

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SAĞLIK HİZMETLERİNDE VARDİYA ÇİZELGELEME
PROBLEMİNİN KARMA TAMSAYILI PROGRAMLAMA
MODELLEMESİ

Merve İPEK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Matematik Mühendisliği Anabilim Dalı
Matematik Mühendisliği Programı

Danışman
Doç. Dr. Hale KÖÇKEN

Mayıs, 2023

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SAĞLIK HİZMETLERİNDE VARDİYA ÇİZELGELEME
PROBLEMİNİN KARMA TAMSAYILI PROGRAMLAMA
MODELLEMESİ**

Merve İPEK tarafından hazırlanan tez çalışması 05.05.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik Mühendisliği Anabilim Dalı, Matematik Mühendisliği Programı YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Hale KÖÇKEN
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Hale KÖÇKEN, Danışman

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Fatma İnci ALBAYRAK, Üye

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Burhaneddin İZGİ, Üye

İstanbul Teknik Üniversitesi

Danışmanım Doç. Dr. Hale KÖÇKEN sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Sağlık Hizmetlerinde Vardiya Çizelgeleme Probleminin Karma Tamsayı Programlama Modellemesi başlıklı çalışmada veri tedariki ve veri kullanımında gerekli tüm yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan edindiğim bilgileri tez metni ve kaynaklar kısmında eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verileri ve sonuçları ile ilgili sahtecilik veya çarpıtma yapmadığımı, çalışmanın tüm aşamalarında bilimsel araştırma ve etik kurallarına uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Merve İPEK



Aileme

Hayatımın her anında, hayallerimi gerçekleştirmem için bana destek olan, aldığım tüm kararlarda arkamda duran, varlıklarıyla güven ve huzur veren canım aileme; lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca derslerimde, tezimde ve kişisel gelişimimde bana yol gösteren, kendime olan inancımı her kaybettiğimde elimden tutan ve beni kaldırıp yoluma devam etmemi sağlayan saygıdeğer danışmanım Doç. Dr. Hale KÖÇKEN'e; bu yolculuğa başlama düşüncelerim ilk oluştuğu andan itibaren desteğini asla esirgemeyen ve her kafam karıştığında beni aydınlatan Turgay İPEK'e; her sendelediğimde ve yorulduğumda varlıklarıyla enerji depolamamı sağlayan, bana olan inançlarını hiç kaybetmeyen ve bu süreçte sergilediğim tüm davranışları anlayışla karşılayan tüm arkadaşlarıma; hayatımda oldukları, destek oldukları ve hayatıma ışık tuttukları için teşekkürlerimi sunuyorum. Tezin, sağlık sektöründe çalışanların koşullarını iyileştirmeye yönelik benzer çalışmalar için bir örnek oluşturacağını ve bu alandaki araştırmacılara faydalı olmasını temenni ederim.

Merve İPEK

İÇİNDEKİLER

ŞEKİL LİSTESİ	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	x
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	5
1.3 Orijinal Katkı.....	6
2 ÇİZELGELEME PROBLEMİ	7
2.1 Çizelgeleme Probleminin Kullanım Alanları.....	7
2.2 Sağlık Sektöründe Çizelgeleme Problemleri.....	10
2.3. Hemşire Vardiya Çizelgeleme Problemi.....	12
2.3.1 Çözüm Yöntemleri	13
3 HEMŞİRE VARDİYA ÇİZELGELEME PROBLEMİNİN BİR KARMA TAMSAYILI PROGRAMLAMA MODELLEMESİ	19
3.1 Modelin Genel Yapısı	19
3.2 Matematiksel Model.....	20
3.2.1 İndisler.....	20
3.2.2 Kümeler	21
3.2.3 Parametreler.....	22
3.2.4 Değişkenler.....	22
3.2.5 Kısıtlar	23
3.2.6 Amaç Fonksiyonu.....	26
4 HEMŞİRE VARDİYA ÇİZELGELEME PROBLEMİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA	28
4.1 Modelin Genel Yapısı	28

4.2 GAMS Kodu	30
4.3 İlk Periyoda Ait Çizelge Sonuçları.....	37
4.4 Yıllık Çizelge Sonuçları	42
4.5 İlk Periyoda Ait Farklı Ağırlık Seçimlerinin Çizelge Sonuçları	54
5 SONUÇ VE ÖNERİLER	56
KAYNAKÇA	58
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	62



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 4.1 Haftalık toplam mesai saatleri ve ortalaması.....	40
Şekil 4.2 Haftalık toplam mesai saatleri ve ortalaması.....	40
Şekil 4.3 Çalışanların atandığı vardiya çeşidi sayıları	41
Şekil 4.4 Çalışanların atandığı vardiya çeşidi sayıları.....	42
Şekil 4.5 Çalışanların atandığı vardiya çeşidi sayıları.....	42
Şekil 4.6 Çalışanların atandığı vardiya çeşidi sayıları.....	43
Şekil 4.7 Hemşirelerin periyotlardaki toplam mesai saatleri ve ortalamaları.....	48
Şekil 4.8 Hemşirelerin toplam mesai süreleri ile vardiya sayılarının oranı.....	49
Şekil 4.9 Hemşirelerin toplam mesai süreleri ile vardiya sayılarının oranı.....	49
Şekil 4.10 Hemşirelerin toplam mesai süreleri ile vardiya sayılarının oranı.....	50
Şekil 4.11 On üç periyot için her bir hemşirenin atandıkları toplam sabah vardiyası sayısı.....	51
Şekil 4.12 On üç periyot için her bir hemşirenin atandıkları toplam sabah vardiyası sayısı	51
Şekil 4.13 On üç periyot için her bir hemşirenin atandıkları toplam akşam vardiyası sayısı	52
Şekil 4.14 On üç periyot için her bir hemşirenin atandıkları toplam akşam vardiyası sayısı	53
Şekil 4.15 On üç periyot için her bir hemşirenin atandıkları toplam tam gün vardiyası sayısı.....	54
Şekil 4.16 On üç periyot için her bir hemşirenin atandıkları toplam tam gün vardiyası sayısı.....	54
Şekil 4.17 On üç periyot için her bir hemşirenin yaptığı fazla mesai sayıları.....	55
Şekil 4.18 On üç periyot için her bir hemşirenin yaptığı fazla mesai sayıları ve toplamaları.....	56

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Literatürde yapılan çalışmaların çözüm yöntemleri ve uygulandığı birimler...	13
Tablo 4.1 Her vardiyada çalışması gereken hemşire sayıları.....	30
Tablo 4.2 Hemşirelerin 4 haftalık vardiya çizelgesinin ilk 14 günü.....	38
Tablo 4.3 Hemşirelerin 4 haftalık vardiya çizelgesinin son 14 günü.....	38
Tablo 4.4 Çalışanların haftalık toplam mesai saatleri.....	39
Tablo 4.5 Çalışanların atandığı vardiya çeşidi sayıları.....	40
Tablo 4.6 Periyotlar arası geçişte atama yapılan hemşireler.....	44
Tablo 4.7 Ardışık periyotlarda fazla mesaiye atanan hemşireler.....	45
Tablo 4.8 Hemşirelerin periyotlardaki toplam mesai saatleri ve ortalamaları.....	47
Tablo 4.9 Hemşirelerin toplam mesai süreleri ile vardiya sayılarının oranı.....	48
Tablo 4.10 On üç periyot için her bir hemşirenin atandıkları toplam sabah vardiyası sayısı.....	50
Tablo 4.11 On üç periyot için her bir hemşirenin atandıkları toplam sabah vardiyası sayısı.....	52
Tablo 4.12 On üç periyot için her bir hemşirenin atandıkları toplam sabah vardiyası sayısı.....	53
Tablo 4.13 On üç periyot için her bir hemşirenin yaptığı fazla mesai sayıları ve toplamaları.....	55
Tablo 4.14 Oluşturulan farklı senaryolar ile elde edilen toplam değerleri ($\times 10^3$).....	56

Sağlık Hizmetlerinde Vardiya Çizelgeleme Probleminin KarmaTamsayılı Programlama Modellemesi

Merve İPEK

Matematik Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Hale KÖÇKEN

Her sektörde olduğu gibi sağlık sektöründe de hizmet kalitesinin yükseltilmesinde ve memnuniyetinin arttırılmasında en önemli faktörlerden biri çalışanların motivasyonu ve dolayısıyla onların çalışma koşullarıdır. Bu bağlamda, sağlık çalışanları arasında büyük çoğunluğu oluşturan hemşirelerin çalışma koşullarının iyileştirilmesi ve çalışan memnuniyetini arttıracak bir vardiya çizelgelemesi yapılması önem arz etmektedir. Bir yoğun bakım ünitesinde karşılaşılan hemşire vardiya çizelgeleme problemi üzerine odaklanılan bu çalışmada, Sağlık Bakanlığı tarafından belirlenen yasal düzenlemelerin dikkate alınmasının yanı sıra, hastane yönetiminden gelen istek ve ihtiyaçlara da cevap veren, ayrıca hemşire isteklerinin de gözönüne alınarak çalışma koşullarının iyileştirilmesini hedefleyen dört haftalık bir periyot için çizelge oluşturacak bir karma tamsayılı programlama modeli sunulmuştur. Oluşturulan model; bazı hemşirelere hastane yönetimi tarafından önceden belirlenen sabit vardiya ataması yapılması, tam gün vardiyasına atanan bir hemşirenin ertesi gün izinli olması, akşam vardiyasına atanan bir hemşirenin ertesi gün sabah vardiyasına atanmaması gibi zorunlu kısıtların yanısıra; hafta içinde ve hafta sonunda, sabah, akşam ve tam gün vardiyalarının, izin günlerinin hemşireler arasında olabildiğince uygun ve adil dağıtılmasını sağlamaya, fazla mesai yapan hemşirelere bir sonraki dört haftalık periyotta minimum mesai ataması yapmaya

alışan esnek kısıtlar da içermektedir. Esnek kısıtlar arasındaki öncelikler, amaç fonksiyonundaki ilgili yardımcı ve sapma değişkenlerinin toplamlarından oluşan terimlerin ağırlıklandırılması yoluyla sağlanmıştır. Sunulan karma tamsayılı programlama modeli, İstanbul'daki bir özel hastanenin yoğun bakım servisinde uygulanmış ve belirlenen istek ve ihtiyaçlar doğrultusunda öncelikle dört haftalık bir izelge, sonrasında ise modelin tekrar tekrar çalıştırılmasıyla yıllık bir izelge oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Vardiya izelgeleme problemi, hemşire çizelgeleme, karma tamsayılı programlama



Mixed Integer Programming Modeling of Shift Scheduling Problem in Healthcare

Merve İPEK

Department of Mathematical Engineering

Master of Science Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Hale KÖÇKEN

As in every sector, motivation of employees, and therefore their working conditions, is one of the most important factors in improving the quality of service and increasing satisfaction in the healthcare sector. In this context, it is important to improve the working conditions of nurses, who make up the majority of healthcare workers, and to create a shift schedule that will increase employee satisfaction. This study focuses on the nurse shift scheduling problem encountered in an intensive care unit. A mixed integer programming model is presented for a four-week period that responds to legal regulations determined by the Ministry of Health, hospital management requests and needs, and also aims to improve working conditions by taking into account the requests of nurses. The model created includes mandatory constraints such as assigning fixed shifts to some nurses determined by the hospital management, a nurse who works a full day shift being on leave the following day, and a nurse who works an evening shift not being assigned a morning shift the following day. In addition to these mandatory constraints, the model includes flexible constraints that aim to ensure that morning-evening and full-day shifts, days off, and overtime are distributed as fairly and as conveniently as possible among the nurses, while trying to make minimum overtime assignments for nurses who have already worked extra hours in the next four-week period. Priorities among flexible constraints are ensured by weighting the terms consisting of relevant auxiliary and deviation variables in

the objective function. The presented mixed integer programming model was applied in the intensive care unit of a private hospital in Istanbul, and a four-week schedule was first created in accordance with the determined requests and needs, followed by an annual schedule by repeatedly running the model.

Keywords: Shift scheduling problem, nurse scheduling, mixed integer programming



Literatürde çizelgeleme problemi üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar incelendiğinde vardiya çizelgeleme üzerine yapılan çalışmaların çok fazla olduğu görülmüştür. Vardiya çizelgeleme alanında da genel olarak sağlık sektörüne odaklanılmış ve hemşire çizelgelemesi üzerine farklı kısıt ve kabuller altında çokça çalışılmıştır. Tez kapsamında hemşire vardiya çizelgeleme problemine odaklanıldığından bu bölümde sunulan literatür özeti bu problem ile sınırlandırılmıştır.

1.1 Literatür Özeti

Holmes, William ve Gustave [1] çalışmalarında kapsamlı bir hastane için 14 günlük periyotlara odaklanmıştır. Bu periyotta hemşire isteklerini göz önüne alarak atamalar yapmaya özen göstermişlerdir. Herhangi bir hemşirenin art arda en fazla 7 gün çalışmasına, 1 gün ve daha az izin yapmamasına ve 14 günlük periyotta 10 günlük mesai süresini doldurmasına dikkat etmişlerdir. Ayrıca hemşirelerin özellikle istedikleri izinlere ve doğum günlerine de dikkat etmişlerdir.

Arthur ve Ravindran [2] yaptıkları çalışmalarında hemşirelerin ve hastane yönetiminin isteklerini öğrenebilmek için anket yapmış, bu anketin sonucunda oluşturdukları maddeleri göz önüne alarak bir çizelgeleme yapmışlardır. Çizelgeyi birkaç kere yaparak özel isteklerin maksimum düzeyde sağlanmasını hedeflemişlerdir.

Rosenbloom ve Goertzen [3] yaptıkları çalışmada yeni bir n’li sistem tanımlamışlardır. Bu sistemde n, üzerinde çalışılan problemdeki periyodun gün sayısıdır. Çalışma her bir periyodu yedi gün olan iki periyottan oluşmaktadır. Hemşirenin en az ve en fazla ardışık çalışılan gün sayısı kısıtları önemsenmiş olup buna göre atamalar yapılmıştır. Üzerinde çalışılan problemlerde tanımlamalar değişeceği için farklı yaklaşımlar olacağından bahsetmişlerdir.

Weil, Heus, François ve Poijade [4] yaptıkları çalışmada özellikle aniden gelişen hemşire devamsızlığı durumuna odaklanmıştır. Bu durumlarda minimum değişimle çizelgeyi tekrar oluşturmayı hedeflemektedir. Problemi çözmek için kullanılabilecek çözüm metodlarının çeşitliliğinden bahsetmiş ve bir uygulama yapmıştır.

Jaumard, Semet ve Vovor [5] çalışmalarında hemşireleri kıdemli ve kıdemsiz olarak iki

gruba ayırmış ve bu kıdem derecelerine göre çizelgeleme yapmıştır. Bu çizelgede hemşire taleplerini göz önüne alarak maaş maliyetini en aza indirmeyi hedeflemiştir.

Dowland ve Thompson [6] yaptığı çalışmada ikisinin çalışma süresi eşit üçüncüsü onlardan daha uzun 3 farklı vardiyaya atama yapılmıştır. Bu çalışmada hemşireler kıdemlerine göre kıdemli, orta kıdemli ve kıdemsiz olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır. Her vardiyada her kıdemden hemşirenin olmasını hedefleyen atamada haftalık olarak çalışılan vardiya tipinin aynı olmasını dikkat edilmiştir. Hemşirelerin anlaşma koşulları ve kıdem dereceleri bu çizelgelemede ön plandadır.

Burke, Patrick, Sanja ve Greet Vanden [7] çalışmalarında 3 tip vardiyanın olduğu bir hastane çizelgelemesine odaklanmışlardır. Her hemşirenin kıdem derecesinin eşit olduğunu ve her hemşirenin her vardiyaya atanabileceğini kabul etmişlerdir. Bu kabuller ve kısıtlar doğrultusunda 5 hemşire için örnek bir çizelge oluşturup yorumlamışlardır.

Ahmad, Masahito ve Azuma [8] çalışmalarında bir günü üç eşit parçaya bölerek gündüz, gece ve gec geç vardiyası olmak üzerine 8 saatlik çalışma süresine sahip 3 farklı vardiyaya atama yapmışlardır. Başhemşirenin gece vardiyasına atanmasını önlemek için bu atamaların dışında tutmuşlardır. Her hemşireyi günde bir vardiyaya atamayı amaçlayan çizelgelemede doğum izinlerine, atanması gereken hemşire sayısına, hemşirelerin kıdem sürelerine ve araları bozuk olan hemşirelerin aynı gün aynı vardiyaya atanmamasına dikkat edilmiştir.

Jonathon ve Hadi [9] yaptıkları çalışmada öncelikle anlık değişimlerde hastane yönetiminin karşılaştığı sorunları ele almışlardır. Bu çalışma, her vardiya başlamadan önce görevli olması gereken hemşire sayısının eksik olma durumunda sistemin aksamaması için alınması gereken kararlar üzerine bir çalışma olmuştur. Oluşabilecek aksaklıkların giderilmesi için kadrodaki hemşireler ya da dışarıdan gelen hemşirelerin tercih edilebileceğini kabul etmişlerdir. Dolayısıyla oluşturdukları modelde hastanedeki hemşirelerin tamamını aynı anda değerlendirmişlerdir. Modelin uygulanabilirliğini test etmek için Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan, bünyesinde 14 ünite ve 300 hemşire barındıran bir hastane temsili kullanmışlardır. Sonuçlar 120 hemşireye kadar oluşan aksaklıkların ihmal edilebilir ölçüde kısa sürede çözüldüğünü göstermiştir.

Lorraine, Alain ve Dominique [10] yaptıkları çalışmada tamsayılı programlama ve kısıtlara dayalı programlama olmak üzere 2 yöntem önermiştir. Programın adaletini en üst seviyeye çıkarmayı hedeflemektedirler. Bu çalışmalarında hastanenin cerrahi bölümüne mensup hemşirelerin çizelgelemesi yapılırken kullanmayı hedefledikleri 2

yöntemi de test etmişlerdir. Yöntemlerin verimliliklerini değerlendirdikleri çalışmada hemşirelerin tamamı tam zamanlı hemşire olarak kabul edilmiştir.

Parr ve Thompson [11] yaptıkları çalışmada Birleşik Krallık'ta bulunan birçok hastaneye gönderdiği anketlerin sonucuna yorumlamıştır. Bu yorumlamaları yaparken hastanenin fiziksel imkanları, kapasiteleri, çalışma koşulları ve hemşire sayıları gibi farklılıklar olduğuna dikkat çekmişlerdir. Hastanelerin büyük bir çoğunluğunun çizelgeleme işlemini manuel olarak yaptığını ve askerlik, yıllık izin gibi faktörlerin devreye girmesi durumunda bu süreçlerin uzun geçtiğini belirtmişlerdir. Vardiya çizelgelemesi durumuna iki farklı yaklaşımda bulunan Parr ve Thompson bu yaklaşımları detaylıca inceleyip daha avantajlı olan tercihini yorumlamışlardır.

Chang Chun ve Sharman [12] yaptıkları çalışmada çizelgelemeyi iki aşamada çözmüşlerdir. İlk aşamada hemşirelerin çalışma ve izin günleri belirlenip çizelgede gösterilmiş, daha sonra optimal çizelgeye ulaşmak için hemşire liste çizelgesine odaklanılmıştır. Yetkili makamlar aracılığıyla elde ettiği verileri Genetik Algoritma yardımıyla çözmüştür. Çalışmanın sonunda oluşturulan modelin her kurum için geçerli olmayacağı fakat her kuruma göre revize edilebileceğini vurgulamıştır.

Daniel ve Stefan [13] yaptıkları çalışmada hastane maliyetlerinin artması ve nitelikli hemşire sayısının azalması durumundan doğan müşteri memnuniyetsizliğine odaklanmıştır. Bunun sonucunda hemşire vardiya çizelgelemesinin büyük ölçüde bu durumlara çözüm olacağına inanmışlardır. Kurallara uygun yapılan bir çizelgeleme ile hemşirelerin fazla çalışmasını engellediğini, dolayısıyla daha az yorulan hemşirelerin motivasyonunun arttığını ve bunun yanı sıra fazla mesailerden kaynaklanan maliyetlerin azaldığını göstermişlerdir. Yapılan çizelgeleme işlemi sonucunda daha iyi koşullarda çalışan hemşirelerin istifa etmeye yönelik olan isteklerinin büyük ölçüde azaldığını vurgulamışlardır.

Adoly, Gheith ve Fors [14] yaptıkları çalışmada hastane talebini, maliyeti, hemşirelerin tercihlerini ve hastane standartlarını dikkate alarak hemşireleri vardiyalara atamayı hedeflemiştir. Çoklu ticari ağ akış modeline dayanan bir matematiksel model önermiş ve bu modelin doğruluğunu örneklerle desteklemişlerdir. Oluşturdıkları modeli Mısır'da bir hastanede uygulayıp sonuçların başarılı olduğunu göstermişlerdir. Manuel olarak hazırlanan önceki çizelgelere kıyasla hemşire memnuniyetinin arttığını ve fazla mesai maliyetinin %36 azaldığını göstermişlerdir.

Legrain, Bauarab ve Lahrichi [15] yaptıkları çalışmada, kadrolu olarak çalışan hemşireler

ve acil durumlarda çağırılan hemşireler olmak üzere iki farklı hemşire grubunun çizelgelemesi üzerine çalışmıştır. Oluşturdukları modelin verilerinin alındığı hastane çizelgelemeyi manuel olarak ya da pahalı ticari araçlara yatırım yaparak çözmekteydi. Bu sorunu ortadan kaldırmak için hiç yatırım gerektirmeyen bir yaklaşım önerdiler. Bir taraftan sezgisel algoritmalar sunarken diğer yandan yaklaşımın performansını karşılaştırmak ek analizler yapmışlardır. Önerilen yaklaşımı CYPLEX ile çözmüş ve hiçbir maliyetinin olmadığını göstermişlerdir. Böylelikle manuel yaklaşım veya pahalı bir ticari paket arasında seçim yapma zorunluluğunu ortadan kaldırmışlardır.

Leksakul ve Phetsawat [16] yaptıkları çalışmada sağlanan hizmetin kalitesini yükseltirken fazla mesaiden doğan ek ücret ödemelerini en aza indirmeyi hedeflemiştir. Aynı zamanda ek ücret ödemesi yapılması dolayısıyla fazla mesaiyi hemşireler arasında adil bir şekilde paylaştırmanın hemşire motivasyonunu olumlu etkileyeceğini düşünmüş ve bunu da amaçları arasına almıştır. Hizmet standartlarını en yüksek seviyeye çıkarırken maliyeti de en aza indirmeye çalışan modelde birkaç farklı hemşire sayısına göre maliyet hesaplaması yapılmış ve en ideal olana karar verilmiştir. Oluşturdukları model için genetik algoritma önermiş ve gereken hemşire sayısı belirlenmiştir.

Wong, Xu ve Chin [17] yaptıkları çalışmada yerel bir hastanenin acil servisine ait hemşire çizelgelemesi için iki aşamalı sezgisel bir yaklaşım önermektedir. Bu çalışmada ilk aşamada hastane tarafından konulan zorunlu kısıtları gerçekleştirmeyi hedeflemişlerdir. İkinci aşamada ise hemşire isteklerini göz önünde bulundurmışlardır. Oluşturdukları yaklaşımı daha önce yapılmış olan çalışmalar ile kıyaslamış ve kullanıcı dostu olduğu sonucuna varmışlardır.

