacaktır. Atama yapılırken aynı hemşirenin aynı gün birden fazla vardiyaya atanmamasına ve izinli olmamasına dikkat edilir.

Yukarıdaki adımlar sırasıyla uygulandığında tek bir tabloyla optimum çözüme ulaşılabilmektedir. **Bu algoritma, Tablo 12'de de görüldüğü gibi planlama dönemi sonunda her hemşireye atanan vardiyaların toplam işgücü-saatleri açısından sapma değerini "0" yapmaktadır. Dolayısıyla Tablo 8'e "optimum atama tablosu" denilebilir.** Tablo 8'de optimum atama tablosu, Tablo 9'da vardiyaların hemşirelere dağılımları görülmektedir. Tablo 10'da ise 11 hemşire için önerilen 33 günlük bir tur planı, Tablo 11'de ise genel cerrahi biriminde uygulanmakta olan plan görülmektedir.

Tablo 8: Optimum Atama Tablosu

			GÜNLER										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	II	III	IV										
X ₇₅	12	Gece	8	1	5	9	2	6	10	3	7	11	4
X ₅₆	10	Gece	5	9	2	6	10	3	7	11	4	8	1
X ₅₆	10	Gece	7	11	4	8	1	5	9	2	6	10	3
X ₁₁	5	Akşam	11	4	8	1	5	9	2	6	10	3	7
X ₅₈	11	Gündüz	9	2	6	10	3	7	11	4	8	1	5
X ₃₇	8	Gündüz	6	10	3	7	11	4	8	1	5	9	2
X ₂₂	7	Gündüz	10	3	7	11	4	8	1	5	9	2	6
İZİNLİLER			1,2,3,4	5,6,7,8	9,10,11,1	2,3,4,5	6,7,8,9	10,11,1,2	3,4,5,6	7,8,9,10	11,1,2,3	4,5,6,7	8,9,10,11
V			63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63

I: Vardiyalar II: Vardiya Uzunluğu (İşgücü/saat) III: Vardiya Türü IV: İlgili Günde Çalışacak Hemşirelerin Numaraları V:Hergün çalışılacak toplam işgücü miktarı (12+10+10+5+11+8+7=63)

Tablo 9: Vardiyaların Hemşirelere Dağılımları (11 Günlük)

		Vardiyalar						
		X ₁₁	X ₂₂	X ₃₇	X ₅₆	X ₅₈	X ₇₅	Toplam
Hemşireler	1	1	1	1	2	1	1	63
	2	1	1	1	2	1	1	63
	3	1	1	1	2	1	1	63
	4	1	1	1	2	1	1	63
	5	1	1	1	2	1	1	63
	6	1	1	1	2	1	1	63
	7	1	1	1	2	1	1	63
	8	1	1	1	2	1	1	63
	9	1	1	1	2	1	1	63
	10	1	1	1	2	1	1	63
	11	1	1	1	2	1	1	63

Tablo 10: Genel Cerrahi Birimi İçin Önerilen Tur Planı (33 Günlük)

GÜNLER																																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	Toplam	
HEMŞİRELER	1	-	F	-	A	D	-	B	C	-	E	D	-	F	-	A	D	-	B	C	-	E	D	-	F	-	A	D	-	B	C	-	E	D	189
	2	-	E	D	-	F	-	A	D	-	B	C	-	E	D	-	F	-	A	D	-	B	C	-	E	D	-	F	-	A	D	-	B	C	189
	3	-	B	C	-	E	D	-	F	-	A	D	-	B	C	-	E	D	-	F	-	A	D	-	B	C	-	E	D	-	F	-	A	D	189
	4	-	A	D	-	B	C	-	E	D	-	F	-	A	D	-	B	C	-	E	D	-	F	-	A	D	-	B	C	-	E	D	-	F	189
	5	D	-	F	-	A	D	-	B	C	-	E	D	-	F	-	A	D	-	B	C	-	E	D	-	F	-	A	D	-	B	C	-	E	189
	6	C	-	E	D	-	F	-	A	D	-	B	C	-	E	D	-	F	-	A	D	-	B	C	-	E	D	-	F	-	A	D	-	B	189
	7	D	-	B	C	-	E	D	-	F	-	A	D	-	B	C	-	E	D	-	F	-	A	D	-	B	C	-	E	D	-	F	-	A	189
	8	F	-	A	D	-	B	C	-	E	D	-	F	-	A	D	-	B	C	-	E	D	-	F	-	A	D	-	B	C	-	E	D	-	189
	9	E	D	-	F	-	A	D	-	B	C	-	E	D	-	F	-	A	D	-	B	C	-	E	D	-	F	-	A	D	-	B	C	-	189
	10	B	C	-	E	D	-	F	-	A	D	-	B	C	-	E	D	-	F	-	A	D	-	B	C	-	E	D	-	F	-	A	D	-	189
	11	A	D	-	B	C	-	E	D	-	F	-	A	D	-	B	C	-	E	D	-	F	-	A	D	-	B	C	-	E	D	-	F	-	189
Toplam	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	2079	