Seyda Topaloğlu ve Hasan Selim [18] yaptıkları çalışmada hastane yönetimindeki ve hemşire isteklerindeki belirsizlikleri ele almak için bulanık küme teorisinden faydalanmıştır. Çalışma kapsamında hemşire vardiya çizelgelemesi üzerine bir model oluşturulmuş ve tamsayılı programlama ile bir çözüm geliştirmişlerdir. Daha sonra bu modeli temel alarak farklı bulanık çözüm yaklaşımlarını kullanan üç bulanık hedef programlama modeli geliştirmişlerdir. Oluşturdukları modelin etkinliğini göstermek için çeşitli problem örneklerine uygulamışlardır. Ayrıca hassasiyet analizi de yapmışlardır.

Aickelin ve White [19] yaptıkları çalışmayı iki aşamaya bölmüşlerdir. İlk aşamada tamsayılı bir programlama formulasyonu ile hemşire vardiya çizelgeleme problemini modelleyip çözmüşlerdir. İkinci aşamada ise başarılı sonuçlar elde edilen çalışmaları kıyaslamışlardır. Bu çalışmada insan uzmanlığına dayanan önceki algoritmalarından daha iyi bir sonuç elde eden bir algoritmaya ulaşmışlardır.

Kawanaka, Yamamoto, Yoshikawa, Shinogi ve Tsuruoka [20] yaptıkları çalışmada hemşire vardiya çizelgelemenin önemini vurgulamış ve bir genetik algoritma yardımıyla çözülebileceğini ifade etmiştir. Çalışmaları kapsamında kullanılan yöntemler kısıtlamalarını karşılayacak şekilde çözüme ulaşmışlardır.

Ediz Atmaca vd. [21] yaptığı çalışmada hastanenin hemşireleri fazla mesaiye çağırarak düzensiz ve adil olmayan şekilde yorması ele alınmış ve bunun üzerine çalışılmıştır. Bu çalışmada 24 saatlik bir gün 12 saatlik 2 vardiyaya ayrılmıştır. Hemşirelerin gece vardiyasından sonraki gün gündüz vardiyasına atanması engellenmiştir. Her vardiyaya 1 uzman hemşire ataması yapılmasına özen gösterilip hamile ya da süt izninde olan hemşireler sadece gündüz vardiyasına atanmıştır. Hemşirelerin özel istekleri varsa ve uygulanabilirse bunlar da modele dahil edilmiş ve 1 aylık bir periyot için model oluşturulmuştur.

1.2 Tezin Amacı

Hemşire vardiya çizelgelemesi yapılırken, hemşirelerin vardiya tercihleri, izin günleri, hafta sonu çalışma günleri, yıllık tatil dönemleri ve ihtiyaç duyulan personel sayısının dengelenmesi, farklı vardiyalarda çalışılan gün sayılarının adaletli dağıtılması, yorucu vardiyalar sonrasında yeterli dinlenme süresinin tanınması gibi birçok kısıt göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle, vardiya çizelgeleme genellikle zaman alıcı bir süreçtir ve kişisel tercihlere göre yapılan subjektif atamalar hizmet kalitesinde düşüslere neden olabilir. Tezimizin amacı, bu zorlu süreci kolaylaştırmak ve hemşirelerin dört haftalık vardiyalarının dengeli bir şekilde dağıtılarak hemşirelerin çalışma koşullarının iyileştirilmesine, çalışan memnuniyetinin ve hizmet kalitesinin artırılmasına yardımcı olan bir vardiya çizelgesi oluşturmak için bir karma tamsayılı programlama modeli sunmaktır. Bu model, yasal düzenlemelerin yanı sıra hastane yönetiminin istek ve ihtiyaçlarını ve hemşirelerin tercihlerini de dikkate alarak oluşturulmuştur. Ayrıca, hafta içi ve hafta sonu, sabah-akşam ve tam gün vardiyalarının, izin günlerinin adil bir şekilde dağıtılması, fazla mesai yapan hemşirelere çalışma saatlerinde minimum mesai saati atanması gibi kısıtlar içermektedir. Uygulanan model, İstanbul'daki bir özel hastanenin yoğun bakım servisinde test edilmiş ve GAMS paket programı aracılığıyla başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Tezin ikinci bölümünde çizelgeleme probleminden, çizelgeleme probleminin kullanım alanlarından, vardiya çizelgeleme probleminden ve hemşire vardiya çizelgelemesinden bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde, yoğun bakım servisi için hemşire çizelgelemesinin karma tamsayılı modeli oluşturulmuştur. Dördüncü bölümde, oluşturulan model verilerin

tedarik edildiği hastane özelinde çözülmüş, çıkan sonuçlar ve yorumları sunulmuştur.

1.3 Orijinal Katkı

Tez kapsamında, hemşire vardiya çizelgelemesini el ile yapan hastanelerin yoğun bakım ünitesinde kullanılmak üzere dört haftalık periyodu kapsayacak şekilde hemşire vardiya çizelgesini oluşturmak için karma tamsayılı bir model önerilmiştir. Sunulan modelde, Sağlık Bakanlığı tarafından belirlenen yasal düzenlemelerin dikkate alınmasının yanı sıra, hastane yönetiminden gelen istek ve ihtiyaçlar, ayrıca hemşire istekleri de gözönüne alınarak çalışma koşullarının iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Modelimiz, vardiya çizelgeleme konusunda literatürde bulunan temel kısıtların yanı sıra, ilgili hastanenin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde özelleştirilmiş yeni kısıtlar da içermektedir. Yani modelimiz, sadece genel geçerli kısıtlarla sınırlı kalmayıp, hastanenin spesifik gereksinimlerini de hesaba katarak daha kapsamlı bir çözüm sunmaktadır.

Modelimizdeki teklik, vardiya, ön atama, çalışan sayısı, mesai sayısı, fazla mesai kısıtları; hemşire vardiya çizelgeleme literatüründe sıklıkla karşılaşılan temel kısıtlardır. Tam vardiyaya atanmış bir hemşirenin mümkünse sonraki 2 gün izinli olmasını sağlamaya çalışan bazı kısıtlar literatürde bulunmakla birlikte, tez kapsamında bu amaçla oluşturulmuş kısıt yapısal olarak özgündür. Literatürdekilerden farklı olarak, her bir hemşirenin, mümkün olduğunca bir hafta sonunda hem Cumartesi hem de Pazar gününe atama yapılmamasını sağlayan hafta sonu izin kısıtı ve hemşirelerin her bir vardiya çeşidi için toplam atanma sayıları arasındaki adaleti sağlayan dengeleme kısıtları oluşturulmuştur. Dengeleme kısıtları oluşturulurken, iki hemşirenin toplam atanma sayıları arasındaki sapmaların hedef programlama mantığıyla minimize edilmesi yoluna gidilmiştir. Ayrıca, esnek kısıtlar arasındaki öncelikler, amaç fonksiyonundaki ilgili yardımcı ve sapma değişkenlerinin toplamlarından oluşan terimlerin ağırlıklandırılması yoluyla sağlanmıştır. Seçilen farklı ağırlıklar için çeşitli senaryolar oluşturulmuş ve amaç fonksiyonuna etkileri incelenmiştir.

ÇİZELGELEME PROBLEMİ

Her sektörde yapılacak olan işin tamamlanması için belirli bir sıra ile işlenmesi gerekmektedir. Üretim sektöründe bu, makinelerin uygun sırayla kullanımı ile sağlanmaktadır. Fakat hizmet sektöründe bu durum insan gücüne dayalıdır. İnsan gücü, yapılması gereken işin bir kişi tarafından yapılması olarak tanımlanabilir. Dolayısıyla maliyet boyutu düşünüldüğünde, insan gücü çok önemli bir paya sahip olmaktadır. Bu sebeple hizmet sektöründeki işletmeler bir yandan kaliteli hizmet vermeyi amaçlarken bir yandan da maliyeti minimum seviyede tutmayı hedeflemektedir. Bu sektörde işin gerçekleşme zamanı da çok önemli bir faktördür. Belirli bir süre hizmet görmeyen müşteri kaybedilebilir. Dolayısıyla zamanın maksimum seviyede verimli kullanılması gerekmektedir. Bu sebeple hizmet sektörü çizelgelemeye ihtiyaç duymaktadır.

Çizelgeleme, kullanıldığı sektörde yapılması planlanan işlerin önceden belirlenen kurallar ve kısıtlar doğrultusunda belirli bir zaman dilimine yerleştirilmesi durumuna denir. Kurallar ve kısıtlar kullanıldığı sektöre, yapılacak işe, kurumun özel isteklerine göre değişkenlik göstermektedir. Dolayısıyla çizelgeleme problemi genelgeçer bir çözüme sahip değildir.

Günümüzde hizmet sektöründe en önemli nokta müşteri memnuniyetidir. Müşteri memnuniyetinin maksimum seviyeye ulaşması, gördüğü hizmet kalitesi ve zamanına bağlı olarak değişmektedir. Hizmet sektöründeki işletmeler, hizmet kalitesini arttırmak için ilk olarak çalışan memnuniyetine odaklanmaktadır. Çalışma koşullarından memnun olan bir çalışan, çalışma kalitesini arttıracak için bu direkt olarak müşteriye yansıyacaktır.

2.1 Çizelgeleme Problemi Kullanım Alanları

Çizelgeleme problemi yapılacak işlerin belirli bir plana göre devam etmesi gereken tüm sektörlerde kullanılmaktadır. Ulaşım sektörü, üretim sektörü, eğitim sektörü ve sağlık sektörü en fazla karşılaşılan sektörler arasında sayılabilir.

Çizelgeleme problemi ulaşım sektörü içinde bir çok farklı yerde kullanılabilir. Otobüs sefer saatlerinin çizelgelenmesi, uçak sefer saatlerinin çizelgelenmesi, tren sefer saatlerinin çizelgelenmesi ulaşım araçlarının çizelgelenmesi arasında sayılabilir. Bunların yanı sıra ulaşım araçlarını kullanacak olan şoför ya da makinistlerin vardiyasının

izelgelenmesinde de kullanılmaktadır.

Zeynep Ceylan vd. [22] yaptığı çalışmada özel bir raylı sistem firmasına ait makinist çizelgeleme problemi üzerinde durulmuştur. Yapılan alışma 1 haftalık periyot için uygulanmış ve adil bir atama yapılması hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında 2 vardiya tipi tanımlanmış ve her hafta içerisindeki ardışık günlerde aynı tip vardiyaya atama yapılmaya çalışılmıştır.

Emrah Uzumer ve Tamer Eren [23] yaptıkları çalışmada özel bir taşımacılık firmasına ait okul servisinin sabah öğrencileri evlerinden alıp okula bırakması için uygulanabilecek en avantajlı rotayı belirlemeyi hedeflemişlerdir. Mevcut servisin 4 farklı rotasını inceleyip katedilen mesafeyi ve tüketilen yakıtı en aza indirmeye çalışmışlardır.

Equi, Gallo, Marziale ve Weintraub [24] yaptıkları çalışmada, verilen bir ürünün, belirli bir filo kamyonla birlikte, bir iş günü boyunca, minimum maliyetle, bazı kaynaklardan belirli bir varış noktasına ulaştırılması gereken bir problemi ele almışlardır. Problemin çözümünü, ürünlerin teslim edilmesi için seyahat planlanması ve bu seyahatlar için gerekli araçların programlanması olarak iki aşamaya bölmüşlerdir. Bu zm yaklaşımı için Lagrange Ayrışımı'ndan faydalanmışlardır. Oluşturdukları zm algoritması ile bir problemin çözümünü yapmışlardır.

Üretim sektörü çizelgelemeye en çok ihtiyaç duyan sektörlerden biridir. Bu sektörde hem üretilecek olan ürünün üretim aşamasında kullanılan makinelerin kullanım sırası için hem bu makinelerin çalışmasını takip edecek kişilerin vardiyası için hem de üretim öncesi proje aşamalarının takibi için çizelgeleme problemi kullanılabilmektedir.

Zeynep Ceylan vd. [25] yaptıkları çalışmada beyaz eşya sektöründe faaliyet gösteren bir fabrikanın boyahane bölümündeki işleyiş üzerinde durulmuştur. izelgelemenin yapılmasındaki en önemli amaç son işin tamamlanmasının ve toplam gecikmenin en aza indirilmesidir. Öncelikli olarak bu konulara odaklanılmış ve minimizasyon yönünde çalışılmıştır.

Evren Can zcan vd. [26] yaptıkları çalışmada bir hidroelektrik santraldeki işleyiş üzerinde durmuştur. alışan performansının arttırılmasını ilk hedef olarak ele almış ve adil çalışma koşulları oluşturmayı hedeflemişlerdir. Yaptıkları çalışmanın sonucunu çalışma yapmadan önceki izelge ile kıyaslayarak performans artışıının yüzdesini hesaplamışlardır.

Geisner vd. [27] yaptıkları çalışmada üretim sektöründe taşıma problemini ele almışlardır. Kısa raf ömrü sebebiyle stoklama yapılamayan ürünlerin taşınmasında ortaya

ıkan zorluklar üzerinde durmuş ve verilen bir müşteri setinin talebini karşılamak için ürünün üretimi ve teslimatı için gereken minimum srenin belirlenmesini hedeflemişlerdir. Çalışma kapsamında optimal çözüm için alt sınırlar geliştirip iki fazlı bir heuristik yaklaşım önermişlerdir. İlk aşamada müşteri setinin uygun permütasyonunu seçip ikinci aşamada entegre bir program oluşturmuşlardır. Çalışma sonunda çözüm yönteminin performansının analizini de yapmışlardır.

Eğitim sektörü, program denince akla gelen ilk sektörler arasındadır. Eğitim sektörü içerisinde bulunan tüm kurumlarda ders programı ya da sınav programı mevcuttur. Bu programlarda dersler, o dersleri veren eğitimciler, dersin verileceği sınıflar ve günler gibi bir çok değişken vardır. Dolayısıyla bu programların istenen en iyi düzeyde hazırlanmasında çizelgeleme problemi kullanımı büyük önem taşır.

Muhammer İlkuçar [28] yaptığı çalışmada niversitenin bir bölümüne ait sınav çizelgelemesi üzerine çalışmıştır. Öğrenci sayısı ve derslik sayısı dikkate alarak açıkta ğrenci kalmayacak şekilde sınav programı ataması yapmıştır. Bu izelgelemede 2.sınıfta olmasına rağmen 1.sınıf dersini alttan alan öğrenciler olma ihtimaline karşılık aynı gün aynı saate 2 kademeye ait sınav koyulmamıştır.

Ecir Uğur Küçüksille ve Mahmut Tokmak [29] yaptıkları çalışmada bir devlet niversitesinin meslekyksek okullarından birine ait ders programı için bir uygulama geliştirmiştir. Haftada 5 gün ve her gün 8 saat için oluşturulan programda aynı ğretim elemanının farklı derslerinin akişmamasına, sınıftaki ğrenci sayısına yetecek boyuttaki sınıfa dersin atamasının yapılmasına, ders saatlerinin mümkün olduğunca peş peşe olmasına, aynı sınıf kademesine ait derslerin akişmamasına ve ğretim elemanlarının gün seçimlerine dikkat edilmiştir.

Abdullah, Burke ve McCollum [30] yaptıkları çalışmada niversite ders zaman çizelgeleme problemi üzerine odaklanmış ve bunun için bir algoritma geliştirmişlerdir. Problem dahilinde derslerin uygun zaman dilimlerine ve uygun sınıflara atanmasını sağlamışlardır. Problemin zm için yerine getirilmesi gereken zorunlu kısıtlar ve programın kalitesini arttırmak için yumuşak kısıtlar kullanmışlardır. zmn kalitesi, kullanılan yumuşak kısıtların sağlanıp sağlanmaması durumunda hesaplanan ceza puanları ile ölçmüşlerdir. Kullandıkları yöntemi literatürde kullanılan diğer yöntemlerle karşılaştırıp sonuçları analiz etmişlerdir.

Erben ve Keppler [31] yaptıkları çalışmada ağır kısıtlamalara sahip bir niversite ders zaman çizelgeleme problemi üzerinde bir genetik algoritma geliştirmişlerdir.

Tanımladıkları problemin çözümü için kullanılan genetik algoritma kurallara uymayan ya da daha az uyan çözümleri değil çözüme en yakın sonuçları sunuyor. Elde ettikleri prototip ders programlama sistemini C ve PROLOG'ta uygulamış ve sonuçları yorumlamışlardır. Üzerinde çalıştıkları üniversite verileri için sonuçlar tatmin edici düzeyde olmuştur

Sağlık sektörü, zamanın ön planda olduğu sektörler arasında en başta sayılabilir. Bu sektörde hem ortak alanların kullanımı hem de çalışanların vardiyalarının takibi için çizelgelemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Ameliyathane kullanım çizelgelemesi, doktor vardiya çizelgelemesi, hemşire vardiya çizelgelemesi bu sektörde kullanılan çizelgeleme örnekleri arasında sayılabilir.

Tez kapsamında sağlık sektöründeki hemşire vardiya çizelgeleme problemine odaklanılacağından bu sektöre ait literatür taraması bir sonraki başlık altında daha detaylı tartışılacaktır.

2.2 Sağlık Sektöründe Çizelgeleme Problemleri

Sağlık sektöründe kullanılan kaynakların planlanması verilen hizmetin 7 gün 24 saat olması dolayısıyla büyük önem taşır. Dolayısıyla sağlık sektöründe çizelgeleme problemi bu kaynakların yönetimi ve planlanması ile ilgilidir. Bu kaynakların çeşitlerine göre sağlık sektöründeki çizelgelemenin kullanıldığı alanlar dört başlık altında toplanabilir.

Bu başlıklardan ilki personel çizelgelemedir. Bu tür problemler, sağlık kurumlarındaki personelin uygun şekilde atandığı zaman tablolarının hazırlanması ile ilgilidir. Sağlık sektöründe çalışan tüm personeller belirli bir vardiya çerçevesinde çalışmaktadır. Hizmetin aksamaması için bu vardiya sistemi düzgün bir şekilde planlanmalıdır. Problemin çözümünde doktor, hemşire, teknisyen ya da diğer personellerin; tatil, izin ve diğer nedenlerle yapılan değişiklikler gibi faktörler dikkate alınarak çalışma programı belirlenir.

Alharbi ve Alqahtani yaptıkları çalışmada [32], Suudi Arabistanda bulunan bir hastanenin pediatri bölümünün doktorlarının nöbet çizelgesini oluşturmayı hedeflemiştir. Üzerine çalıştıkları hastanede doktorlar kıdemli ve kıdemsiz olarak iki gruba ayrılıp iki ayrı nöbet çizelgesi oluşturulmaktadır. Genetik Algoritma kullanarak bu problemi çözmeyi hedeflemişler ve çözüme ulaşmışlardır. Böylelikle hastanenin aylık olarak el ile yaptıkları çalışmanın daha güvenilir ve kısa bir yolunu elde etmişlerdir.

Özcan vd. [33] yaptıkları çalışmada, Ankara'da bulunan özel bir hastanenin radyoloji bölümüne ait çizelgeleme problemine odaklanmışlardır. Bir günü dört vardiyaya bölerek

sekiz radyoloji teknisyeninin bu vardiyaları eşit bir şekilde dağıtılmasını hedeflemişlerdir. Hastanenin isteklerinin yanı sıra Sağlık Bakanlığı tarafından belirlenen radyasyona maruz kalma sürelerinin düzenlenmesine yönelik kuralları da dikkate almışlardır. Bu doğrultuda hedef programlama methodu ile bir çalışma yapmışlardır.

Bu bölümdeki ikinci başlık ekipman çizelgelemedir. Bu tür problemler, sağlık kurumlarındaki ekipmanların kullanımının planlanması ve yönetimi ile ilgilidir. Cihazların, araçların ve diğer ekipmanların bakımı, onarımı, kalibrasyonu ve değiştirilmesi, hastaların tedavi planına göre planlanır. Bu sayede verilen hizmetin aksamaması önlenmiş olur.

Tamer Eren, Evren Kodanlı ve arkadaşları, [34] sağlık sektörü için yaptıkları çalışmada ameliyathane sırası beklemeyi ve doktorun veriminin düşmemesini hedef noktasına koymuşlardır. Ameliyathanelerin kullanım sırasını çizelgeleyip hastaların minimum seviyede beklemesini, doktorların ameliyat sıralarının belirlenmesini ve ameliyathane ve içerisindeki malzemelerin maksimum düzeyde verimli kullanılmasını sağlamaya çalışmışlardır.

Jebali, Alouane ve Ladet [35] yaptıkları çalışmada, ameliyathane ve ameliyathane içerisindeki malzemelerin kullanımı üzerine çalışmışlardır. Ameliyathaneler hastanelerin en pahalı bölümleri arasında sayılmaktadır. Bu yüzden kullanımını programlamak maliyeti azaltacağından hastane için fayda sağlayacaktır. Bu çalışmada ameliyathane kullanımını düzenli hale getirerek maliyeti en aza indirmeyi hedeflemişlerdir.

Bu bölümdeki üçüncü başlık hasta çizelgelemesidir. Bu tür problemler, hastaların uygun şekilde planlanması ve yönetimi ile ilgilidir. Hastaneler randevu sistemi ile çalışmaktadır. Dolayısıyla hasta randevularının, tetkiklerin ve tedavilerin uygun bir şekilde planlanması gerekmektedir. Bu planlama yapılırken tıbbi personelin yoğunluğu, ekipman kullanılabilirliği ve diğer faktörler dikkate alınır.

Chern, Chien ve Chen [36] yaptıkları çalışmayı iki farklı kola bölmüşlerdir. Bunlardan birincisi muayene olmak için bekleyen hastaların bekleme süresini minimuma indirmek için yaptıkları çizelgeleme sistemidir. Diğeri ise doktorların bekleme süresini en aza indirerek hasta ile doktoru muayene için eşleyerek oluşturdukları çizelgelemedir. Bekleme sürelerini en aza indirerek memnuniyeti yükseltmeyi hedeflemişlerdir. Oluşturdukları modeli iki farklı hastanede uygulamaya dökerek olumlu sonuçlar aldıklarını raporlamışlardır.

Bilgin, Demeester vd. [37] yaptıkları çalışmada iki farklı çizelgeleme türü üzerine

çalışmışlardır. Bunlardan biri hasta kayıt çizelgeleme diğeri ise hemşire çizelgelemedir. Sağlık sektöründe özellikle bu ikisinin yoğunluğunun fazla olmasına dikkat çekmişlerdir. Bu problemlere hiperheuristik ve daha önceden denenmemiş yaklaşımlarda bulunmuş ve önceki yapılan çalışmalarla kıyaslamışlardır. Yaptıkları çalışmanın büyük ölçüde kolaylık sağladığını göstermişlerdir.

Ala ve Chen [38] yaptıkları çalışmada hasta memnuniyetinin artırılması için en önemli etkinin en az oranda bekleme ihtimalini sağlayarak olacağını savunmuşlardır. Hastanın muayene edilmeden önce geçirdiği zaman ne kadar azaltılırsa memnuniyetin o kadar artacağına inanmışlardır. Dolayısıyla randevu planlama üzerine araştırma yapmış ve bu konu üzerine çalışmışlardır.

Bu bölümün son başlığı da malzeme çizelgelemedir. Bu tür problemler, sağlık kurumlarındaki malzeme ve tedarik zincirinin yönetimi ile ilgilidir. Malzeme stoklarının yönetimi, tedarikçilerin planlanması ve malzeme taleplerinin uygun şekilde planlanması gibi faktörler dikkate alınarak yapılır. Hastaya uygulanacak olan herhangi bir işlemde kullanılacak malzemelerin hazır olması hizmetin aksamasını önleyeceğinden malzeme çizelgeleme büyük önem taşır.

Özüdoğru ve Görener [39] yaptıkları çalışmada, sağlık sektöründe tedarik zincirinin önemini ele almışlardır. Özel bir hastanenin geçmiş yıllardaki medikal malzemelere duyduğu ihtiyaç ve kullanım miktarlarını ele alıp değerlendirmesini yaparak oluşabilecek yeni ihtiyaç miktarlarının tahminlemesini yapmışlardır. Bu sayede malzeme israfı ve stok maliyetleri minimuma indirilmeye çalışılmıştır. Bu tahminler doğrultusunda tedarik edilen malzemelerin kullanımı programlanmıştır.

2.3 Hemşire Vardiya Çizelgeleme Problemi

Sağlık sektöründe vardiya çizelgelemesi yapılırken en çok üzerine çalışılan gruplardan ilki hemşirelerdir. Bulundukları hastanelerde sayıca diğer gruplardan daha fazla olmaları bunun en önemli sebepleri arasında sayılabilir. Hemşirelerin motivasyonunu direkt olarak etkileyen ilk faktör de adil çalışma koşullarıdır. Bu sebeple hastanenin ve Sağlık Bakanlığı'nın belirlediği kurallar dahilinde, hemşire istekleri de göz önünde bulundurularak yapılacak olan en adaletli vardiya çizelgelemesi direkt olarak hemşirelerin çalışma motivasyonunu ve dolaylı yoldan da müşteri memnuniyetini sağlayacaktır.

Hemşire vardiya çizelgelemesinde verimliliği arttırmak için birçok etken vardır. Hemşirelerin yetkinlikleri, verilmesi gereken izinler, vardiya tercihleri, resmi

makamlarca uygulanması zorunlu kılınan kurallar bu etkenler arasında sayılabilir. Dolayısıyla çizelgeleme işlemi yapılırken bu etkenler göz önünde bulundurulmalıdır.

Hemşire vardiya çizelgeleme problemi ile ilgili geçmişten bugüne kadar yapılmış olan çalışmalar üzerine yapılan literatür taramasının özeti tez çalışmasının birinci bölümünde verilmiştir. Bu literatür, kullanılan çözüm yöntemi, hastanenin hangi biriminde uygulandığı gibi detaylarla Tablo(2.1)'de özetlenmiştir.

Tablo 2.1 Literatürde yapılan çalışmaların çözüm yöntemleri ve uygulandığı birimler

Çalışma	Çözüm Yöntemi	Açıklama
[1]	Döngüsel Koordinat Azaltma Algoritması	Tüm Hastane
[2]	Hedef Programlama	Tüm Hastane
[3],[9],[13],[19]	Tamsayılı Programlama	Tüm Hastane
[4],[10]	Kısıt Programlama	Servis
[5]	Kısıt Programlama	Tüm Hastane
[6]	Sezgisel Algoritma ve Tamsayılı Programlama	Servis
[7]	Heuristik Yaklaşım ve Kısıt Programlama	Servis(5 hemşire)
[8][12][16][20]	Genetik Algoritma	Servis
[11]	Meta-sezgisel Programlama	Tüm Hastane
[14]	Çoklu Malzeme Akış Modeli	Tüm Hastane
[15]	CYPLEX	Servis
[17]	Sezgisel Yaklaşım	Acil Servis
[18][21]	Tamsayılı Programlama	Servis

2.3.1 Çözüm Yöntemleri

Bu alt bölümde hemşire vardiya çizelgeleme probleminin çözümünde kullanılan

yöntemlerden bahsedilecektir. Geçmişten bugüne kadar hemşire vardiya çizelgeleme problemi üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Çalışmaların ortak yanı manuel olarak yapılan vardiyaların daha hızlı ve daha az hatalı yapılabilmesi için farklı bir çözüm yolu geliştirmektir. Geliştirilen çözüm yolları matematiksel model ve yapay zeka yöntemleri olarak iki alt başlıkta incelenebilir. Matematiksel model olarak tanımladığımız yöntem vardiya çizelgesinin bir matematiksel modelinin oluşturulmasını içerir. Bu modeller, bir sistemin matematiksel olarak açıklanması için kullanılan araçlardır. Bir sistemi veya bir süreci tanımlamak, analiz etmek veya öngörmek için kullanılırlar. Çizelgeleme probleminin matematiksel model yardımıyla çözülmesinde genel olarak tamsayılı programlama, lineer programlama, kısıt programlama veya heuristik yaklaşımlar kullanılmaktadır.

Tamsayılı programlama, hemşire vardiya çizelgeleme problemi çözümü için bir optimizasyon yöntemi olarak kullanılabilir. Bu yöntem, belirli kısıtlara bağlı olarak bir hedef fonksiyonu eniyilemeyi amaçlamaktadır. Hemşire vardiya çizelgeleme probleminde, hedef fonksiyonu genellikle hemşirelerin tercih ettiği vardiya saatlerinin sayısı ve iş yasaları gibi kısıtlamalara uygun olarak çalışma saatlerinin minimizasyonu olarak belirlenir. Tamsayılı programlama yaklaşımı, matematiksel modellemeye dayanır ve genellikle bir doğrusal programlama problemi olarak formüle edilir. Bu modelde değişkenler genelde 0-1 aralığında tanımlanır ve bir hedef fonksiyonu, bir dizi kısıtlama ve koşullar belirlenir. Ardından, bir çözüm bulmak için bir optimizasyon algoritması kullanılır.

Hemşire vardiya çizelgeleme probleminin çözümü için kullanılan bir diğer yöntem de lineer programlamadır. Bu yöntemde, hemşire sayısı, vardiya sayısı ve diğer kısıtlamalar matematiksel ifadeler olarak modellemeye çalışılır ve amaç fonksiyonu belirlenir. Amaç fonksiyonu genellikle bir hedefi ifade eder.

Lineer programlama, kısıtların doğrusal eşitlik ya da eşitsizliklerle ifade edilebildiği problemleri çözmek için kullanılır. Hemşire vardiya çizelgeleme probleminde kısıtlar doğrusal eşitlik veya eşitsizlikler şeklinde ifade edilebilir. Örneğin, bir hemşirenin belirli bir zamanda sadece bir yerde olabileceği gibi, her vardiyanın belirli bir sayıda hemşireye ihtiyacı olabilir. Bu kısıtlamaları içeren bir matematiksel model oluşturulur ve amaç fonksiyonu, genellikle toplam çalışma saatlerinin en aza indirilmesi ya da tercih edilen hemşirelerin sayısının maksimize edilmesi şeklinde belirlenir.

Lineer programlama çözümleri kullanılarak bu model çözülür ve en iyi çözüm bulunur. Lineer programlama, belirli sayıda hemşire ve vardiya sayısı gibi sabit parametrelere

sahip olduğunda oldukça verimli bir yöntemdir. Ancak, sayıları değişen parametrelerin olduğu durumlarda daha karmaşık bir model oluşturulması gerekebilir. Ayrıca, belirli kısıtların doğrusal olmayabileceği durumlarda da lineer programlama kullanımı sınırlı kalabilir.

Karma tamsayılı çözüm, tamsayılı programlama ve lineer programlama tekniklerinin birleştirilmesiyle elde edilen bir yöntemdir. Hem tamsayılı programlama hem de lineer programlama modelleri karmaşık hemşire vardiya çizelgeleme problemlerinde kullanılabilir, ancak her birinin kendine özgü avantajları ve dezavantajları vardır.

Karma tam sayılı çözüm, problemi iki ayrı bölüme ayırır. Örneğin nöbetler ve hemşireler gibi. İlk olarak, nöbetleri belirli bir zaman aralığına göre düzenleyen bir tamsayılı programlama modeli oluşturulur. Bu modelde, her nöbet belirli bir zamanda başlayacak ve belli bir süre devam edecek şekilde tanımlanır. Ayrıca, her nöbetin kaç hemşireye ihtiyacı olduğu da hesaba katılır. İkinci adım, her bir hemşirenin belirli bir süre içinde kaç nöbet yapabileceğini ve kaç saat çalışabileceğini belirleyen bir lineer programlama modeli oluşturmaktır. Bu modelde, her hemşirenin çalışma saatleri ve nöbetleri, sınırlayıcı koşullar olarak tanımlanır.

Karma tamsayılı çözüm yöntemi, tamsayılı programlama ve lineer programlama modellerinin birleştirilmesiyle, daha büyük ve karmaşık hemşire vardiya çizelgeleme problemlerini çözmek için kullanılabilir. Bu yöntem, belirli bir zaman aralığı için optimum bir hemşire vardiya çizelgesi oluşturarak hem hastane personeli hem de hastalar için daha verimli bir hizmet sunabilir.

Hemşire vardiya çizelgeleme probleminin çözümünde kısıt programlama yöntemi sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntemde, problemdeki tüm kısıtlar doğrudan modele dahil edilir ve buna göre bir çözüm arayışı yapılır. Örneğin, her hemşirenin belirli sayıda vardiya üstlenmesi gerektiği kısıtı modele eklenir. Ayrıca, her vardiyada belirli sayıda hemşirenin bulunması gerektiği, hafta sonlarına özel vardiya atamaları gibi diğer kısıtlar da modele dahil edilebilir. Modeldeki kısıtların sayısı ve karmaşıklığı, çözümün bulunmasını zorlaştırabilir. Bu nedenle, çözüm süreci sırasında farklı kısıtların öncelikleri değiştirilebilir ve farklı yaklaşımlar denenerek en uygun çözüm bulunmaya çalışılabilir. Kısıt programlama yöntemi, genellikle doğrusal programlama modellerine göre daha karmaşık modellerin çözümünde daha etkilidir. Ancak, problem ölçeği büyüdükçe çözüm süresi de artabilir.

Hemşire vardiya çizelgelemesi gibi karmaşık problemlerin çözümünde matematiksel

modeller bazen yetersiz ya da yavaş kalabilir. Bu nedenle, problemi çözmek için daha hızlı ve pratik yöntemler gereklidir. Heuristik yaklaşımlar, pratikteki problemleri çözmek için tasarlanmış sezgisel yöntemlerdir. Hemşire vardiya çizelgeleme problemi için de çeşitli heuristik yaklaşımlar kullanılmaktadır.

Bu yaklaşımlardan ilki yerel arama yöntemleridir. Bu yöntemler, olası çözümleri iteratif olarak araştırarak daha iyi çözümler elde etmeye çalışır. Örneğin, Simulated Annealing ve Tabu Arama yöntemleri bu tür yaklaşımlardandır.

Tabu arama, hemşire vardiya çizelgeleme problemi gibi karmaşık problemleri çözmek için kullanılan bir meta-sezgisel yöntemdir. Bu yöntem, bir çözüm adayını bir noktadan diğerine hareket ettirerek en iyi çözümü bulmaya çalışır. Tabu arama, bir mevcut çözüm adayından bir sonraki çözüm adayını üretmek için değişiklikler yapar. Bu değişiklikler belirli kısıtlamalara tabi olabilir. Örneğin, bir hemşirenin ardışık iki gece vardiyasına alınması engellenebilir. Bu değişiklikler, yeni bir çözüm adayını oluşturmak için kullanılır.

Tabu arama ayrıca bir tabu listesi tutar. Bu liste, daha önce ziyaret edilen çözümleri kaydeder ve aynı çözüm adayına geri dönülmesini engeller. Bu sayede algoritma, tekrarlı çözümlerden kaçınarak daha geniş bir arama alanında gezinebilir. Tabu arama, bir süre boyunca en iyi çözümü bulamazsa, daha önce tabu olarak işaretlenmiş değişiklikleri kabul edebilir. Bu yöntem, çözüme yakın olan ancak henüz keşfedilmemiş bir çözüm adayını keşfetmek için kullanılır.

Hemşire vardiya çizelgeleme problemi için Tabu arama, birçok farklı değişken ve kısıtlamalar içeren bir karmaşık optimizasyon problemi olduğu için uygun bir yöntem olabilir. Ancak, bu yöntem de bazı dezavantajlara sahiptir, örneğin çözüm alanını taramak için yeterli zaman ve kaynak gerektirebilir.

Heuristik yaklaşımların ikincisi genetik algoritmalarlardır. Bu yöntemler, biyolojik evrim teorisinden esinlenerek tasarlanmıştır. İlk olarak bir başlangıç popülasyonu oluşturulur ve ardından doğal seçim, çaprazlama ve mutasyon gibi genetik operatörler uygulanarak popülasyon geliştirilir. Çaprazlama, seçilmiş bireylerin genetik materyallerinin birleştirilmesiyle yeni bireyler oluşturur. Bu, popülasyonun çeşitliliğini artırır ve daha iyi çözümlere ulaşmak için birçok olası yol açar. Mutasyon, bireylerin genetik materyallerinde rasgele değişiklikler yaparak popülasyonun daha da çeşitlenmesine yardımcı olur. Bu, arama alanının daha geniş kısımlarına ulaşmamıza izin verir.

Genetik algoritmalar, hemşire vardiya çizelgeleme problemini çözmek için kullanılan

etkili bir yöntemdir. Ancak, ideal bir uygunluk fonksiyonu ve uygun parametrelerin seçilmesi önemlidir. Bu yaklaşımın faydası, geniş bir arama alanını kapsamaması ve çok sayıda değişken içeren problemleri çözebilmesidir. Ayrıca, büyük popülasyonlar veya uzun çalışma süreleri nedeniyle hesaplama maliyeti yüksek olabilir.

Bir diğer heuristik yaklaşım böl ve fethet algoritmalarıdır. Bu yöntemler, problemleri daha küçük ve daha kolay yönetilebilir parçalara bölmek ve bu parçaları ayrı ayrı çözmek için kullanılır. Bu yaklaşım, problemi daha hızlı ve daha etkili bir şekilde çözmek için geniş bir arama alanı ile başa çıkmaya yardımcı olabilir.

Bu algoritma tipi, problemi alt problemlere bölerek her alt problemin bağımsız olarak çözülebilir olduğunu varsayar. Bu nedenle, hemşire vardiya çizelgeleme problemi için her bir hemşirenin vardiya ataması gibi alt problemler belirlenebilir. Daha sonra, bu alt problemler bağımsız olarak çözülebilir. Bu yöntemde, alt problemler birbirinden farklı ve birbirlerine bağımlı olmadıkları kabul edilerek ayrıştırılmalıdır. Daha sonra, alt problemler çözülebilir ve en son çözümler bir araya getirilerek tüm problem çözülebilir. Böl ve fethet algoritmaları, çözüm alanını daha hızlı keşfetmek için paralel hesaplama yöntemleriyle birleştirilebilir. Böl ve fethet algoritmalarının hemşire vardiya çizelgeleme problemi için kullanımı, büyük ölçekli ve karmaşık bir sorunun çözümüne yönelik bir yaklaşımdır. Bu yöntem, her bir alt problemin optimize edilmesine izin verirken, tüm problemi daha hızlı ve etkili bir şekilde çözülebilir hale getirir.

Başka bir heuristik yaklaşım ise simülasyon temelli optimizasyondur. Hemşire vardiya çizelgelemesi için simülasyon yöntemi, bir model oluşturarak gerçek dünya senaryolarını taklit ederek yapay veriler oluşturma yöntemidir. Bu yöntem, çeşitli vardiya çizelgeleme senaryolarının test edilmesi ve özellikle büyük ölçekli problemlerin çözümünde faydalıdır.

Simülasyon yöntemi, öncelikle vardiya çizelgesi oluşturmak için bir takım parametreler ve kısıtlamalar belirler. Ardından, belirli bir süre boyunca senaryoyu taklit eden bir model oluşturulur. Bu model, belirli bir vardiya düzenlemesi altında çalışan hemşirelerin performansını, çalışma saatlerini ve diğer faktörleri hesaba katar. Daha sonra, modelin sonuçları analiz edilir ve hangi vardiya düzenlemelerinin en iyi performansı gösterdiği belirlenir. Bu yöntem, gerçek dünya senaryolarını simüle ettiği için, vardiya çizelgeleri için gerçekçi ve uygun sonuçlar üretme potansiyeline sahiptir. Ancak, simülasyon yöntemi, modelin doğru parametrelerle oluşturulması ve senaryonun gerçek dünya senaryolarını doğru şekilde taklit etmesi gerektiğinden, yüksek düzeyde hassasiyet gerektirir.

Hemşire vardiya çizelgeleme problemi için karar ağaçları, yapay zeka yöntemleri arasında kullanılabilecek başka bir yöntemdir. Karar ağacı, bir problemi çözmek için bir ağaç yapısı kullanır. Her düğüm, bir karar noktasını veya bir sonucu temsil eder. Bu yöntemde, önce problemdeki kriterler belirlenir ve bu kriterlerin her biri ağacın bir düğümünde temsil edilir. Ardından, her düğümde alınabilecek farklı kararlar belirlenir ve bu kararlar arasından en uygun olanı seçilir. Bu şekilde ağacın dalları boyunca ilerlenir ve sonunda en uygun sonuç elde edilir. Örneğin, hemşire vardiya çizelgeleme problemi için bir karar ağacı oluşturulabilir. Bu ağacın kökünde, vardiya çizelgesindeki en önemli kriter belirlenir, örneğin hemşirelerin çalışma saatleri veya mesafeleri gibi. Daha sonra, her bir düğümde alınabilecek farklı kararlar belirlenir, örneğin bir hemşirenin belirli bir gün çalışıp çalışmayacağı veya belirli bir mesai saatlerinde çalışıp çalışmayacağı gibi. Bu şekilde ağacın dalları boyunca ilerlenir ve en uygun vardiya çizelgesi oluşturulur.

Karar ağacı yöntemi, diğer yöntemlere göre daha az hesaplama gücü gerektirir, ancak daha az doğru sonuçlar verebilir. Bu nedenle, hemşire vardiya çizelgeleme problemi için karar ağacı yöntemi, diğer yöntemlerle birlikte kullanılabilir veya daha küçük ölçekli problemlerde tercih edilebilir.

Hemşire vardiya çizelgeleme probleminin çözümünde yapay sinir ağları da kullanılabilir. Yapay sinir ağları, hemşire vardiya çizelgeleme probleminin çözümü için birçok farklı şekilde uyarlanabilir. Örneğin, bir yapay sinir ağı, belirli kısıtlar altında optimal bir vardiya çizelgesi oluşturmak için eğitilebilir. Ağ, bir veri kümesi ile eğitilir ve ardından yeni durumlar için vardiya çizelgesi oluşturmak için kullanılabilir. Ayrıca, yapay sinir ağları, vardiya değişimlerinin planlanması ve vardiya çizelgelerinin optimize edilmesi gibi belirli görevleri yerine getirmek için kullanılabilir. Bu tür yapay sinir ağları, hızlı ve doğru bir şekilde büyük veri kümelerini analiz etme ve sonuçlarını kullanıcılara sunma yeteneği ile bilinir. Yapay sinir ağları ayrıca, hemşire vardiya çizelgelerinin gelecekteki taleplere göre tahmin edilmesinde de kullanılabilir. Bu tahminler, daha iyi bir planlama ve kaynak yönetimi için kullanılabilir.

Çalışmanın bir sonraki bölümünde Hemşire Vardiya Çizelgeleme Problemi için örnek ve revize edilebilir bir model oluşturulacaktır. Daha sonra oluşturulan modele belirlenen veriler tanımlanarak bu modelin çözümü de paylaşılacaktır. Modelin çözümünde Karma Tamsayılı çözüm yönteminden faydalanılacaktır.

HEMŞİRE VARDİYA ÇİZELGELEME PROBLEMİNİN BİR KARMA TAMSAYILI PROGRAMLAMA MODELLEMESİ

Bu çalışmada bir yoğun bakım servisinde oluşan hemşire vardiya çizelgeleme problemi üzerine bir karma tam sayılı programlama modeli oluşturulması amaçlanmıştır. Çizelgelemenin tutarlı yapılabilmesi için gerekli zorunlu kısıtlar, ve hemşire isteklerinin de göz önüne alınabilmesi için esnek kısıtlar kullanılmıştır. İlgili çizelge ülkemiz şartlarında uygulanan genel kurallar dikkate alınarak 4 haftalık yani 28 günlük hazırlanmıştır. Hazırlanan çizelgede vardiyaların adaletli bir şekilde dağıtılmasına özellikle dikkat edilmiştir.

Hemşire vardiya çizelgeleme problemi, personelin çalışacakları gün ve saatlerinin belirlendiği bir çizelgeleme türüdür. Bu problem, sağlık sektöründe yer alması sebebiyle verilen hizmet kesintiye uğramadan devamlılık sağlamalıdır. Bu bağlamda, toplam mola süreleri ve bu molaların yapılacağı zamanlar önceden belirlenip sabitlenmiş, çizelgeleme kapsamına dahil edilmemiştir.

3.1 Modelin Genel Yapısı

Vardiya çizelgeleme problemi çözülürken ilgili kuruma ait bilgiler, koşullar kullanıldığından, oluşturulan modeller kurumdan kuruma değişebilmektedir. Burdaki amaç, konu üzerine yaygın kullanılan uygulama esasları ve Sağlık Bakanlığı tarafından bildirilen kurallar çerçevesinde bir model oluşturmaktır. Buna istinaden modelin kabulleri şu şekilde sunulabilir:

- Modelin odaklandığı ilgili servis, 7 gün 24 saat boyunca hizmet veren 3. seviye bir yoğun bakım servsidir.
- İlgili yoğun bakım servisinde idari işleri yapmakla yükümlü olan sorumlu hemşire ve diğer hemşireler olmak üzere görev tanımları farklı olan belli sayıda iki tip hemşire çalışmaktadır.
- Sorumlu hemşire dışında yoğun bakım servisinde çalışan tüm hemşirelerin kıdem farkı olmamakta dolayısıyla herkes aynı işi yapabilmektedir.

- Dört haftalık çizelgeleme yapılması hedeflenmiş olup bu süreç içerisinde resmi tatil olmadığı kabul edilmiştir.
- Hastanenin yoğun bakım servisinde hafta içi ve hafta sonu üç vardiya bulunmaktadır. Sabah vardiyası 08.00 – 16.00, akşam vardiyası 16.00 – 00.00 ve tam gün vardiyası 16.00 – 08.00 arasında çalışmaktadır.

Sağlık Bakanlığı tarafından 20.07.2011 tarihinde 28.000 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan “Yataklı Sağlık Tesislerinde Yoğun Bakım Hizmetlerinin Uygulama Usul ve Esasları Hakkında Tebliğ”[40]’inin EK1’inde yer alan kurallara göre 3. seviye yoğun bakım servislerinde gündüz vardiyalarında her 2 yatak için en az 1 hemşire bulundurulması gerekmektedir. Bu koşul gece vardiyası için esnetilebilmektedir. Hafta içi ve hafta sonu sabah, akşam ve tam gün vardiyalarına atanacak hemşire sayıları belirlidir. Her vardiya için verilen bu sayılar kadar atama yapılması zorunludur.

- Her hemşire günde sadece bir vardiyaya atanmalıdır.
- Hemşireler kendi içlerinde oluşturdukları sıra ile yemek ve dinlenme molası vermektedir. Dolayısıyla mola zamanı modele dahil edilmemiştir.
- Hastane yönetimi ve Sağlık Bakanlığı tarafından konulan başka bir kuralda mesai saatiyle ilgili olan kuraldır. Hemşirelerin her hafta içerisinde çalıştıkları toplam saatin en az 48 olması istenmektedir. Her hafta 48 saatin üzerinde çalışılan her saat için mesai ücreti ödemesi yapılmaktadır.
- Bir hemşire için haftada en fazla 56 saatlik atama yapılabilir.
- Hemşireler tam gün vardiyasından sonra en az 1 gün (24 saat) dinlendirilmelidir. Bu süre imkan varsa 2 gün (48 saat) yapılabilir.
- Bir gün akşam vardiyasına atanan bir hemşire ertesi gün sabah vardiyasına atanmamalıdır.
- En adaletli dağıtım yapılabilmesi için hemşirelerin atandığı toplam vardiya sayıları arasındaki fark minimize edilmelidir.

3.2 Matematiksel Model

Modelde kullanılan kümeler, parametreler, değişkenler bu başlık altında verilecektir.