**X₁₁ (A): (5 işgücü-saat-akşam) X₂₂ (B): (7 işgücü-saat-gündüz) X₃₇ (C): (8 işgücü-saat-gündüz) X₅₆ (D): (10 işgücü-saat-gece) X₅₈
(E): (11 işgücü-saat-gündüz) X₇₅ (F): (12 işgücü-saat-gece)**

Tablo 11: Genel Cerrahi Birimi İçin Uygulanmakta Olan Örnek Bir Plan (30 Günlük)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Toplam	
HEMŞİRELER	1	A	A	A	-	-	A	A	A	A	A	-	-	A	A	A	A	A	-	-	A	A	A	-	A	-	-	A	A	A	A	21*8=168	
	2	-	-	A	D	-	A	A	A	-	D	-	-	A	A	A	-	D	-	-	A	A	A	A	A	-	-	A	A	A	-	15*8+3*16=168	
	3	-	A	A	A	-	-	D	-	-	-	D	-	-	A	-	D	-	D	-	-	D	-	D	-	D	-	-	D	-	A	5*8+8*16=168	
	4	-	D	-	-	A	A	A	D	-	D	-	A	-	-	-	-	D	-	A	A	A	-	-	D	-	D	-	-	D	-	7*8+7*16=168	
	5	-	A	A	-	D	-	D	-	A	-	-	-	D	-	D	-	-	-	D	-	-	D	-	-	A	A	A	A	-	D	7*8+7*16=168	
	6	A	-	-	-	A	-	-	-	D	-	D	-	-	D	-	A	A	A	A	D	-	A	A	A	A	-	-	-	D	-	D	9*8+6*16=168
	7	D	-	D	-	-	D	-	-	-	D	-	D	-	-	D	-	-	D	-	D	-	-	A	A	A	A	-	-	D	-	4*8+9*16=176	
	8	D	-	D	-	D	-	-	A	-	A	A	-	D	-	A	-	A	-	-	-	D	-	-	D	-	A	D	-	A	-	7*8+7*16=168	
	9	D	-	D	-	-	D	-	-	A	A	-	-	-	D	-	-	D	-	A	-	-	D	-	-	D	-	-	D	-	D	-	3*8+9*16=168
	10	-	D	-	A	-	-	D	-	D	-	-	D	-	D	-	A	A	A	-	D	-	-	D	-	-	D	-	-	-	-	A	5*8+8*16=168
	11	-	-	-	D	-	A	-	D	-	A	A	A	A	-	-	D	-	-	D	-	D	-	-	D	-	-	D	-	D	-	A	5*8+8*16=168
Toplam		64	56	80	48	48	64	72	56	56	80	48	48	56	72	56	56	80	48	56	72	72	56	56	80	48	56	56	72	72	72	1856	

Kaynak: SDÜ Tıp Fakültesinden Alınan Örnek Hemşire Çizelgeleme Tablosu

(A: 08:00-16:00 (8 işgücü-saat, gündüz) D: 16:00-08:00 (16 işgücü-saat, gece) (-):İzinli)

5.3. Uygulanmakta Olan Plan İle Önerilen Atama Planının Karşılaştırılması

Tablo 8’de verilen optimum atama tablosu dikkate alınarak;

HG_v= Haftanın v. Günü (V=1.....7) içinde yer alan tüm planlama periyotlarında çalışması gereken hemşire sayıları toplamı olarak tanımlandığında, bir hafta için (7 günlük);

$\Sigma HG_v = 63 \cdot 7 = 441$ saat/hafta (her gün çalışılan süre 63 saat) olarak hesaplanır.