3.2.1 İndisler

i : personel indisi

$$i \in I = \{1, 2, \dots, i_{son}\}$$

j : gün indisi

$$j \in J = \{1, 2, \dots, j_{son}\}$$

k : vardiya indisi

$$k \in K = \{1, 2, \dots, k_{son}\}$$

Modelde i personel indisini ifade etmektedir. Görev tanımları farklı olan iki tip hemşireyi belirtmek için $I_s \subset I$ alt kümesi tanımlansın. $|I_s|$ kümenin eleman sayısını göstermek üzere, I kümesinin ilk $|I_s|$ elemanı sorumlu hemşire indisleri olsun. $(|I_s|+1)$. indis ve sonrası ise diğer hemşireler için kullanılsın. Sağlık sektöründe 7 gün 24 saat hizmet verildiğinden tüm günler dahil edilmiş ve dört haftalık periyot için j_{son} indisi 28 olarak alınmıştır. Yoğun bakım servislerinde teorik olarak farklı sayıda vardiyaya sahip olan çizelgeler oluşturulabilirken, uygulamada iki ya da üç vardiya esas alınmıştır. Bu sebeple modelimiz sabah, akşam ve tam gün vardiyası olmak üzere 3 vardiya kabulüyle oluşturulmuştur, matematiksel olarak $k \in K = \{1, 2, 3\}$ şeklindedir.

3.2.2 Kümeler

Çalışma kapsamında toplam mesai sürelerinin hesaplanması, sorumlu hemşireye özel hesaplamaların yapılması, iki periyot arasındaki geçişte zorunlu kısıtların sağlanması gibi işlemlerde kolaylık açısından bazı küme tanımlamaları yapılmıştır. İstenirse farklı esnek kısıtların modele dahil edilmesi için yeni kümeler tanımlanabilir. Modelimiz kapsamında tanımlanan kümeler şu şekildedir:

I_s	Sorumlu hemşire indis kümesi
$J_{H1} = \{1, 2, \dots, 7\}$	Birinci hafta gün indis kümesi
$J_{H2} = \{8, 9, \dots, 14\}$	İkinci hafta gün indis kümesi
$J_{H3} = \{15, 16, \dots, 21\}$	Üçüncü hafta gün indis kümesi
$J_{H4} = \{22, 23, \dots, 28\}$	Dördüncü hafta gün indis kümesi
$J_{HS}^C = \{6, 13, 20, 27\}$	Cumartesi günleri indis kümesi
$J_{HS} = \{6, 7, 13, 14, 20, 21, 27, 28\}$	Hafta sonu günleri indis kümesi

$j_{hi} \in J_{HI} = J \setminus J_{HS}$	Hafta içi günleri indis kümesi
I_{tam}	Periyot başlamadan önceki pazar günü tam gün vardiyasına (k=3) atanan hemşirelerin indis
I_{hs}	Periyot başlamadan önceki pazar günü akşam vardiyasına (k=2) ataması yapılan hemşirelerin indis kümesi
I_f	Önceki periyotta fazladan vardiyalara atanan hemşirelerin indis kümesi

Burada, I_{tam} ve I_{hs} bir önceki periyodun son gününde akşam ve tam gün vardiyasına atanan hemşirelerin, yeni periyodun ilk gününe atanmasını önlemek, başka bir ifadeyle iki çizelge arası geçişte izin koşulunun sağlanması için tanımlanmıştır. I_f ise bir önceki periyodun tamamında toplamda fazla mesai yapmış olan hemşirelerin bir sonraki periyotta tekrar fazla mesaiye atanmasını engellemek için oluşturulan kümedir.

3.2.3 Parametreler

Hafta içi ve hafta sonu her bir vardiyada çalışması gereken hemşire sayısı Sağlık Bakanlığı tarafından belirlenmiş olup bu sayılara göre atama yapılmalıdır.

CS_k^{HI} : hafta içi her bir vardiyada çalışması gereken kişi sayısı

CS_k^{HS} : hafta sonu her bir vardiyada çalışması gereken kişi sayısı

3.2.4 Değişkenler

Karar değişkenleri $x_{i,j,k}$ ikili yapıdadır.

$$x_{i,j,k} = \begin{cases} 1, & \text{i hemşiresi j gününde k vardiyasına atanmışsa} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}, \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K$$

Aşağıda verilen, esnek kısıtlarda kullanılan yardımcı değişkenler ve sapma değişkenleri sürekli yapıda olup nonnegatiftir.

$$y_i^{H1} \geq 0, \quad \forall i \in I, \forall j \in J_{H1} : 1.\text{haftanın toplam çalışma saati için yardımcı değişken}$$

$$y_i^{H2} \geq 0, \quad \forall i \in I, \forall j \in J_{H2} : 2.\text{haftanın toplam çalışma saati için yardımcı değişken}$$

$$y_i^{H3} \geq 0, \quad \forall i \in I, \forall j \in J_{H3} : 3.\text{haftanın toplam çalışma saati için yardımcı değişken}$$

$y_i^{H4} \geq 0, \quad \forall i \in I, \forall j \in J_{H4} : 4.\text{haftanın toplam çalışma saati için yardımcı değişken}$

$r_i^j \geq 0, \quad \forall i \in I, \forall j \in J_{HS}^C : \text{hafta sonu üst üste iki gün çalışılmaması için kullanılan yardımcı değişken}$

$s_i \geq 0, \quad \forall i \in I_f : \text{bir önceki periyotta fazladan toplam mesai yapan hemşireler için kullanılan yardımcı değişken}$

$t_i^j \geq 0, \quad \forall i \in I, \forall j \in J \setminus \{j_{son-1}, j_{son}\} : \text{tam gün vardiyasından sonra mümkünse 2 gün izin verilmesini sağlayan yardımcı değişken}$

$d_i^{k+}, d_i^{k-} \geq 0, \quad \forall i \in I, \forall k \in K : k \text{ vardiyasındaki adaletli dağılım için kullanılan sapma değişkenleri}$

Personel memnuniyetinin arttırılması ve fazla çalışma dolayısıyla ortaya çıkabilecek mesai ücretlerinin minimize edilmesi için sapma değişkenleri kullanılmıştır. Bu değişkenler aynı zamanda daha adaletli bir vardiya dağılımını sağlayacaktır. Böylelikle hemşirelerin gereğinden fazla mesai yapması önlenecektir.

3.2.5 Kısıtlar

Modelde her bir kısıt ayrı başlıklar altında incelenmiş hepsine ait denklemler belirtilmiştir. Kısıtlar zorunlu ve esnek kısıt olmak üzere iki başlık altında toparlanabilir. Zorunlu kısıtlar, hastane ve Sağlık Bakanlığı tarafından kural olarak konulan, kesinlikle sağlanması gereken, sağlanmadığı takdirde kabul edilebilir bir çizelgenin oluşamayacağı kısıtlardır. Esnek kısıtlar, oluşturulan çizelgenin kalitesini yükseltmek için hemşirelerin özel isteklerinin baz alındığı kısıtlardır. Teklik kısıtı, çalışma saati kısıtı, her vardiyadaki çalışan kişi sayısı kısıtı gibi kısıtlar zorunlu kısıtlardır. Hastanenin sağlanmasını zorunlu tuttuğu kısıtlardır. Mesai saati kısıtlarında mesai saatinin alttan sınırlandırıldığı kısıt ve tam gün vardiyası sonrasında iki gün art arda izin yapma kısıtları esnek kısıtlardır. Sağlanması için çalışılır ama zorunlu değildir.

Teklik Kısıtı

$$\sum_k x_{i,j,k} \leq 1, \quad \forall i \in I \setminus I_s, \forall j \in J \quad (3.1)$$

(3.1) kısıtı zorunlu bir kısıttır. Bu kısıt her personelin günde en fazla bir vardiyaya atanmasını garantileyen kısıttır. Yetkisi daha fazla olan sorumlu hemşirelerin çalışacağı vardiyalar hastane yönetimi tarafından genellikle önceden belirlendiği için (3.1) kısıtı diğer hemşireler için oluşturulmuştur.

Vardiya Kısıtları

$$x_{i,j,3} + \sum_k x_{i,j+1,k} \leq 1, \quad \forall i \in I \setminus I_s, \forall j \in J \setminus \{j_{son}\} \quad (3.2)$$

(3.2) kısıtı bir zorunlu kısıttır. Bu kısıt, tam vardiyaya atanmış bir hemşirenin ertesi gün hiçbir vardiyaya atanmamasını garanti eder.

$$x_{i,j,3} + \sum_k x_{i,j+2,k} \leq 1 + t_i^j, \quad \forall i \in I \setminus I_s, \forall j \in J \setminus \{j_{son-1}, j_{son}\} \quad (3.3)$$

(3.3) kısıtı bir esnek kısıttır. Bu kısıt, tam vardiyaya atanmış bir hemşirenin mümkünse sonraki 2 gün izinli olmasını sağlar.

$$x_{i,j,2} + x_{i,j+1,1} \leq 1, \quad \forall i \in I \setminus I_s, \forall j \in J \setminus \{j_{son}\} \quad (3.4)$$

(3.4) kısıtı bir zorunlu kısıttır. Bu kısıt bir hemşire herhangi bir günde akşam vardiyasına atandıysa o hemşirenin ertesi gün sabah vardiyasına atanmamasını garanti eder.

Hafta Sonu İzin Kısıtı

$$\sum_k x_{i,j,k} + \sum_k x_{i,j+1,k} \leq 1 + r_i^j, \quad \forall i \in I, \forall j \in J_{HS}^C \quad (3.5)$$

(3.5) kısıtı bir esnek kısıttır. Bu kısıt her bir hemşirenin, mümkün olduğunca bir hafta sonunda hem Cumartesi hem de Pazar gününe atama yapılmamasını sağlar.

Ön Atama Kısıtları

$$x_{i,j_{hi},1} = 1 \quad \forall i \in I_s, \forall j_{hi} \in J_{HI} \quad (3.6)$$

$$x_{i,j_{hs},k} = 0 \quad \forall i \in I_s, \forall j_{hs} \in J_{HS}, \forall k \in K \quad (3.7)$$

$$x_{i,j,k} = 0 \quad \forall i \in I_s, \forall j \in J, \forall k \in K \setminus \{1\} \quad (3.8)$$

$$x_{i,1,k} = 0 \quad \forall i \in I_{tam}, \forall k \in K \quad (3.9)$$

$$x_{i,1,1} = 0 \quad \forall i \in I_{hs} \quad (3.10)$$

(3.6), (3.7), (3.8), (3.9) ve (3.10) kısıtları birer zorunlu kısıttır. (3.6), (3.7) ve (3.8) kısıtları çoğu hastanede sorumlu hemşirelerin sadece sabah vardiyasında çalışması istenmesi dolayısıyla kullanılabilir. Yapılan bu ön atama, sorumlu hemşire ya da hemşirelere 48 saatlik mesai atanması zorunluluğunu kaldırmakta, yetki düzeyi daha yüksek olan ve evrak işlerinin de yapımından sorumlu bu hemşirelerin çalışma saatlerine

esneklik sağlamaktadır. (3.9) ve (3.10) kısıtları ardışık vardiyalar arasındaki geçişte zorunlu kısıtların uygulanmasına engel olunmaması için kullanılabilecek kısıtlardır.

Çalışan Sayısı Kısıtları

$$\sum_i x_{i,j_{hi},k} = CS_k^{HI}, \quad \forall j_{hi} \in J_{HI}, \forall k \in K \quad (3.11)$$

$$\sum_i x_{i,j_{hs},k} = CS_k^{HS}, \quad \forall j_{hs} \in J_{HS}, \forall k \in K \quad (3.12)$$

(3.11) ve (3.12) kısıtları birer zorunlu kısıttır. Sağlık Bakanlığı tarafından verilen kurallara göre her vardiyada ihtiyaç duyulan hemşire sayısı bellidir. Çalışan sayısı kısıtları bu kuralların uygulanmasını sağlar.

Dengeleme (Adalet) Kısıtları

$$\sum_j x_{i,j,k} - \sum_j x_{i+1,j,k} - d_i^{k+} + d_i^{k-} = 0, \quad \forall k \in K, \forall i \in I \setminus I_S \quad (3.13)$$

$$\sum_j x_{i_{son},j,k} - \sum_j x_{|I_S|+1,j,k} - d_i^{k+} + d_i^{k-} = 0, \quad \forall k \in K \quad (3.14)$$

(3.13) ve (3.14) kısıtları birer esnek kısıttır. Bu kısıt hemşirelerin her bir vardiya çeşidi için toplam atanma sayıları arasındaki adaleti sağlamaktadır. Oluşturulan modelde sorumlu hemşire için özel koşullar dikkate alındığından adalet kısıtı sorumlu hemşire için çalıştırılmaz ($\forall i \in I \setminus I_S$). Modelimizde $k_{son} = 3$ ’tür ve her bir hemşire için her vardiyada diğer hemşireler ile aralarındaki fark minimize edilerek atama yapılmaya çalışılmaktadır. Örneğin, $k = 1$ olduğunda her bir hemşire için tüm sabah vardiyalarına atandığı toplam gün sayısı, diğer hemşirelerin toplam sabah vardiya sayılarıyla kıyaslanır ve farkları minimize edilir. Aynı durum $k = 2$ ve $k = 3$ olduğu durumlar için de geçerlidir. $k = 2$ olduğunda atandıkları toplam akşam vardiyası sayıları, $k = 3$ olduğunda ise atandıkları toplam tam gün vardiyası sayıları arasındaki fark minimize edilmeye çalışılır.

Mesai Saati Kısıtları

$$\sum_{j \in J_{H1}} (8 * x_{i,j,1} + 8 * x_{i,j,2} + 16 * x_{i,j,3}) = 48 + y_i^{H1}, \quad \forall i \in I \setminus I_S \quad (3.15)$$

$$\sum_{j \in J_{H2}} (8 * x_{i,j,1} + 8 * x_{i,j,2} + 16 * x_{i,j,3}) = 48 + y_i^{H2}, \quad \forall i \in I \setminus I_S \quad (3.16)$$

$$\sum_{j \in J_{H3}} (8 * x_{i,j,1} + 8 * x_{i,j,2} + 16 * x_{i,j,3}) = 48 + y_i^{H3}, \quad \forall i \in I \setminus I_S \quad (3.17)$$

$$\sum_{j \in J_{H4}} (8 * x_{i,j,1} + 8 * x_{i,j,2} + 16 * x_{i,j,3}) = 48 + y_i^{H4}, \quad \forall i \in I \setminus I_S \quad (3.18)$$

(3.15), (3.16), (3.17) ve (3.18) kısıtları birer esnek kısıttır. Hemşirelerin her hafta içerisinde çalıştıkları toplam saatin en az 48 olmasını garanti eder. Her hafta 48 saatin üzerinde çalışılan her saat için mesai ücreti ödemesi yapılmaktadır. Sabah ve akşam vardiyasında mesai süresi 8, tam gün vardiyasında mesai süresi 16 olduğu için bu hesaplama yapılırken çalıştıkları her sabah ve akşam vardiyası sayısı 8 ile, her tam gün vardiyası sayısı 16 ile çarpılır.

$$\sum_{j \in J_{H1}} (8 * x_{i,j,1} + 8 * x_{i,j,2} + 16 * x_{i,j,3}) \leq 56, \quad \forall i \in I \setminus I_S \quad (3.19)$$

$$\sum_{j \in J_{H2}} (8 * x_{i,j,1} + 8 * x_{i,j,2} + 16 * x_{i,j,3}) \leq 56, \quad \forall i \in I \setminus I_S \quad (3.20)$$

$$\sum_{j \in J_{H3}} (8 * x_{i,j,1} + 8 * x_{i,j,2} + 16 * x_{i,j,3}) \leq 56, \quad \forall i \in I \setminus I_S \quad (3.21)$$

$$\sum_{j \in J_{H4}} (8 * x_{i,j,1} + 8 * x_{i,j,2} + 16 * x_{i,j,3}) \leq 56, \quad \forall i \in I \setminus I_S \quad (3.22)$$

(3.19), (3.20), (3.21) ve (3.22) kısıtları birer zorunlu kısıttır. Hemşirelerin her hafta içerisinde çalıştıkları toplam saatin en fazla 56 olmasını garanti eder. Sabah ve akşam vardiyasında mesai süresi 8, tam gün vardiyasında mesai süresi 16 olduğu için bu hesaplama yapılırken çalıştıkları her sabah ve akşam vardiyası sayısı 8 ile, her tam gün vardiyası sayısı 16 ile çarpılır.

Fazla Mesai Kısıtı

$$\sum_{j \in J} (8 * x_{i,j,1} + 8 * x_{i,j,2} + 16 * x_{i,j,3}) \leq 48 * 4 + s_i, \quad \forall i \in I_f \quad (3.23)$$

(3.23) kısıtı, esnek bir kısıttır. Bir önceki periyotta toplamda fazla mesaiye atanmış olan hemşirelerin yeni periyotta fazla mesai almasını en aza indirmek için kullanılır.

3.2.6 Amaç Fonksiyonu

$$\begin{aligned} \min z = & w_1 * \sum_i (y_i^{H1} + y_i^{H2} + y_i^{H3} + y_i^{H4}) + w_2 * \sum_i (d_i^{1+} + d_i^{1-}) + w_3 * \sum_i (d_i^{2+} + d_i^{2-}) \\ & + w_4 * \sum_i (d_i^{3+} + d_i^{3-}) + w_5 * \sum_i \sum_j t_i^j + w_6 * \sum_{i \in I_f} s_i + w_7 * \sum_i \sum_j r_i^j \end{aligned} \quad (3.24)$$

(3.24) modelin amaç fonksiyonudur. Görüldüğü gibi amaç fonksiyonu, esnek kısıtların modellenmesini sağlayan yardımcı değişkenleri ve adaletli dağılımı sağlayan sapma

değişkenlerini içermektedir. Nonnegatif yapıdaki bu yardımcı ve sapma değişkenlerin değerleri ne kadar küçük olursa (sıfır en ideal durumdur), ilgili esnek kısıt o derece iyi gerçekleşmiş olur. Bu bakış açısıyla, belirtilen isteklere daha fazla oranda uyan bir çizelge oluşturmak için, amaç fonksiyonu minimize edilmeye çalışılmalıdır.

Ayrıca, (3.24)'de her bir toplamsal terimin farklı bir kısıt tipinin sağlanma derecesini gösterdiği göz önüne alınırsa, hastane yönetiminin belirteceği istekler doğrultusunda bazı kısıtlara öncelik ataması yapılması söz konusu olabilir. Bu amaçla her bir toplamsal terime bir pozitif ağırlık ataması yapılmıştır. (3.24)'de birinci toplamsal terim, her hafta için mesai saati kısıtlarındaki yardımcı değişkenlerin toplamı ile oluşmuştur. Bu toplamsal terimin sıfır olması tüm hemşirelerin haftalık toplam mesai saatlerinde hiçbir sapma olmaması demektir. Hastanenin yönetiminin istek ve ihtiyaçları doğrultusunda bu toplam sapma miktarına verilecek ağırlık w_1 ile gösterilmiştir. (3.24)'de ikinci, üçüncü ve dördüncü toplamsal terim sırasıyla sabah, akşam ve tam gün vardiyaları için adalet kısıtlarının sapma değişkenlerinin toplamı ile oluşmuştur. Bu toplamsal terimlerin sıfır olması ilgili vardiya için tüm hemşirelere aynı sayıda vardiya atandığının ve hiç bir sapma olmadığını göstermektedir. Sabah, akşam ve tam gün vardiyalarının toplam sapmalarına verilen ağırlıklar sırasıyla w_2 , w_3 ve w_4 ile gösterilmiştir. (3.24)'de beşinci toplamsal terim; tam vardiyaya atanmış bir hemşirenin mümkünse sonraki 2 gün izinli olmasını sağlayan t_i^j yardımcı değişken toplamalarını içermektedir. Bu toplamın sıfır olması tüm çizelgede tam vardiyaya atanmış bir hemşirenin sonraki 2 gün izinli olduğu anlamına gelmektedir. Bu talebin sapma miktarına verilen ağırlık w_5 ile gösterilmiştir. Benzer şekilde (3.24)'de altıncı ve yedinci toplamsal terimlere atanan w_6 ve w_7 ağırlıkları, sırasıyla bir önceki periyotta toplamda fazla mesaiye atanmış olan hemşirelerin yeni periyotta alacakları mesai miktarını en aza indirme ve bir hemşireye bir hafta sonunda hem Cumartesi hem de Pazar gününe atama yapılmaması yönünde çalışan katsayılarıdır.

Özet olarak bu ağırlıklar, ilgili kısıtın önem oranına göre büyük ya da küçük değerler olarak seçilebilir. Böylece, minimizasyon işlemi ile, ağırlığı daha büyük seçilen kısıtta sapma oranı daha düşük tutulmaya, dolayısıyla da ilgili esnek kısıt daha çok hemşire için sağlanmaya çalışılacaktır. Benzer şekilde, ağırlığı daha küçük seçilen esnek kısıttaki sapmalar, ağırlığı daha büyük olanlara kıyasla daha çok olabilir. Ağırlıkların büyük ya da küçük olması ilgili esnek kısıtın gerçekleştirilme oranıyla ters orantılıdır. Sonuç olarak, (3.24) ile verilen amaç fonksiyonu, optimal sonuca ulaşabilmek için toplam sapmayı en aza indireyecek, olabildiğince fazla sayıda esnek kısıtın en iyi derecede sağlanmasına

hizmet edecektir.



HEMŞİRE VARDİYA ÇİZELGELEME PROBLEMİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA

Bölüm 3'te oluşturulan hemşire vardiya çizelgeleme modelinin uygulaması, vardiya çizelgelemesi her 4 haftalık periyotta el ile hazırlanan bir özel hastanenin yoğun bakım servisinde gerçekleştirilmiş ve bu bölümde sunulmuştur. Problemden, hastanenin 2022 yılının Ekim ayına ait veriler kullanılmıştır.

Kişisel Verilerin Korunumu Kanunu gereği hastane ismi ve hemşirelerin kimliği sunulmamıştır. Çizelgelemenin yapılabilmesi için gerekli zorunlu kısıtlar ve hemşire isteklerinin de göz önüne alınabilmesi için esnek kısıtlar kullanılmıştır. Hastanenin isteği üzerine 4 haftalık yani 28 günlük bir çizelge hazırlanmıştır. Bu periyot içerisinde resmi tatil olmadığı kabul edilmiştir. Hazırlanan çizelgede vardiyaların adaletli bir şekilde dağıtılmasına özellikle dikkat edilmiştir. Yoğun bakım servisinde çalışan tüm hemşirelerin kıdem farkı olmamakta dolayısıyla herkes aynı işi yapabilmektedir. Hemşireler kendi içlerinde oluşturdukları sıra ile yemek ve dinlenme molası vermektedir. Dolayısıyla mola zamanı modele dahil edilmemiştir.

4.1 Modelin Genel Yapısı

Uygulamanın yapıldığı yoğun bakım servisine ait bilgiler ve belirtilen özel istek ve ihtiyaçlar doğrultusunda, ilgili hastane özelinde oluşturulan indisler, kümeler, parametreler, değişkenler şu şekildedir:

- [40] ile verilen tebliğde yer alan fiziksel alan yeterliliği maddeleri göz önüne alınarak uygulamanın yapıldığı servis için hesaplamalar yapılmış, mevcut fiziksel alanın 12 yatak için yeterli olduğu bulunmuştur. Dolayısıyla, sabah ve akşam vardiyalarında 6 hemşireye ihtiyaç vardır.
- Hastanenin yoğun bakım servisinde 18 hemşire çalışmaktadır. $i_{son} = 18$ olarak alınmıştır.
- 18 hemşireden 1 tanesi sorumlu hemşire olarak çalışmaktadır. $I_s = \{1\}$ olarak alınmıştır.
- Uygulamada, 08.00 – 16.00 arası olan sabah vardiyası $k = 1$, 16.00 – 00.00 arası olan akşam vardiyası $k = 2$ ve 16.00 – 08.00 arası olan tam gün vardiyası $k = 3$ indisleri ile ifade edilmiştir.

- Her vardiya için hafta içi ve hafta sonu atanması gereken hemşire sayıları CS_k^{HI} ve CS_k^{HS} , Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1 Her vardiyada çalışması gereken hemşire sayıları

	Sabah Vardiyası ($k = 1$)	Akşam Vardiyası ($k = 2$)	Tam Gün Vardiyası ($k = 3$)
Hafta içi (CS_k^{HI})	6 (1 Sorumlu)	2	4
Hafta Sonu (CS_k^{HS})	6	3	3

- Sorumlu hemşire yalnızca hafta içi sabah vardiyasına atanabilir. Dolayısıyla atanılan sabah, akşam ve tam gün vardiya atamalarının adaletini sağlayan sapma değişkenlerinin kullanıldığı kısıta sorumlu hemşire dahil edilmemiştir.
- Uygulama özelinde ilk periyot için belirlenen ön atama kümeleri $I_{tam} = \{2, 6, 13\}$, $I_{hs} = \{8, 10, 16\}$, $I_f = \{7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18\}$ dir.

Verilen bu bilgiler doğrultusunda, tezimizin 3. bölümünde (3.1) – (3.23) ile verilen kısıtlar oluşturulabilir. (3.24) ile sunulan amaç fonksiyonunda her bir toplamsal terim, ilgili yardımcı değişkenin veya sapma değişkeninin ait olduğu kısıtın sağlanma derecesini göstermekteydi. Yapılan uygulamada hastane yönetimi, her bir vardiya çeşidi için atanılan toplam vardiya sayılarının adaletli dağıtılmasına büyük önem verdiğini belirtmiş, bu sebeple adalet değişkenlerinin amaç fonksiyonundaki katsayıları olan w_2, w_3 ve w_4 diğer katsayılardan daha büyük seçilmiştir. Buna göre hastanenin istekleri doğrultusunda oluşturulan $\mathbf{w}^1$ senaryosunda her bir toplamsal terime atanan ağırlıklar,

$$\mathbf{w}^1 = [w_1 \ w_2 \ w_3 \ w_4 \ w_5 \ w_6 \ w_7] = [1 \ 10 \ 10 \ 10 \ 1 \ 1 \ 1]$$

ve amaç fonksiyonu,

$$\begin{aligned} \min z = & \sum_i (y_i^{H1} + y_i^{H2} + y_i^{H3} + y_i^{H4}) + 10 \sum_i (d_i^{1+} + d_i^{1-}) + 10 \sum_i (d_i^{2+} + d_i^{2-}) \\ & + 10 \sum_i (d_i^{3+} + d_i^{3-}) + \sum_i \sum_j t_i^j + \sum_{i \in I_f} s_i + \sum_i \sum_j r_i^j \end{aligned}$$

şeklindedir.

4.2 GAMS Kodu

Bölüm 3'te oluşturulan modelin ve bu bölümde sunulan uygulamanın GAMS ortamında yazılmış kodu aşağıdaki gibidir:

```
-----
option limrow =100000, limcol=100000;
set
i          hemsire indisi      /1*18/
i_sorumlu(i)  sorumlu hemsire indisi /1/
j          atama yapılacak toplam gun /1*28/
j_1stweek(j)  ilk hafta indisleri  /1*7/
j_2ndweek(j)  ikinci hafta indisleri /8*14/
j_3rdweek(j)  ucuncu hafta indisleri /15*21/
j_4thweek(j)  dorduncu hafta indisleri /22*28/
j_hi(j)       hafta ici indisleri
j_hs(j)       hafta sonu gun indisi  /6,7,13,14,20,21,27,28/
j_hs_ctesi(j) cumartesi gun indisi  /6,13,20,27/

k          vardiya indisi (1:Sabah (8 saat) 2:Aksam (8 saat) 3:Tam (16 saat)) /1*3/
i_tam(i)    programın basladığı gunden önce tam vardiyaya(k=3) atananlar /2,6,13/
i_hs(i)     programın basladığı gunden önceki pazar günü akşam vardiyasına(k=2)
atananlar /8,10,16/
i_fazla(i)  oncesi programda artık tam vardiyaları fazla alan kisiler
/7,8,9,10,11,12,15,16,17,18/
;
loop(j,j_hi(j)=yes$(not j_hs(j) ));

display j_hi,j_hs;
parameter
c_s_hi(k)   hafta ici her bir vardiyada calisan kisi sayisi
/
1      6
2      2
3      4
/

c_s_hs(k)   hafta sonu her bir vardiyada calisan kisi sayisi
/
1      6
```

2 3
3 3
/

;

positive variable

y1(i),y2(i),y3(i),y4(i)

toplam çalışma saati için yardımcı değişkenler

t(i,j)

için yardımcı değişkenler

Tam gün vardiyasından sonra mümkünse 2 gün izin kısıtı

d1arti(i),d1eksi(i)

tam gün vardiyası adaleti için yardımcı değişkenler

d2arti(i),d2eksi(i)

akşam vardiyası adaleti için yardımcı değişkenler

d3arti(i),d3eksi(i)

sabah vardiyası adaleti için yardımcı değişkenler

r(i,j_hs)

hafta sonu art arda çalışmamak için yardımcı değişken

s(i_fazla)

önceki periyotta toplamda fazla mesai yapmış olan
hemşireler için yardımcı değişken

;

binary variable x(i,j,k)

calismiyorsa 0;

i personeli j gununde k vardiyasinda caliyorsa 1

variable z;

*Denklem (3.6)

loop((i_sorumlu,j_hi,k)\$ (ord(k)=1),x.fx(i_sorumlu,j_hi,k)=1);

*Denklem (3.7)

loop((i_sorumlu,j_hs,k)\$ (ord(k)=1),x.fx(i_sorumlu,j_hs,k)=0);

*Denklem (3.8)

loop((i_sorumlu,j,k)\$ (ord(k)>1),x.fx(i_sorumlu,j,k)=0);

*Denklem (3.9)

loop((i_tam,k),x.fx(i_tam,'1',k)=0);

*Denklem (3.10)

loop((i_hs),x.fx(i_hs,'1','1')=0);

equations

obj

kosul1 günlük vardiyalardan sadece 1 tanesinde çalışma kısıtı

kosul2 Tam gün vardiyasından sonra en az 1 gün izin verilmelidir

kosul3 Tam gün vardiyasından sonra mümkünse 2 gün izin verilmelidir

kosul4 Akşam vardiyasına geline günden sonraki gün sabah vardiyasına gelmemelidir

kosul5 Her hemşire art arda hafta sonunda çalışmamalıdır.

kosul11 hafta içi çalışan sayısı kısıtı

kosul12 hafta sonu çalışan sayısı kısıtı

kosul13a hemşirelerin sabah vardiyaları sayıları arasındaki adalet

kosul14a

kosul13b hemşirelerin akşam vardiya sayıları arasındaki adalet

kosul14b

kosul13c hemşirelerin tam gün vardiyaları sayıları arasındaki adalet

kosul14c

kosul15 mesai saatini alttan sınırlayan kısıt

kosul16

kosul17

kosul18

kosul19 mesai saatini üstten sınırlayan kısıt

kosul20

kosul21

kosul22

kosul23

;

*Denklem (3.24)

obj.. z=e=
sum(i,y1(i)+y2(i)+y3(i)+y4(i))+10*sum(i,d1arti(i)+d1eksi(i))+10*sum(i,d2arti(i)+d2eks
i(i))+10*sum(i,d3arti(i)+d3eksi(i))+sum((i,j),
t(i,j))+sum((i_fazla),s(i_fazla))+sum((i,j_hs), r(i,j_hs));

*Denklem (3.1)

kosul1(i,j)\$((ord(i)>1).. sum(k, x(i,j,k)) =l=1;

*Denklem (3.2)

kosul2(i,j)\$((ord(i)>1) and (ord(j)<>28)).. x(i,j,'3')+x(i,j+1,'1')+x(i,j+1,'2')+x(i,j+1,'3')
=l=1;

*Denklem (3.3)

kosul3(i,j)\$((ord(i)>1) and (ord(j)<>27) and (ord(j)<>28))..
x(i,j,'3')+x(i,j+2,'1')+x(i,j+2,'2')+x(i,j+2,'3')=l=1+t(i,j);

*Denklem (3.4)

kosul4(i,j)\$((ord(i)>1) and (ord(j)<>28)).. x(i,j,'2')+x(i,j+1,'1')=l=1;

*Denklem (3.5)

$\text{kosul5}(i, j_{\text{hs}}) \$ ((\text{ord}(i) > 1) \text{ and } (\text{ord}(j_{\text{hs}}) < > 2) \text{ and } (\text{ord}(j_{\text{hs}}) < > 4) \text{ and } (\text{ord}(j_{\text{hs}}) < > 6) \text{ and } (\text{ord}(j_{\text{hs}}) < > 8)) .. \text{sum}(k, x(i, j_{\text{hs}}, k)) + \text{sum}(k, x(i, j_{\text{hs}} + 1, k)) = l = 1 + r(i, j_{\text{hs}});$

*Denklem (3.11)

$\text{kosul11}(j_{\text{hi}}, k) .. \text{sum}((i), x(i, j_{\text{hi}}, k)) = e = c_{\text{s_hi}}(k);$

*Denklem (3.12)

$\text{kosul12}(j_{\text{hs}}, k) .. \text{sum}((i), x(i, j_{\text{hs}}, k)) = e = c_{\text{s_hs}}(k);$

*Denklem (3.13) ve Denklem (3.14) $k=1$ için

$\text{kosul13a}(i) \$ ((\text{ord}(i) < > 18) \text{ and } (\text{ord}(i) < > 1)) .. \text{sum}(j, x(i, j, '3')) - \text{sum}(j, x(i+1, j, '3')) - d1\text{arti}(i) + d1\text{eksi}(i) = e = 0;$

$\text{kosul14a}(i) \$ (\text{ord}(i) = 18) .. \text{sum}(j, x(i, j, '3')) - \text{sum}(j, x('2', j, '3')) - d1\text{arti}(i) + d1\text{eksi}(i) = e = 0;$

*Denklem (3.13) ve Denklem (3.14) $k=2$ için

$\text{kosul13b}(i) \$ ((\text{ord}(i) < > 18) \text{ and } (\text{ord}(i) < > 1)) .. \text{sum}(j, x(i, j, '2')) - \text{sum}(j, x(i+1, j, '2')) - d2\text{arti}(i) + d2\text{eksi}(i) = e = 0;$

$\text{kosul14b}(i) \$ (\text{ord}(i) = 18) .. \text{sum}(j, x(i, j, '2')) - \text{sum}(j, x('2', j, '2')) - d2\text{arti}(i) + d2\text{eksi}(i) = e = 0;$

*Denklem (3.13) ve Denklem (3.14) $k=3$ için

$\text{kosul13c}(i) \$ ((\text{ord}(i) < > 18) \text{ and } (\text{ord}(i) < > 1)) .. \text{sum}(j, x(i, j, '1')) - \text{sum}(j, x(i+1, j, '1')) - d3\text{arti}(i) + d3\text{eksi}(i) = e = 0;$

$\text{kosul14c}(i) \$ (\text{ord}(i) = 18) .. \text{sum}(j, x(i, j, '1')) - \text{sum}(j, x('2', j, '1')) - d3\text{arti}(i) + d3\text{eksi}(i) = e = 0;$

*Denklem (3.15)

$\text{kosul15}(i) \$ (\text{ord}(i) < > 1) .. \text{sum}((j_{\text{1stweek}}), 8 * x(i, j_{\text{1stweek}}, '1') + 8 * x(i, j_{\text{1stweek}}, '2') + 16 * x(i, j_{\text{1stweek}}, '3')) = e = 48 + y1(i);$

*Denklem (3.16)

$\text{kosul16}(i) \$ (\text{ord}(i) < > 1) .. \text{sum}((j_{\text{2ndweek}}), 8 * x(i, j_{\text{2ndweek}}, '1') + 8 * x(i, j_{\text{2ndweek}}, '2') + 16 * x(i, j_{\text{2ndweek}}, '3')) = e = 48 + y2(i);$

*Denklem (3.17)

$\text{kosul17}(i) \$ (\text{ord}(i) < > 1) .. \text{sum}((j_{\text{3rdweek}}), 8 * x(i, j_{\text{3rdweek}}, '1') + 8 * x(i, j_{\text{3rdweek}}, '2') + 16 * x(i, j_{\text{3rdweek}}, '3')) = e = 48 + y3(i);$

*Denklem (3.18)

kosul18(i)\$(ord(i)<>1).. $\text{sum}((j_4\text{thweek}),$
 $8*x(i,j_4\text{thweek},'1')+8*x(i,j_4\text{thweek},'2')+16*x(i,j_4\text{thweek},'3')) = e=48+y4(i);$

*Denklem (3.19)

kosul19(i)\$(ord(i)<>1).. $\text{sum}((j_1\text{stweek}),$
 $8*x(i,j_1\text{stweek},'1')+8*x(i,j_1\text{stweek},'2')+16*x(i,j_1\text{stweek},'3')) = l=56;$

*Denklem (3.20)

kosul20(i)\$(ord(i)<>1).. $\text{sum}((j_2\text{ndweek}),$
 $8*x(i,j_2\text{ndweek},'1')+8*x(i,j_2\text{ndweek},'2')+16*x(i,j_2\text{ndweek},'3')) = l=56;$

*Denklem (3.21)

kosul21(i)\$(ord(i)<>1).. $\text{sum}((j_3\text{rdweek}),$
 $8*x(i,j_3\text{rdweek},'1')+8*x(i,j_3\text{rdweek},'2')+16*x(i,j_3\text{rdweek},'3')) = l=56;$

*Denklem (3.22)

kosul22(i)\$(ord(i)<>1).. $\text{sum}((j_4\text{thweek}),$
 $8*x(i,j_4\text{thweek},'1')+8*x(i,j_4\text{thweek},'2')+16*x(i,j_4\text{thweek},'3')) = l=56;$

*Denklem (3.23)

kosul23(i_fazla)..
 $\text{sum}((j,k), 8*x(i_fazla,j,k)$(ord(k)=1)+8*x(i_fazla,j,k)$(ord(k)=2)+16*x(i_fazla,j,k)$(ord(k)=3))) = l=48*4+s(i_fazla);$

model hemsire /all/;

scalar ttop, rtop, y1top, y2top, y3top, y4top, d1top, d2top, d3top, stop;

solve hemsire using mip minimizing z;

ttop=sum((i,j),t.l(i,j));
rtop=sum((i,j_hs),r.l(i,j_hs));
y1top=sum((i),y1.l(i));
y2top=sum((i),y2.l(i));
y3top=sum((i),y3.l(i));
y4top=sum((i),y4.l(i));
d1top=sum((i),d1arti.l(i))+sum((i),d1eksi.l(i));
d2top=sum((i),d2arti.l(i))+sum((i),d2eksi.l(i));
d3top=sum((i),d3arti.l(i))+sum((i),d3eksi.l(i));
stop=sum((i_fazla),s.l(i_fazla));

display ttop, rtop, y1top, y2top, y3top, y4top, d1top, d2top, d3top, stop;

file HemsireCizelge /HemsireCiz.txt/;

*Result.nd=4;

put HemsireCizelge;

parameter HemSaatTop(i) Hemsire toplam atanma saati hi+hs tum 28 gun icin
 HemSaatTop1stWeek(i) Hemsire toplam atanma saati hi+hs 1-7 gun icin
 HemSaatTop2ndWeek(i) Hemsire toplam atanma saati hi+hs 1-7 gun icin
 HemSaatTop3rdWeek(i) Hemsire toplam atanma saati hi+hs 1-7 gun icin
 HemSaatTop4thWeek(i) Hemsire toplam atanma saati hi+hs 1-7 gun icin

;

HemSaatTop(i)=sum((j,k),8*x.l(i,j,k)\$ (ord(k)=1)+8*x.l(i,j,k)\$ (ord(k)=2)+16*x.l(i,j,k)\$ (ord(k)=3));

HemSaatTop1stWeek(i)=sum((j_1stweek,k),8*x.l(i,j_1stweek,k)\$ (ord(k)=1)+8*x.l(i,j_1stweek,k)\$ (ord(k)=2)+16*x.l(i,j_1stweek,k)\$ (ord(k)=3));

HemSaatTop2ndWeek(i)=sum((j_2ndweek,k),8*x.l(i,j_2ndweek,k)\$ (ord(k)=1)+8*x.l(i,j_2ndweek,k)\$ (ord(k)=2)+16*x.l(i,j_2ndweek,k)\$ (ord(k)=3));

HemSaatTop3rdWeek(i)=sum((j_3rdweek,k),8*x.l(i,j_3rdweek,k)\$ (ord(k)=1)+8*x.l(i,j_3rdweek,k)\$ (ord(k)=2)+16*x.l(i,j_3rdweek,k)\$ (ord(k)=3));

HemSaatTop4thWeek(i)=sum((j_4thweek,k),8*x.l(i,j_4thweek,k)\$ (ord(k)=1)+8*x.l(i,j_4thweek,k)\$ (ord(k)=2)+16*x.l(i,j_4thweek,k)\$ (ord(k)=3));

Display HemSaatTop, HemSaatTop1stWeek, HemSaatTop2ndWeek,
HemSaatTop3rdWeek, HemSaatTop4thWeek;

put '*****Hemsireye gore*****'; put /;

loop(i,loop(j, loop(k, if (x.l(i,j,k), put 'Hemsire ' i.tl:3 put ' , ' j.tl:3 put ' gununde, ' put k.tl:3
'vardiyasina atandi' put /;))));

put /;

put '*****28 gun icin toplam atanma saati ve toplam vardiya sayıları*****' put
/; put /;

loop(i,

put 'Hemsire ' i.tl:3 put ' : ' put HemSaatTop(i):5:0 put /;

```

put 'İlk hafta:' put HemSaatTop1stWeek(i):3:0
put ' ikinci hafta:' put HemSaatTop2ndWeek(i):3:0
put ' Ucuncu hafta:' put HemSaatTop3rdWeek(i):3:0
put ' Dorduncu hafta:' put HemSaatTop4thWeek(i):3:0
put /;
put 'Sabah vardiyası=' sum(j,x.l(i,j,'1')):3:0
' Akşam vardiyası=' sum(j,x.l(i,j,'2')):3:0
' Tam vardiya=' sum(j,x.l(i,j,'3')):3:0
' Toplam vardiya sayısı=' sum((j,k),x.l(i,j,k)):3:0
put /; put /;
);
put 'Sırasıyla hemşireler için toplam Tam vardiya sayıları' put /;
loop(i, put i.tl:2 put sum(j,x.l(i,j,'3')):3:0 put /; );

put /;put /;
put '*****Vardiyaya göre*****'; put /;
loop(j, loop(k, put j.tl:3 put 'gününde ' put k.tl:3 put ' vardiyasına atanan toplam çalışan
sayısı: ' put sum((i), x.l(i,j,k)); put /; ));
put /; put /;
loop(k,loop(j, loop(i, if (x.l(i,j,k), put k.tl 'vardiyasına' put ',' j.tl put ' gününde atanan: '
put 'Hemşire' i.tl put /; ))));
put /;put /;
put 'Güne göre'; put /;
loop(i,loop(j, loop(k, if (x.l(i,j,k), put 'Hemşire' i.tl put ',' j.tl put ' gününde, ' put k.tl
'vardiyasına atandı' put /; ))));

```

4.3 İlk Periyoda Ait Çizelge Sonuçları

Sonuç olarak, (3.1) – (3.24) ile sunulan model, üzerine çalışılan hastanenin verileri ve istekleri kullanılarak bir karma tamsayılı programlama problemi oluşturulmuştur. Bu problem GAMS (General Algebraic Modelling System) [41] paket programı ile çözdürülmüştür. GAMS matematiksel modelleme ve optimizasyon için kullanılan, yüksek performanslı birçok çözücü içeren, üst düzey bir modelleme sistemidir. Bu sistem çok değişkenli ya da büyük ölçekli problemleri modellemek ve uygun bir çözüm bulmak için kullanılır. Tezimizde, uygulamanın yapıldığı hastanenin sayısal verileriyle oluşturulan bölüm 4.2’de sunduğumuz GAMS kodunun çalıştırılması ile elde edilen sonuçlar Tablo 4.2’de verilmiştir. Tablo 4.2’de satırlar hemşireleri, sütunlar günleri, tablo

içerisindeki 1, 2, 3 değerleri ise her bir hemşirenin ilgili günde atandığı vardiya çeşidini (k) göstermektedir.