HOÇS=Bir hemşirenin bir haftalık ortalama çalışma süresi olarak tanımlandığında,

$HOÇS = (\Sigma HG_v / 11) = 441 / 11 = 40,09090909$ saat olarak hesaplanır.

GOÇS = Bir hemşirenin bir günlük ortalama çalışma süresi olarak tanımlandığında

$GOÇS = (HOÇS / 7) = 40,09090909 / 7 = 5,727272727$ saat olarak hesaplanır.

Bulanık yapı dikkate alınmadığı takdirde her gün 62 işgücü/saat çalışılacaktır. Bu duruma ilişkin çözüm sonuçları verilmemiştir. Bu durumda;

$\Sigma HG_v = 62 \cdot 7 = 434$ saat/hafta (her gün çalışılan süre 62 saat)

$HOÇS = (\Sigma HG_v / 11) = 434 / 11 = 39,45454545$ saat

$GOÇS = (HOÇS / 7) = 39,45454545 / 7 = 5,636363636$ saat olarak hesaplanır.

Uygulanmakta olan vardiya planına göre (Tablo 11) , her günün kullanılan insan gücü miktarı 30 gün boyunca farklılık arz etmektedir. Dolayısıyla bu tabloya göre hemşirelerin toplam bir günlük ortalama çalışma süresi 30 günlük toplam çalışan insan gücü toplamının 30’a bölümüyle bulunabilir. Yani;

HG_v = Hemşirelerin bir günlük toplam ortalama çalışma süresi

$HG_v = 1856 / 30 = 61,86666667$ saat olarak hesaplanır.

Uygulanmakta olan plana göre bir haftalık çalışma süresi hesaplanmak istenirse yine her gün çalışılan insan gücü miktarı farklılaştığı için bir ortalama değer hesaplanabilir.

$\Sigma HG_v = 61,86666667 \cdot 7 = 433,0666667$ saat/hafta olarak hesaplanır.

HOÇS=Bir hemşirenin bir haftalık ortalama çalışma süresi olarak tanımlandığında,

HOÇS = $(\sum HG_v / 11) = 433,0666667 / 11 = 39,36969697$ saat olarak hesaplanır.

GOÇS = Bir hemşirenin bir günlük ortalama çalışma süresi olarak tanımlandığında;

GOÇS = $(HOÇS / 7) = 39,36969697 / 7 = 5,624242424$ saat olarak hesaplanır.

Tablo 12: Uygulanmakta Olan Planı İle Üç Yöntemin Karşılaştırılması

	Ortalama	Ortalama (30 gün)	Sapma
Uygulanmakta Olan (30 gün)	168,7273	168,7273	2,412091
Önerilen (33 gün - Bulanık yapı var)	189	171,8181818	0
Önerilen (33 gün - Bulanık yapı yok)	186	169,0909091	0

Uygulanmakta olan plan ve optimum atama planı karşılaştırıldığında;

1. Tablo 11’de uygulanan planının bir örneği görülmektedir. Bu planlama yapılırken sorumlu hemşire yalnızca her hemşireye atanan toplam işgücü saatinin eşit olmasını hedeflemeye çalışmaktadır. Yani iş yoğunluğu dikkate alınmamakta ve 30 gün boyunca yapılan günlük atamaların toplam saatleri oldukça farklılık arz etmektedir.

2. Optimum atama tablosunda, Tablo 12’de görüldüğü gibi önerilen atama planının sapma değerinin “0” olduğu (her hemşireye düşen toplam işgücü-saat) görülmektedir. Ayrıca, planlama dönemi sonunda her hemşireye aynı tür vardiyadan eşit miktarda atandığı görülmektedir. Bu açılarından en iyi duruma sahiptir. Uygulanan plan bu özelliklere sahip değildir.

3. Tablo 4’e göre kusurat fazlalıkları hemşirelere izin olarak aktararak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla genel cerrahi biriminde bir ayda (28 gün) 11 hemşireden 9’u 10 gün izin, 2 hemşire de 11 gün izin kullanmalıdır. Bu durum optimum atama tablosunda Tablo 10’da yerine getirilmiş olmaktadır. Aynı tabloya bakıldığında her hemşire planlama dönemi sonunda 12’şer gün izin kullanmaktadır. Uygulanmakta olan planda (Tablo 11) ise her hemşirenin 30 gün boyunca kullandığı izin miktarı farklılık göstermektedir.

4. Yasalara göre hemşireler haftada 40 saat çalışmak zorundadır. Dolayısıyla optimum atama planına göre bulanık yapının dikkate alınması durumunda, bir hemşire haftada ortalama 40,09090909 saat çalışırken, bulanık yapı dikkate alınmadığı takdirde bir hemşire haftada ortalama 39,45454545 saat çalışıyor olacaktır. Optimum atama planına göre hemşirelerin biraz daha fazla çalıştığı görülmektedir. Bunun sebebi; vardiya sayısının mümkün olduğunca azaltılabilmesi için her gün 2 saatlik fazla insan gücü miktarının kullanılmasına izin verilmesidir. Uygulanmakta olan planda ise bir hemşire haftada ortalama 39,36969697 saat çalışmaktadır. Bu durum Tablo 12’de görülmektedir.

SONUÇ

Bu çalışmada, sağlık hizmeti veren hastanelerde 7 gün 24 saat çalışan hemşirelerin çalışma çizelgelemesi konusu araştırılarak, Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesinde genel cerrahi biriminde çalışan mevcut hemşireler üzerinde bir uygulama yapılmıştır.

Çalışmada iki aşamalı bir yapı önerilmiştir. İlk olarak, bulanık çok amaçlı doğrusal bir model önerilerek optimum vardiyalar ortaya konulmuştur. Optimum vardiyalar belirlenirken mevcut hemşire sayısı ve gün içindeki iş yoğunlukları göz önünde bulundurulmuştur. İkinci aşamada; optimum vardiyalar kullanılarak, tur planlaması yapılmıştır. Tur planlaması için üç adımlı bir sezgisel atama algoritması önerilmiştir. Bu algoritmaya göre, planlama döneminin sonunda her hemşireye atanan vardiyaların toplam işgücü-saatleri açısından sapma değeri "0" olduğu için optimum bir atama gerçekleştirilmiştir. Yani, her hemşireye planlama dönemi sonunda, her vardiya türünden ve izin gününden eşit sayıda atandığı görülmektedir. Uygulanmakta olan hemşire çizelgeleme planında ise, yalnızca her hemşireye planlama döneminde atanan vardiyaların toplam-ışgücü saati eşitlenmeye çalışılmıştır. Bunun dışında vardiyaların ya da izinlerin eşit olarak atanmasından bahsetmek mümkün değildir. Çalışmada 11 hemşire, 30 gün boyunca bulanık yapıyı dikkate alan optimum planda ortalama 171,8181818 saat, bulanık yapıyı dikkate almayan optimum planda 169,0909091 saat çalışırken uygulanmakta olan planda 168,7273 saat çalışmaktadır. Dolayısıyla tur planlama için önerilen sezgisel atama algoritmasıyla, mevcut duruma göre hemşireleri yaklaşık olarak ortalama aynı süre çalıştıran, fakat daha etkin ve verimli bir çizelge ortaya konulmuştur.