Tablo 4.2 Hemşirelerin 4 haftalık vardiya çizelgesinin ilk 14 günü

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Hemşire 1(Sorumlu)	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1		
Hemşire 2		1	1	3		1	1	1	2	3		3		2
Hemşire 3	3		3		1	2	2	3		1	3		1	1
Hemşire 4	1	1	1	3			1	1	2	2	3			1
Hemşire 5		1	1	1	2	2	3			1	1	3		3
Hemşire 6		1	1	1	3		1	2	3			3		1
Hemşire 7	1	1	1	2	3			2	3		3		1	
Hemşire 8		2	3		3		1		1	3			1	3
Hemşire 9	3			1	1	1	2	3			1	1	1	1
Hemşire 10	3			1	2	3		1	1	3			2	2
Hemşire 11	1	2	3			2	2	3		1	1	1	2	
Hemşire 12		3			1	1	3		1	1	2	2	3	
Hemşire 13		3		2	3		1	1	1	1	1	1	1	2
Hemşire 14	3		2	3		1	1	1	3			1	1	1
Hemşire 15	1		2	3		3			1	2	3		3	
Hemşire 16	2		3			1	3			3		1	2	3
Hemşire 17	2	3			1	3			3		1	3		1
Hemşire 18	1	3		1	1	1		3			2	2	3	

Tablo 4.3 Hemşirelerin 4 haftalık vardiya çizelgesinin son 14 günü

	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Hemşire1(Sorumlu)	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1		
Hemşire 2	3			1	1	1	1	3		1	3		2	2
Hemşire 3	2	3			1	1	2	3			1	1	1	1
Hemşire 4	1	3		2	3		1	1	3		2	3		1
Hemşire 5			1	1	1	2	3			1	1	3		3
Hemşire 6	1	3			3		1	1	2	2	3		1	1
Hemşire 7	3		1	3		2		1	1	3		1	1	
Hemşire 8		1	1	2	3		1	1	3			1	1	2
Hemşire 9	3			1	2	3			2	3		3		2
Hemşire 10	2	3		1	1	1		3		3			1	1
Hemşire 11	1	1	3			3			1	1	3		3	
Hemşire 12		1	1	3			3			1	1	2	2	3
Hemşire 13	3		2	3		3			1	3			2	3
Hemşire 14	1	2	3		3		2	2	3		3			1
Hemşire 15		1	3		1	1	2	2	3			1	1	1

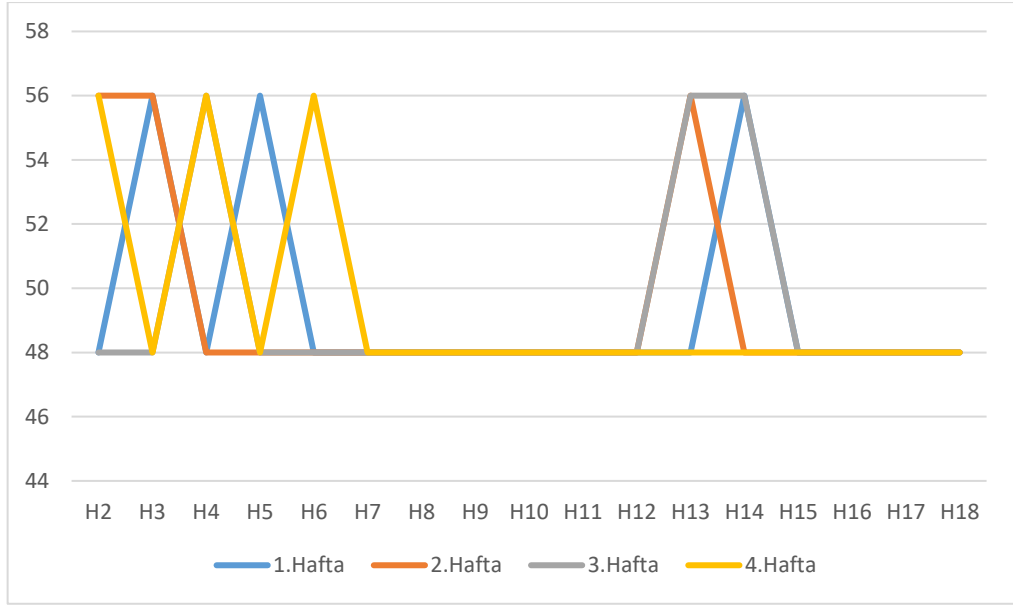
Tablo 4.3 Hemşirelerin 4 haftalık vardiya çizelgesinin son 14 günü (devamı)

Hemşire 16			1	1	2	2	3		1	1	1	1	3	
Hemşire 17	1	2	3			1	1	1	1	2	2	3		
Hemşire 18		1	2	3		1	1	3			1	2	3	

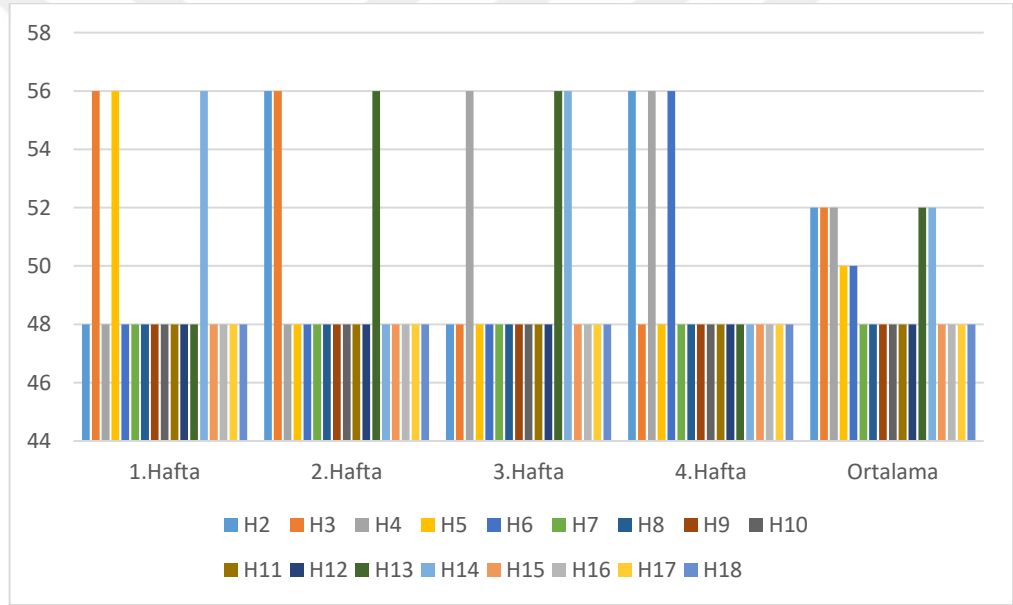
Tablo 4.2 ile verilen sonuçların analiz edilmesiyle, çalışanların her bir hafta için toplam mesai saatleri Tablo 4.3 ile, vardiya çeşitlerine göre atanma sayıları ise Tablo 4.4 ile sunulmuştur. Tablo 4.3 ile verilen sonuçların çeşitli grafik gösterimleri olan Şekil 4.1 – Şekil 4.2, en fazla sayıda hemşire için minimum düzeyde (48) haftalık mesai saati ataması yapıldığını, diğer hemşireler için ise toplam mesai kısıtları ve esnek kısıtların sağlanması adına fazla mesai ataması yapıldığını vurgulamaktadır. Tablo 4.4 ile verilen sonuçların çeşitli grafik gösterimleri olan Şekil 4.3 – Şekil 4.6, toplam sabah vardiyasına atanma sayılarının 8 ile 10 arasında değişerek en yüksek sapma değerlerine sahip olduğunu, akşam ve tam gün vardiyaları için bu sapma miktarlarının oldukça az olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.4 Çalışanların haftalık toplam mesai saatleri

	1.Hafta	2.Hafta	3.Hafta	4.Hafta	Ortalama
Hemşire 1 (Sorumlu)	40	40	40	40	40
Hemşire 2	48	56	48	56	52
Hemşire 3	56	56	48	48	52
Hemşire 4	48	48	56	56	52
Hemşire 5	56	48	48	48	50
Hemşire 6	48	48	48	56	50
Hemşire 7	48	48	48	48	48
Hemşire 8	48	48	48	48	48
Hemşire 9	48	48	48	48	48
Hemşire 10	48	48	48	48	48
Hemşire 11	48	48	48	48	48
Hemşire 12	48	48	48	48	48
Hemşire 13	48	56	56	48	52
Hemşire 14	56	48	56	48	52
Hemşire 15	48	48	48	48	48
Hemşire 16	48	48	48	48	48
Hemşire 17	48	48	48	48	48
Hemşire 18	48	48	48	48	48



Şekil 4.1 Haftalık toplam mesai saatleri ve ortalaması



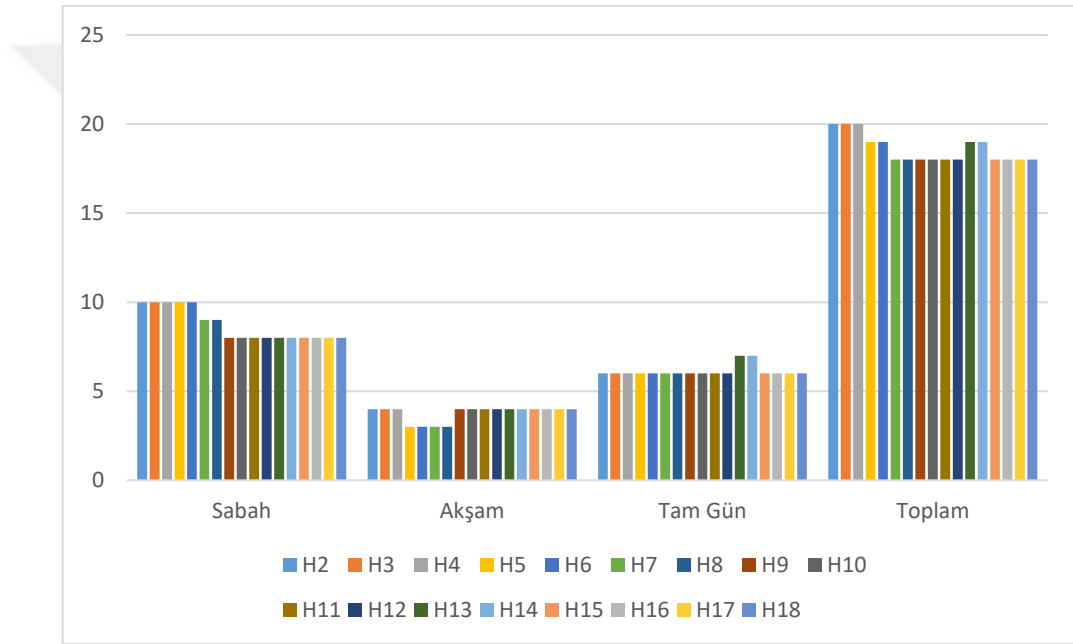
Şekil 4.2 Haftalık toplam mesai saatleri ve ortalaması

Tablo 4.5 Çalışanların atandığı vardiya çeşidi sayıları

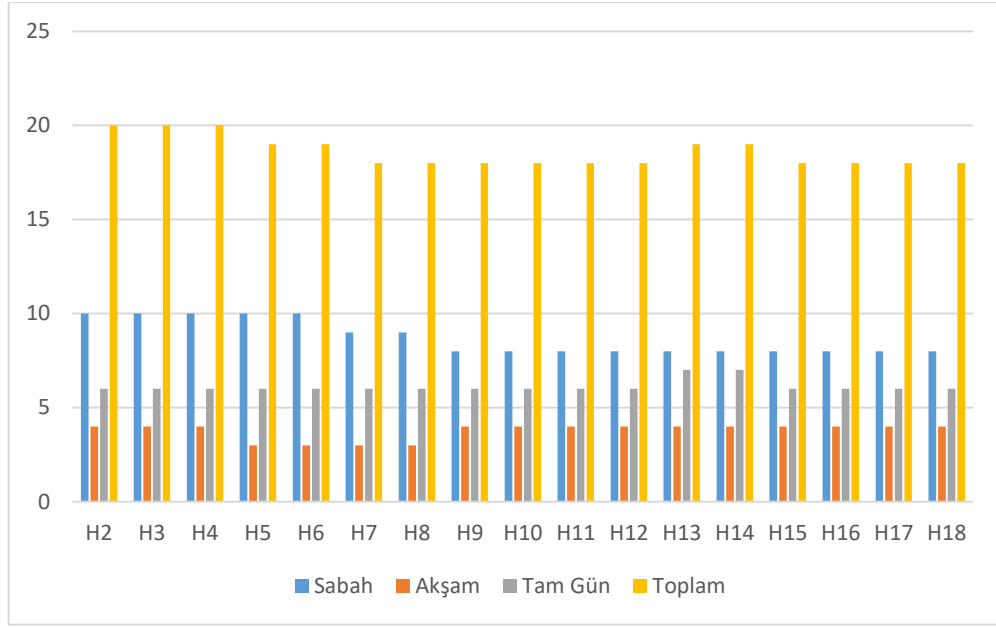
	Sabah	Akşam	Tam Gün	Toplam
Hemşire 1 (Sorumlu)	20	0	0	20
Hemşire 2	10	4	6	20
Hemşire 3	10	4	6	20
Hemşire 4	10	4	6	20
Hemşire 5	10	3	6	19
Hemşire 6	10	3	6	19
Hemşire 7	9	3	6	18

Tablo 4.5 Çalışanların atandığı vardiya çeşidi sayıları (devamı)

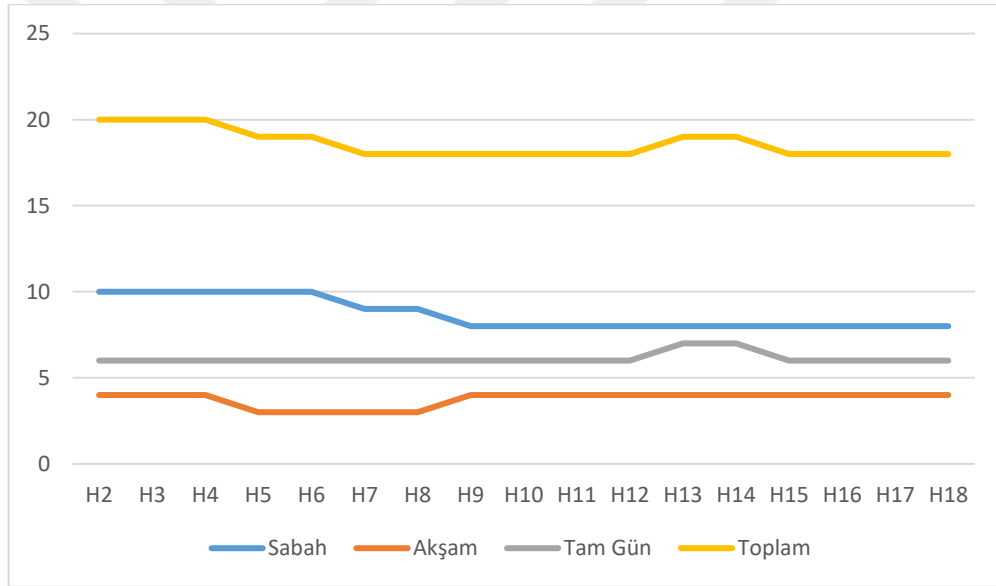
Hemşire 8	9	3	6	18
Hemşire 9	8	4	6	18
Hemşire 10	8	4	6	18
Hemşire 11	8	4	6	18
Hemşire 12	8	4	6	18
Hemşire 13	8	4	7	19
Hemşire 14	8	4	7	19
Hemşire 15	8	4	6	18
Hemşire 16	8	4	6	18
Hemşire 17	8	4	6	18
Hemşire 18	8	4	6	18



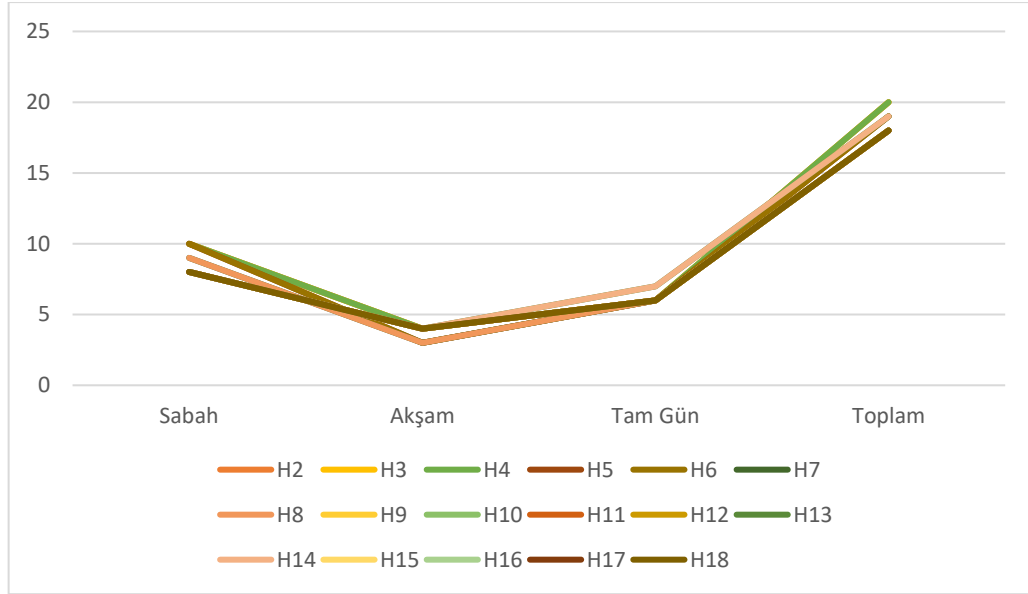
Şekil 4.3 Çalışanların atandığı vardiya çeşidi sayıları



Şekil 4.4 Çalışanların atandığı vardiya çeşidi sayıları



Şekil 4.5 Çalışanların atandığı vardiya çeşidi sayıları



Şekil 4.6 Çalışanların atandığı vardiya çeşidi sayıları

Tablo 4.2 – Tablo 4.4’ten elde edilen bulgular aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Her hemşire günde sadece bir vardiyaya atanmıştır.
- Çalışan sayısı kısıtları hafta içi ve hafta sonu her vardiya için sağlanmıştır.
- Tam gün vardiyasından çıkan her hemşireye 1 gün izin verilmiştir. Bazı hemşirelerin tam gün vardiyalarından sonra arada 2 gün izin yaptığı da görülmektedir. Esnek olarak tanımlanan kısıt maksimum düzeyde sağlanmaya çalışılmıştır.
- Bazı hemşirelerin imkan varsa hafta sonu günlerinde art arda çalışmaması sağlanmıştır.
- Her hemşire için sabah vardiyası sayıları, akşam vardiyası sayıları ve tam gün vardiyası sayıları arasındaki fark minimize edilmiş ve adalet mümkün olduğunca sağlanmıştır.
- Haftalık toplam mesai saatleri minimum 48 maksimum 56 olacak şekilde atamalar gerçekleştirilmiştir.
- Herhangi bir günde akşam vardiyasında çalışan hemşirenin ertesi gün sabah vardiyasına gelmemesi sağlanmıştır.

4.4 Yıllık Çizelge Sonuçları

Bir periyodun 4 hafta içerdiği göz önüne alındığında, yıllık çizelge sonuçlarının elde edilebilmesi için program 52 hafta üzerinden 13 defa art arda çalıştırılmıştır. Her bir periyot için, I_{tam} , I_{hs} ve I_f kümeleri bir önceki periyoda bakarak bulunmuş ve program

çalıştırılmadan önce ilgili kümeye ataması yapılmıştır. Buna istinaden elde edilen sonuçlar Tablo 4.6 ve Tablo 4.7 ile verilmiştir.

Tablo 4.6'in ilk sütununda yazan hemşire indislerinin (I_{tam}) ilgili periyotta ilk güne atanan hemşirelerin indisleriyle (üçüncü sütun) kesişiminin olmaması, ilgili hemşirelerin tam gün vardiyasına atandıktan sonraki gün 24 saat izinli olmaları gerektiğini belirten (3.2) zorunlu kısıtının ardışık periyotlar arası geçişte de sağlandığını göstermektedir. Tablo 4.6'in ikinci sütununda yazan hemşire indislerinin (I_{hs}) ilgili periyotta ilk gün ilk vardiyaya atanan hemşirelerin indisleriyle (üçüncü sütundaki $k = 1$ alt sütunu) kesişiminin olmaması, ilgili hemşirelerin akşam vardiyasına atandıktan sonraki gün sabah vardiyasında çalışamayacağını garantileyen (3.4) zorunlu kısıtının ardışık periyotlar arası geçişte de sağlandığını göstermektedir.

Tablo 4.6 Periyotlar arası geçişte atama yapılan hemşireler

	I_{tam}	I_{hs}	İlgili periyotta ilk güne atananlar		
			$k = 1$	$k = 2$	$k = 3$
Periyot 1	2, 6, 13	8, 10, 16	1, 4, 7, 11, 15, 18	16, 17	3, 9, 10, 14
Periyot 2	5, 12, 13	2, 8, 9	1, 7, 10, 11, 14, 17	2, 6	9, 15, 16, 18
Periyot 3	9, 10, 16	4, 5, 11	1, 2, 3, 7, 13, 15	5, 6	8, 12, 14, 18
Periyot 4	2, 4, 5	9, 15, 16	1, 3, 7, 8, 10, 11	13, 15	9, 14, 17, 18
Periyot 5	5, 8, 11	2, 12, 17	1, 9, 10, 13, 15, 16	2, 18	3, 6, 12, 17
Periyot 6	5, 7, 18	3, 4, 6	1, 9, 10, 11, 12, 13	2, 16	4, 8, 14, 15
Periyot 7	10, 13, 15	5, 9, 14	1, 3, 4, 6, 7, 16	11, 12	2, 5, 17, 18

Tablo 4.6 Periyotlar arası geçişte atama yapılan hemşireler (devamı)

Periyot 8	3, 15, 17	2, 9, 10	1, 5, 7, 11, 13, 16	2, 4	9, 10, 12, 14
Periyot 9	3, 4, 17	9, 13, 15	1, 6, 8, 11, 12, 18	9, 13	2, 7, 15, 16
Periyot 10	3, 11, 18	2, 4, 5	1, 6, 8, 9, 13, 17	2, 14	4, 7, 10, 15
Periyot 11	5, 6, 7	2, 4, 10	1, 3, 11, 12, 14, 17	10, 15	2, 9, 13, 16
Periyot 12	11, 15, 18	2, 4, 14	1, 3, 5, 6, 10, 16	4, 14	2, 7, 9, 17
Periyot 13	5, 6, 8	11, 15, 16	1, 9, 13, 14, 17, 18	4, 11	2, 3, 7, 12

Haftalık minimum mesai saatinin 48 saat olduğu göz önüne alınırsa, bir periyot için toplam minimum mesai saati 192 olacaktır. Toplam mesai saati 192'nin üzerinde olan hemşireler fazla mesai almış olarak kabul edilmiş ve I_f kümesine atanmıştır. Tablo 4.7'nin ilk sütununda verilen I_f kümesinin elemanlarının ikinci sütunda verilen ilgili periyotta fazla mesaiye atanan hemşire indisleri ile kesişimi yoktur. Bu da, (3.23) esnek kısıtına karşılık gelen s_i yardımcı değişkenlerinin hepsinin sıfır olması, yani kısıtın en iyi şekilde sağlanması anlamına gelmektedir.

Tablo 4.7 Ardışık periyotlarda fazla mesaiye atanan hemşireler

	I_f	İlgili periyotta fazla mesai yapanlar
Periyot 1	7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18	2, 3, 4, 5, 6, 13, 14
Periyot 2	2, 3, 4, 5, 6, 13, 14	7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 18

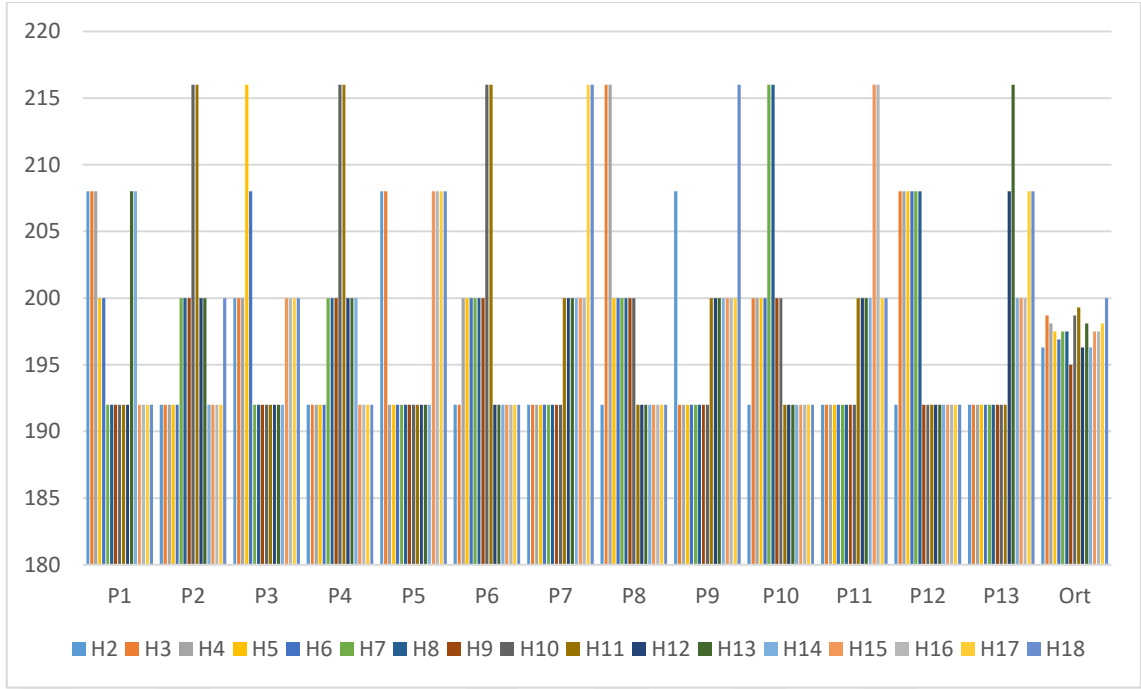
Tablo 4.7 Ardışık periyotlarda fazla mesaiye atanan hemşireler (devamı)

Periyot 3	7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 18	2, 3, 4, 5, 6, 15, 16, 17, 18
Periyot 4	2, 3, 4, 5, 6, 15, 16, 17, 18	7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14
Periyot 5	7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14	2, 3, 15, 16, 17, 18
Periyot 6	2, 3, 15, 16, 17, 18	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11
Periyot 7	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18
Periyot 8	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
Periyot 9	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	2, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18
Periyot 10	2, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
Periyot 11	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18
Periyot 12	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18	3, 4, 5, 6, 7, 8
Periyot 13	3, 4, 5, 6, 7, 8	12, 13, 14, 15, 16, 17, 18

Yıllık çizelge sonuçlarına göre hemşirelerin tüm periyotlardaki toplam mesai saatleri ve ortalamaları Tablo 4.8’de verilmiştir. Tablo 4.8’nin grafik gösterimi olan Şekil 4.7, tüm hemşirelerin yıllık mesai saati ortalamalarının birbirine yakın olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.8 Hemşirelerin periyotlardaki toplam mesai saatleri ve ortalamaları

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	Ort
H2	208	192	200	192	208	192	192	192	208	192	192	192	192	196,3
H3	208	192	200	192	208	192	192	216	192	200	192	208	192	198,7
H4	208	192	200	192	192	200	192	216	192	200	192	208	192	198,1
H5	200	192	216	192	192	200	192	200	192	200	192	208	192	197,5
H6	200	192	208	192	192	200	192	200	192	200	192	208	192	196,9
H7	192	200	192	200	192	200	192	200	192	216	192	208	192	197,5
H8	192	200	192	200	192	200	192	200	192	216	192	208	192	197,5
H9	192	200	192	200	192	200	192	200	192	200	192	192	192	195,0
H10	192	216	192	216	192	216	192	200	192	200	192	192	192	198,7
H11	192	216	192	216	192	216	200	192	200	192	200	192	192	199,3
H12	192	200	192	200	192	192	200	192	200	192	200	192	208	196,3
H13	208	200	192	200	192	192	200	192	200	192	200	192	216	198,1
H14	208	192	192	200	192	192	200	192	200	192	200	192	200	196,3
H15	192	192	200	192	208	192	200	192	200	192	216	192	200	197,5
H16	192	192	200	192	208	192	200	192	200	192	216	192	200	197,5
H17	192	192	200	192	208	192	216	192	200	192	200	192	208	198,1
H18	192	200	200	192	208	192	216	192	216	192	200	192	208	200,0

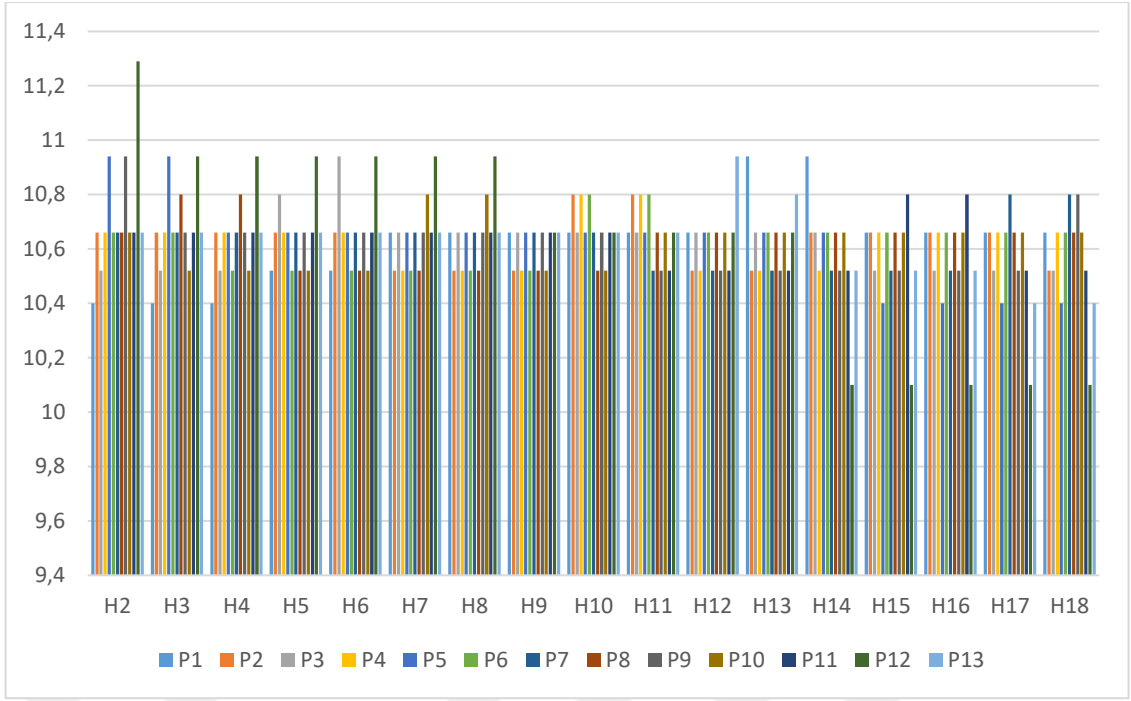


Şekil 4.7 Hemşirelerin periyotlardaki toplam mesai saatleri ve ortalamaları

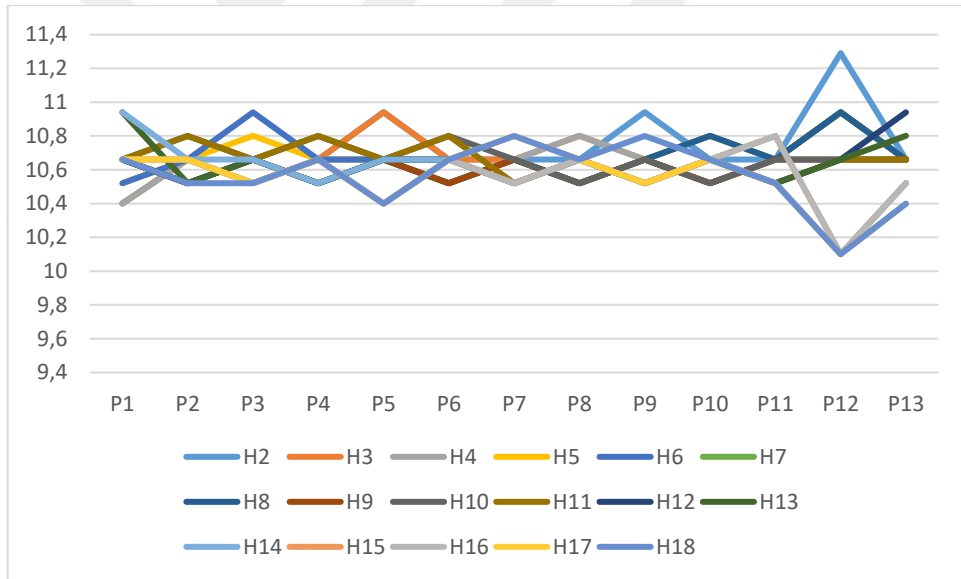
Tablo 4.9 ile her bir hemşirenin tüm periyotlar için toplamdaki mesai süresi ile bu mesai süresini doldurduğu toplam vardiya sayılarının oranı verilmiştir. Tabloda verilen bilgiler ışığında Şekil 4.8 – Şekil 4.10 oluşturulmuştur.

Tablo 4.9 Hemşirelerin toplam mesai süreleri ile vardiya sayılarının oranı

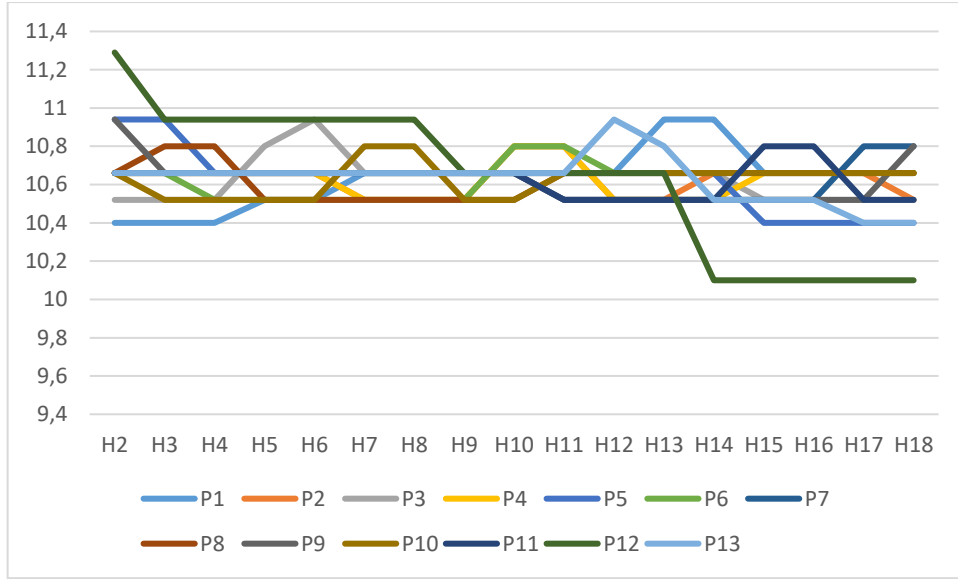
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
H2	10,4	10,66	10,52	10,66	10,94	10,66	10,66	10,66	10,94	10,66	10,66	11,29	10,66
H3	10,4	10,66	10,52	10,66	10,94	10,66	10,66	10,8	10,66	10,52	10,66	10,94	10,66
H4	10,4	10,66	10,52	10,66	10,66	10,52	10,66	10,8	10,66	10,52	10,66	10,94	10,66
H5	10,52	10,66	10,8	10,66	10,66	10,52	10,66	10,52	10,66	10,52	10,66	10,94	10,66
H6	10,52	10,66	10,94	10,66	10,66	10,52	10,66	10,52	10,66	10,52	10,66	10,94	10,66
H7	10,66	10,52	10,66	10,52	10,66	10,52	10,66	10,52	10,66	10,8	10,66	10,94	10,66
H8	10,66	10,52	10,66	10,52	10,66	10,52	10,66	10,52	10,66	10,8	10,66	10,94	10,66
H9	10,66	10,52	10,66	10,52	10,66	10,52	10,66	10,52	10,66	10,52	10,66	10,66	10,66
H10	10,66	10,8	10,66	10,8	10,66	10,8	10,66	10,52	10,66	10,52	10,66	10,66	10,66
H11	10,66	10,8	10,66	10,8	10,66	10,8	10,52	10,66	10,52	10,66	10,52	10,66	10,66
H12	10,66	10,52	10,66	10,52	10,66	10,66	10,52	10,66	10,52	10,66	10,52	10,66	10,94
H13	10,94	10,52	10,66	10,52	10,66	10,66	10,52	10,66	10,52	10,66	10,52	10,66	10,8
H14	10,94	10,66	10,66	10,52	10,66	10,66	10,52	10,66	10,52	10,66	10,52	10,1	10,52
H15	10,66	10,66	10,52	10,66	10,4	10,66	10,52	10,66	10,52	10,66	10,8	10,1	10,52
H16	10,66	10,66	10,52	10,66	10,4	10,66	10,52	10,66	10,52	10,66	10,8	10,1	10,52
H17	10,66	10,66	10,52	10,66	10,4	10,66	10,8	10,66	10,52	10,66	10,52	10,1	10,4
H18	10,66	10,52	10,52	10,66	10,4	10,66	10,8	10,66	10,8	10,66	10,52	10,1	10,4



Şekil 4.8 Hemşirelerin toplam mesai süreleri ile vardiya sayılarının oranı



Şekil 4.9 Hemşirelerin toplam mesai süreleri ile vardiya sayılarının oranı

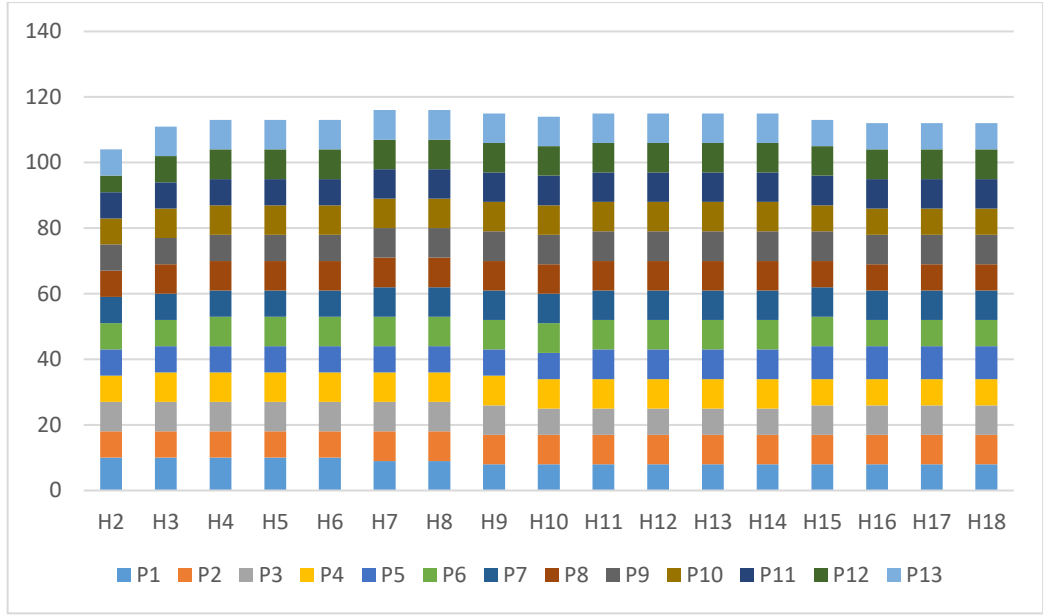


Şekil 4.10 Hemşirelerin toplam mesai süreleri ile vardiya sayılarının oranı

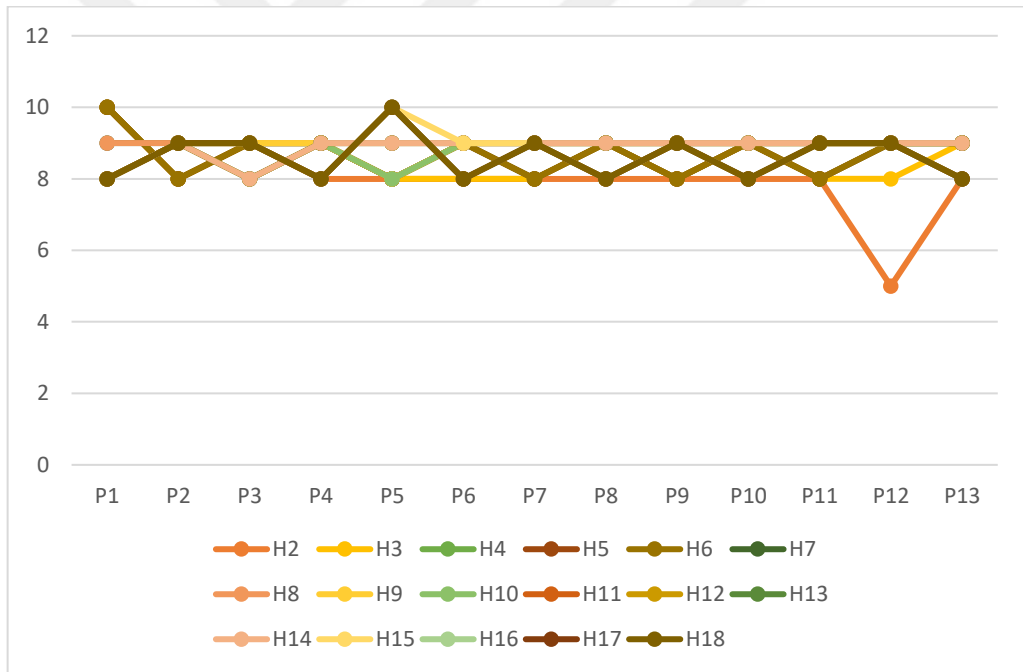
Tablo 4.10’da on üç periyot için her bir hemşirenin toplam atandıkları sabah vardiyası sayıları, Tablo 4.11’de on üç periyot için her bir hemşirenin atandıkları toplam akşam vardiyası sayıları ve Tablo 4.12’de on üç periyot için her bir hemşirenin atandıkları toplam tam gün vardiyası sayıları verilmiştir. Bu tablolara ait farklı grafik çeşitleri Şekil 4.11 – Şekil 4.16 ile verilmiştir.

Tablo 4.10 On üç periyot için her bir hemşirenin atandıkları toplam sabah vardiyası sayısı

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
H2	10	8	9	8	8	8	8	8	8	8	8	5	8
H3	10	8	9	9	8	8	8	9	8	9	8	8	9
H4	10	8	9	9	8	9	8	9	8	9	8	9	9
H5	10	8	9	9	8	9	8	9	8	9	8	9	9
H6	10	8	9	9	8	9	8	9	8	9	8	9	9
H7	9	9	9	9	8	9	9	9	9	9	9	9	9
H8	9	9	9	9	8	9	9	9	9	9	9	9	9
H9	8	9	9	9	8	9	9	9	9	9	9	9	9
H10	8	9	8	9	8	9	9	9	9	9	9	9	9
H11	8	9	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
H12	8	9	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
H13	8	9	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
H14	8	9	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
H15	8	9	9	8	10	9	9	8	9	8	9	9	8
H16	8	9	9	8	10	8	9	8	9	8	9	9	8
H17	8	9	9	8	10	8	9	8	9	8	9	9	8
H18	8	9	9	8	10	8	9	8	9	8	9	9	8



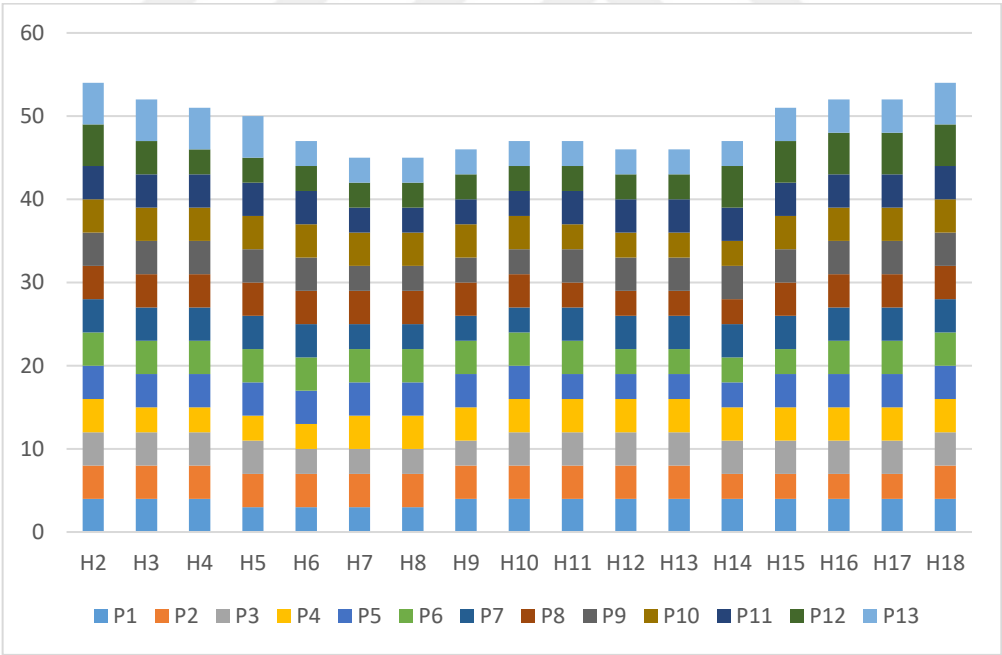
Şekil 4.11 On üç periyot için her bir hemşirenin atandıkları toplam sabah vardiyası sayısı



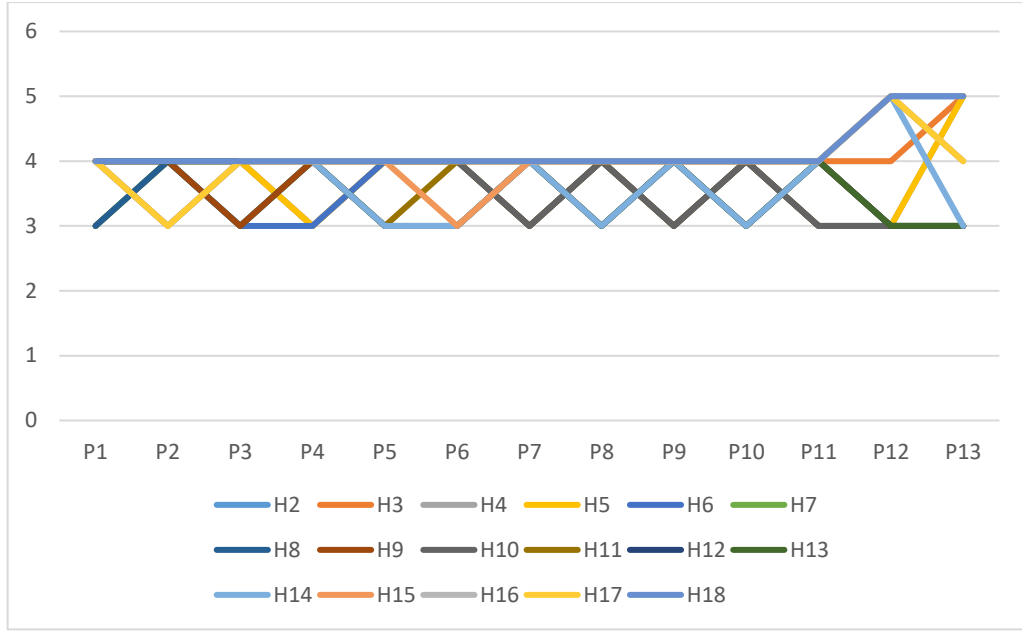
Şekil 4.12 On üç periyot için her bir hemşirenin atandıkları toplam sabah vardiyası sayısı

Tablo 4.11 On üç periyot için her bir hemşirenin atandıkları toplam akşam vardiyası sayısı

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
H2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5
H3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	5
H4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	5
H5	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	5
H6	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3
H7	3	4	3	4	4	4	3	4	3	4	3	3	3
H8	3	4	3	4	4	4	3	4	3	4	3	3	3
H9	4	4	3	4	4	4	3	4	3	4	3	3	3
H10	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	3	3	3
H11	4	4	4	4	3	4	4	3	4	3	4	3	3
H12	4	4	4	4	3	3	4	3	4	3	4	3	3
H13	4	4	4	4	3	3	4	3	4	3	4	3	3
H14	4	3	4	4	3	3	4	3	4	3	4	5	3
H15	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	5	4
H16	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4
H17	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4
H18	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5



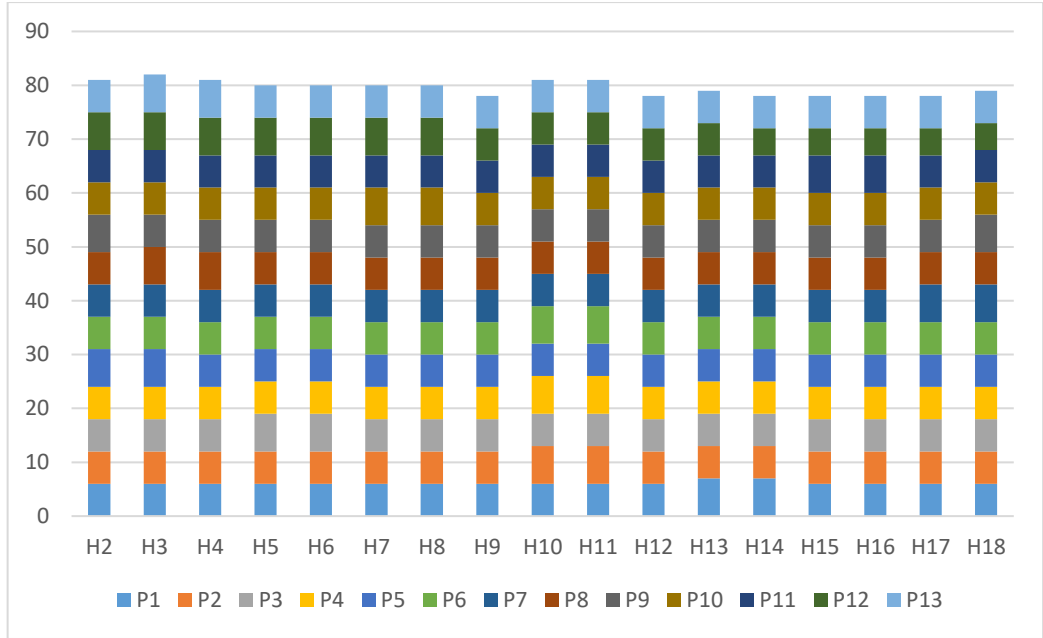
Şekil 4.13 On üç periyot için her bir hemşirenin atandıkları toplam akşam vardiyası sayısı