KAYNAKÇA

1. AZAIZEZ, M., N., S., S., SHARIF (2005). "A 0-1 Goal Programming Model for Nurse Scheduling," *Computers & Operations Research*, 32: 491-507.
2. BİLÄZER, F., N., G., E., KONCA, S., UĞUR, H., UÇAK, F., ERDEMİR, E., ÇITAK (2008), *Türkiye'de Hemşirelerin Çalışma Koşulları*, Türk Hemşireler Derneği, Odak Ofset Matbaacılık, Ankara.
3. BRUNNER, J., O., J., F., BARD, R., KOLISCH (2009). "Flexible Shift Scheduling of Physicians," *Health Care Management Science*, 12: 285-305.
4. CHEANG, B., H., LI, A., LIM, B., RODRIGUES (2003). "Nurse Rostering Problems-A Bibliographic Survey," *European Journal of Operational Research*, 151: 447-460.
5. GÜNGÖR, İ. (2002). "Hemşire Görevlendirme ve Çizelgeleme Sorununa Bir Model Önerisi," *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi*, C.7, S.2, s. 77-94.
6. GÜNGÖR, İ. (2005). *İşgücü Maliyetlerinin Optimizasyonu Vardiya Planlama (Modeller, Algoritmalar ve Uygulamalar)*, Asil Yayın Dağıtım, Ankara.
7. HUARNG, F. (1999). "A Primary Shift Rotation Nurse Scheduling Using Zero-One Linear Goal Programming," *Wolters Kluwer*, 17(3): 135-144.
8. ISKEN, M., W. (2004). "An Implicit Tour Scheduling Model with Applications in Healthcare," *Annals of Operations Research*, 128: 91-109.
9. JAN, A., M., YAMAMOTO, A., OHUCHI (2000). "Evolutionary Algorithms for Nurse Scheduling Problem," *IEEE*, 196-203.
10. KAWANAKA, H., K., YAMAMOTO, T., YOSHİKAWA, T., SHİNOGİ, S., TSURUOKA (2001). "Constraints and Search Efficiency in Nurse Scheduling Problem," *IEEE*, 1123-1130.

11. KWAK, N.,K., C., LEE (1997). "A Linear Goal Programming Model for Human Resource Allocation in a Health-Care Organization," *Journal of Medical Systems*, 21(3): 129-140.
12. LODREE, E., J., C., D., GEIGER, X., JIANG (2009). "Taxonomy for Integrating Scheduling Theory and Human Factors: Review and Research Opportunities," *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39: 39-51.
13. MILLAR, H., H., M., B., KIRAGU (1998). "Cyclic and Non-Cyclic Scheduling of 12 h Shift Nurses by Network Programming," *European Journal of Operational Research*, 104: 582-592.
14. MIWA, M., M., MATSUZAKI, S., OKUMA, T., INOUE, T., FURUHASHI (2002). "Nurse Scheuling System Using Bacterial Evolutionary Algorithm Hardwarwe," *IEEE*, 1801-1805.
15. MURAT, Y., Ş., N., ULUDAĞ (2008). "Bulanık Mantık ve Lojistik Regresyon Yöntemleri ile Ulaşım Ağlarında Geçki Seçim Davranışının Modellenmesi," *İMO Teknik Dergi*, 288: 4363 -4379.
16. NAIDU, K., D., K., M., SULLIVAN, P., P., WANG, Y., YANG, "Managing Personnel through Staff Scheduling Algorithms", <<http://people.ee.duke.edu/~yy/publications/scheduling.pdf>>, (15.01.2009)
17. SUNGUR, B. (2008). "Bulanık Vardiya Çizelgeleme Problemleri İçin Tamsayı Programlama Modeli", *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 30: 211-227.
18. ŞEN, Z. (1999). *Mühendislikte Bulanık (Fuzzy) Modelleme İlkeleri*, İ.T.Ü. Uçak Ve Uzay Bilimleri Fakültesi, İstanbul.
19. TOPALOĞLU, Ş., H. SELİM (2009), "Nurse scheduling Using Fuzzy Modelling Approach," *Lecture Notes in Computer Science, New Trends in Applied Artificial Intelligence*, 4570: 54-63.
20. TOPALOĞLU, Ş., İ., ÖZKARAHAN (2004), "An Implicit Goal Programming Model For the Tour Scheduling Problem Considering the Employee Work Preferences," *Annals of Operations Research*, 128: 135-158.

M.KARAATLI-İ.GÜNGÖR/Hemşire Çizelgeleme Sorununa bir Çözüm...