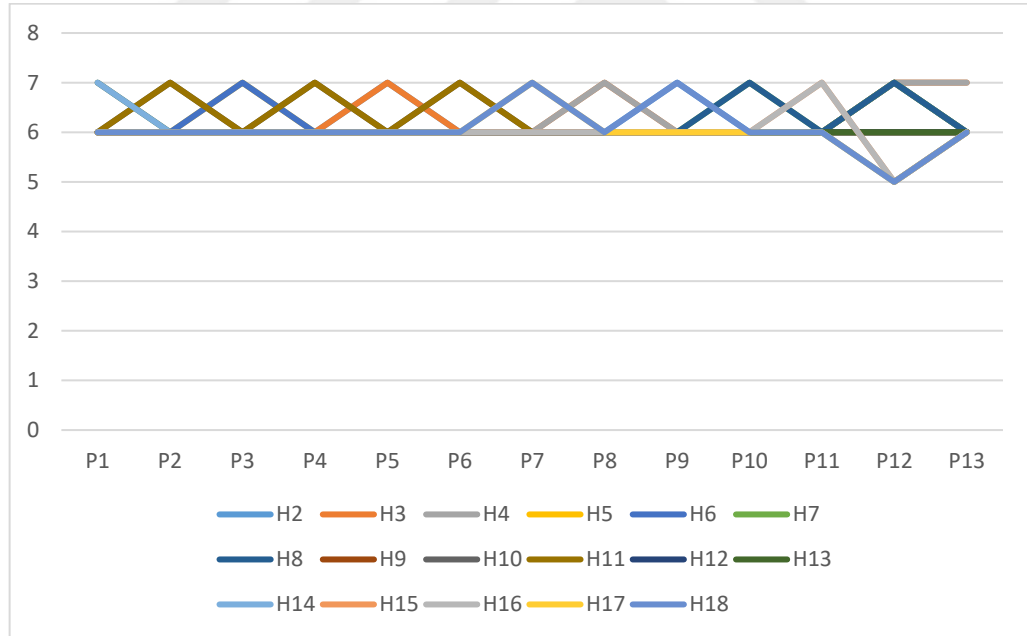
Şekil 4.14 On üç periyot için her bir hemşirenin atandıkları toplam akşam vardiyası sayısı

Tablo 4.12 On üç periyot için her bir hemşirenin atandıkları toplam tam gün vardiyası sayısı

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
H2	6	6	6	6	7	6	6	6	7	6	6	7	6
H3	6	6	6	6	7	6	6	7	6	6	6	7	7
H4	6	6	6	6	6	6	6	7	6	6	6	7	7
H5	6	6	7	6	6	6	6	6	6	6	6	7	6
H6	6	6	7	6	6	6	6	6	6	6	6	7	6
H7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	6	7	6
H8	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	6	7	6
H9	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
H10	6	7	6	7	6	7	6	6	6	6	6	6	6
H11	6	7	6	7	6	7	6	6	6	6	6	6	6
H12	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
H13	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
H14	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	6
H15	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	5	6
H16	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	5	6
H17	6	6	6	6	6	6	7	6	6	6	6	5	6
H18	6	6	6	6	6	6	7	6	7	6	6	5	6



Şekil 4.15 On üç periyot için her bir hemşirenin atandıkları toplam tam gün vardiyası sayısı

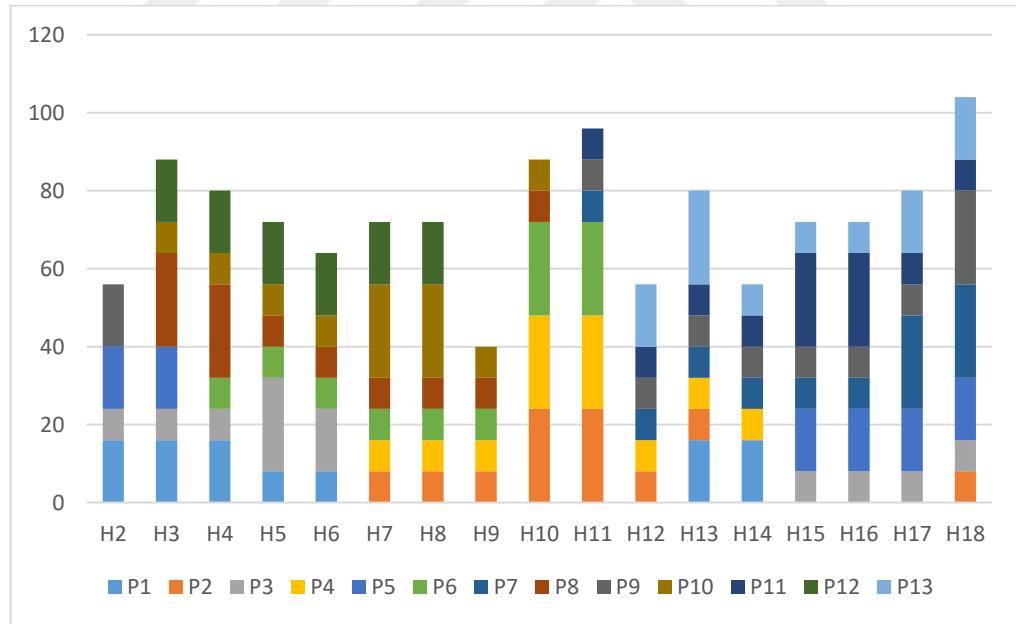


Şekil 4.16 On üç periyot için her bir hemşirenin atandıkları toplam tam gün vardiyası sayısı

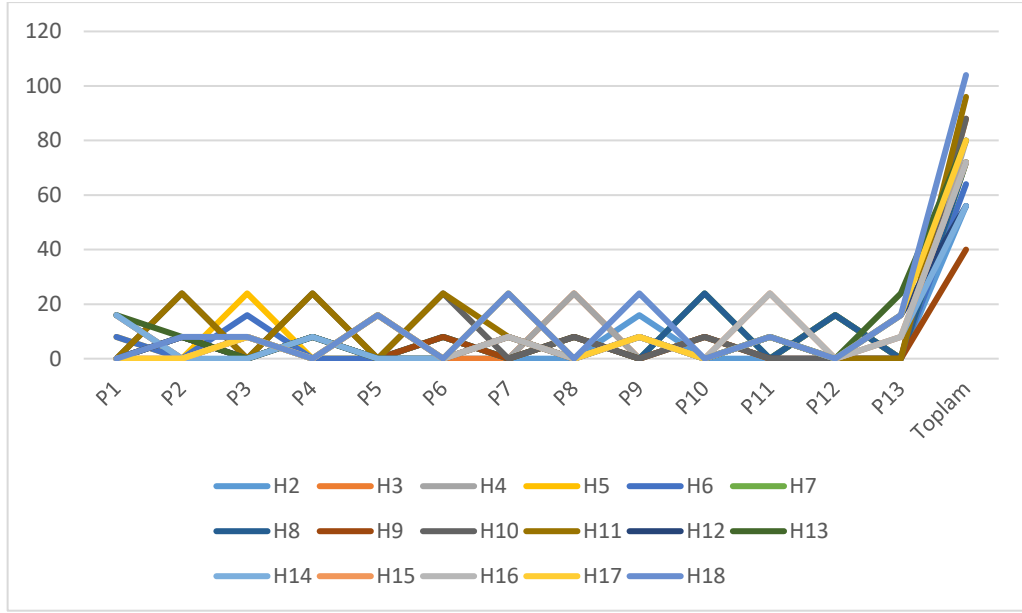
Tablo 4.13 ile yapılan on üç periyotun her birinde her bir hemşirenin yaptığı fazla mesai sayıları verilmiştir. On beşinci sütunda on üç periyotta yapılan fazla mesailerin toplamı yer almaktadır. Şekil 4.17 – Şekil 4.18, Tablo 4.13’nin farklı grafikler ile gösterimidir.

Tablo 4.13 On üç periyot için her bir hemşirenin yaptığı fazla mesai sayıları ve toplamaları

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	Toplam
H2	16	0	8	0	16	0	0	0	16	0	0	0	0	56
H3	16	0	8	0	16	0	0	24	0	8	0	16	0	88
H4	16	0	8	0	0	8	0	24	0	8	0	16	0	80
H5	8	0	24	0	0	8	0	8	0	8	0	16	0	72
H6	8	0	16	0	0	8	0	8	0	8	0	16	0	64
H7	0	8	0	8	0	8	0	8	0	24	0	16	0	72
H8	0	8	0	8	0	8	0	8	0	24	0	16	0	72
H9	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0	0	0	40
H10	0	24	0	24	0	24	0	8	0	8	0	0	0	88
H11	0	24	0	24	0	24	8	0	8	0	8	0	0	96
H12	0	8	0	8	0	0	8	0	8	0	8	0	16	56
H13	16	8	0	8	0	0	8	0	8	0	8	0	24	80
H14	16	0	0	8	0	0	8	0	8	0	8	0	8	56
H15	0	0	8	0	16	0	8	0	8	0	24	0	8	72
H16	0	0	8	0	16	0	8	0	8	0	24	0	8	72
H17	0	0	8	0	16	0	24	0	8	0	8	0	16	80
H18	0	8	8	0	16	0	24	0	24	0	8	0	16	104



Şekil 4.17 On üç periyot için her bir hemşirenin yaptığı fazla mesai sayıları



Şekil 4.18 On üç periyot için her bir hemşirenin yaptığı fazla mesai sayıları ve toplamaları

4.5 İlk Periyoda Ait Farklı Ağırlık Seçimlerinin Çizelge Sonuçları

Bölüm 4.2’de hastane yönetiminin istek ve ihtiyaçları doğrultusunda, amaç fonksiyonundaki toplamsal terimlere $\mathbf{w}^1 = [1 \ 10 \ 10 \ 10 \ 1 \ 1 \ 1]$ ağırlıkları atanmış ve bütün analizler buna göre yapılmıştı. Oysa ki farklı kurum ve farklı ihtiyaçlar doğrultusunda bu ağırlıkların seçimi değişkenlik gösterebilmektedir. Bu ağırlık seçimlerinin etkisini analiz edebilmek için bu bölümde farklı senaryolar oluşturulmuş ve elde edilen Z amaç fonksiyonu değeri toplamsal terimler açısından değerlendirilmiştir.

n senaryo numarası, $\mathbf{w}^n$ ilgili senaryonun ağırlık vektörü olmak üzere oluşturulan senaryolar ve toplamsal terim değerleri Tablo 4.8’de verilmiştir.

Tablo 4.14 Oluşturulan farklı senaryolar ile elde edilen toplam değerleri ($\times 10^3$)

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	Z
$\mathbf{w}^1 = [1 \ 10 \ 10 \ 10 \ 1 \ 1 \ 1]$	96	2	2	8	54	0	30	300
$\mathbf{w}^2 = [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1]$	96	2	8	14	56	0	29	205

Tablo 4.14 Oluşturulan farklı senaryolar ile elde edilen toplam değerleri ($\times 10^3$)
(devamı)

$\mathbf{w}^3 = [10 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 10]$	96	6	18	20	56	0	29	1350
$\mathbf{w}^4 = [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 100]$	96	10	10	17	59	32	28	3024
$\mathbf{w}^5 = [1 \ 100 \ 100 \ 100 \ 10 \ 1 \ 1]$	96	2	2	6	52	64	33	1713
$\mathbf{w}^6 = [1 \ 10 \ 10 \ 10 \ 1 \ 1 \ 10]$	96	2	4	5	66	8	28	560

Tablo 4.14'te sütunlar amaç fonksiyonundaki toplamsal terimlerin sıra sayısını göstermektedir. Her senaryodaki toplam hemşire sayısı ve CS_k^{HI} , CS_k^{HS} ile verilen çalışan sayıları aynı olduğundan, ilk toplamsal terim bütün senaryolarda 96.10^3 çıkmıştır. Genel olarak daha büyük ağırlığın atandığı toplamsal terime öncelik sağlandığından ilgili terim/terimler, problemin sonucunda daha küçük değerler almıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Hasta bakımı, tedavi, tıbbi müdahaleler gibi birçok görevi yerine getiren hemşireler, sağlık hizmetlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Hemşirelerin vardiya düzeni doğru şekilde planlanmazsa, hastaların sağlık hizmetlerine erişimleri ve tedavileri olumsuz etkilenebilir. Ayrıca, hemşirelerin çalışma saatleri, yorgunluk, stres ve iş memnuniyetsizliği gibi faktörlere bağlı olarak performansları da etkilenebilir. Doğru vardiya çizelgesi oluşturmak, hemşirelerin uygun dinlenme ve çalışma saatlerine sahip olmalarını sağlayarak yorgunluk ve stresi azaltabilir. Böylece, hemşirelerin hasta bakımı sırasındaki hata oranı düşer ve tedavi süreci daha etkili bir şekilde yönetilebilir. Ayrıca, doğru vardiya düzenlemesi, hemşireler arasındaki iş yükü dengesizliğini azaltır ve çalışma ortamında iş memnuniyetini artırabilir. Tüm bunlar, doğru planlanmış bir hemşire vardiya çizelgesi ile elde edilebilir. Böylece tezimizde, literatürde yoğun bir şekilde çalışılan, hastaneler ve sağlık kuruluşları tarafından doğru bir şekilde planlanması gereken hemşire vardiya çizelgeleme problemi ele alınmıştır.

Tez çalışması kapsamında, Sağlık Bakanlığı tarafından belirlenen yasal düzenlemelerin yanısıra, hastanenin istek, kaynak ve ihtiyaçlarını, aynı zamanda hemşirelerin de çeşitli isteklerini dikkate alarak, çalışan memnuniyetini arttırmaya yönelik zorunlu ve esnek kısıtlara sahip bir karma tamsayılı programlama modeli sunulmuştur.

Teklik kısıtları, çalışan sayısı, mesai sayısı, fazla mesai kısıtları, hastane yönetimi tarafından önceden belirlenmiş sabit vardiyalar için yapılan ön atama kısıtları, tam gün vardiyası sonrası bir sonraki gün izinli olma kuralı, akşam vardiyası sonrası bir sonraki gün sabah vardiyasına atanmama kuralı modelimizin içerdiği zorunlu kısıtlardır. Tam vardiyaya atanmış bir hemşirenin mümkünse sonraki iki gün izinli olmasını sağlamaya çalışan, her bir hemşirenin, mümkün olduğunca bir hafta sonunda hem Cumartesi hem de Pazar gününe atama yapılmamasını sağlayan hafta sonu izin kısıtı, hemşirelerin her bir vardiya çeşidi için toplam atanma sayıları arasındaki adaleti sağlayan dengeleme kısıtları modelimizin içerdiği esnek kısıtlardır.

Modelin amaç fonksiyonu minimizasyon yönünde çalışmaktadır. Esnek kısıtların en iyi seviyede sağlanması amacıyla yardımcı veya sapma değişkenlerinin oluşturdukları toplamsal terimler minimize edilmeye çalışılmalıdır. Böylece ilgili esnek kısıt o derece

iyi sağlanmaya çalışılacaktır. Esnek kısıtlar arasındaki öncelikler, amaç fonksiyonundaki ilgili yardımcı ve sapma değişkenlerinin toplamlarından oluşan terimlerin farklı ağırlıklarla çarpılması yoluyla sağlanmıştır. Başka bir ifadeyle, hastane yönetiminin esnek kısıtlara verdiği önem dereceleri ağırlıklar aracılığıyla modele yansıtılmıştır. Sağlanması en gerekli/önemli olan toplamsal terimin ağırlığına olabildiğince büyük değerler verilerek, ilgili toplamsal terimin yüksek oranda minimize edilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca, amaç fonksiyonundaki toplamsal terimlerin sahip oldukları ağırlıklar değiştirilerek, farklı kurallar ve farklı dengeler dahilinde yeni çizelgeler elde edilebilir.

Önerilen modelin uygulaması, İstanbul'da bulunan bir özel hastanenin yoğun bakım servisinin 2022 yılının Ekim ayına ait veriler kullanılarak yapılmış ve dört haftalık bir periyot için belirlenen istek ve ihtiyaçlar doğrultusunda başarılı bir çizelge elde edilmiştir. Oluşturulan karma tamsayılı programlama problem, GAMS paket programı yardımı ile çözülmüştür. Sonuç üzerine yapılan analizler, adil bir dağılımın yapılmış olduğunu, ve oluşan çizelgenin tüm zorunlu kısıtları sağlandığını göstermektedir. Model için tanımlanan kümelerin ve ön atamaların güncellenmesi sonrasında model tekrar tekrar çalıştırılarak yıllık bir çizelge elde edilmesi sağlanmıştır. Yıllık çizelgede periyotlar arası geçişlerin tutarlı olduğu tespit edilmiştir. Yapılan analizler, oluşturulan çizelgelerde genel anlamda adil dağılımın sağlanmış olduğunu, toplamda fazla mesai yapan hemşirelere bir sonraki oluşturulan çizelgelerde minimum mesai saati ataması yapıldığını göstermektedir.

Sonuç olarak, hemşire vardiya çizelgeleme probleminin çözümünü kolaylaştırma amacıyla önerilen modelimizin; el ile hazırlanan çizelgelerde yaşanan zaman kaybını, gözden kaçan hataları, hastane yönetimine olan güven kaybını, atamalardaki adaletsizliklerden doğan motivasyon düşüşünü önlemeye yardımcı olacağı ve çalışan memnuniyetini artırması yoluyla hizmet kalitesini pozitif yönde etkileyeceği öngörülmektedir. Böylelikle, hemşirelerin çalışma saatleri ve iş yükü dengesi daha iyi yönetilebilir ve hasta bakımı kalitesi artırılabilir.

Gelecek çalışmalar olarak, önerilen modelin; yıllık ve mazeret izinlerinin, resmi tatillerin dikkate alınacak şekilde genişletilmesi, hemşirelerin atanmak istedikleri vardiyalara dair skor çalışmalarının yapılarak modelin detaylandırılması düşünülebilir.

- [1] Miller, H. E., Pierskalla, W. P., & Rath, G. J. (1976). Nurse scheduling using mathematical programming. *Operations Research*, 24(5), 857-870.
- [2] Arthur, J. L., & Ravindran, A. (1981). A multiple objective nurse scheduling model. *AIIE transactions*, 13(1), 55-60.
- [3] Rosenbloom, E. S., & Goertzen, N. F. (1987). Cyclic nurse scheduling. *European journal of operational research*, 31(1), 19-23.
- [4] Weil, G., Heus, K., Francois, P., & Poujade, M. (1995). Constraint programming for nurse scheduling. *IEEE Engineering in medicine and biology magazine*, 14(4), 417-422.
- [5] Jaumard, B., Semet, F., & Vovor, T. (1998). A generalized linear programming model for nurse scheduling. *European journal of operational research*, 107(1), 1-18.
- [6] Dowsland, K. A., & Thompson, J. M. (2000). Solving a nurse scheduling problem with knapsacks, networks and tabu search. *Journal of the operational research society*, 51(7), 825-833.
- [7] Burke, E. K., De Causmaecker, P., Petrovic, S., & Berghe, G. V. (2001, May). Fitness evaluation for nurse scheduling problems. In *Proceedings of the 2001 Congress on Evolutionary Computation (IEEE Cat. No. 01TH8546)* (Vol. 2, pp. 1139-1146). IEEE.
- [8] Jan, A., Yamamoto, M., & Ohuchi, A. (2000, July). Evolutionary algorithms for nurse scheduling problem. In *Proceedings of the 2000 Congress on Evolutionary Computation. CEC00 (Cat. No. 00TH8512)* (Vol. 1, pp. 196-203). IEEE.
- [9] Bard, J. F., & Purnomo, H. W. (2005). Short-term nurse scheduling in response to daily fluctuations in supply and demand. *Health Care Management Science*, 8(4), 315-324.
- [10] Trilling, L., Guinet, A., & Le Magny, D. (2006). Nurse scheduling using integer linear programming and constraint programming. *IFAC Proceedings Volumes*, 39(3), 671-676.
- [11] Parr, D., & Thompson, J. M. (2007). Solving the multi-objective nurse scheduling problem with a weighted cost function. *Annals of Operations Research*, 155(1), 279-288.
- [12] Tsai, C. C., & Li, S. H. (2009). A two-stage modeling with genetic algorithms for the nurse scheduling problem. *Expert systems with applications*, 36(5), 9506-9512.

- [13] Wright, P. D., & Mahar, S. (2013). Centralized nurse scheduling to simultaneously improve schedule cost and nurse satisfaction. *Omega*, 41(6), 1042-1052.
- [14] El Adoly, A. A., Gheith, M., & Fors, M. N. (2018). A new formulation and solution for the nurse scheduling problem: A case study in Egypt. *Alexandria engineering journal*, 57(4), 2289-2298.
- [15] Legrain, A., Bouarab, H., & Lahrichi, N. (2015). The nurse scheduling problem in real-life. *Journal of medical systems*, 39, 1-11.
- [16] Leksakul, K., & Phetsawat, S. (2014). Nurse scheduling using genetic algorithm. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014.
- [17] Wong, T. C., Xu, M., & Chin, K. S. (2014). A two-stage heuristic approach for nurse scheduling problem: A case study in an emergency department. *Computers & Operations Research*, 51, 99-110.
- [18] Topaloglu, S., & Selim, H. (2010). Nurse scheduling using fuzzy modeling approach. *Fuzzy sets and systems*, 161(11), 1543-1563.
- [19] Aickelin, U., & White, P. (2004). Building better nurse scheduling algorithms. *Annals of Operations Research*, 128, 159-177.
- [20] Kawanaka, H., Yamamoto, K., Yoshikawa, T., Shinogi, T., & Tsuruoka, S. (2001, May). Genetic algorithm with the constraints for nurse scheduling problem. In *Proceedings of the 2001 congress on evolutionary computation (IEEE Cat. No. 01TH8546)* (Vol. 2, pp. 1123-1130). IEEE.
- [21] ATMACA, E., PEHLİVAN, C., AYDOĞDU, C. B., & YAKICI, M. (2012). Hemşire çizelgeleme problemi ve uygulaması. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 28(4), 351-358.
- [22] CEYLAN, Z., ARSLAN, M., & ARSLAN, T. (2021). Bir hafif raylı ulaşım sisteminde makinist çizelgeleme problemi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(2), 1027-1039.
- [23] Uzumer, E., & Tamer, E. R. E. N. (2012). Okul servisi rotalama problemi: bir uygulama. *International Journal of Engineering Research and Development*, 4(2), 26-29.
- [24] Equi, L., Gallo, G., Marziale, S., & Weintraub, A. (1997). A combined transportation and scheduling problem. *European journal of operational research*, 97(1), 94-104.
- [25] Ceylan, Z., Karan, R. E., BAKIRCI, Ç., & Sabuncu, S. (2019). Sıra Bağımlı Hazırlık

Sürelî Tek Makine Çizelgeleme Problemi: Beyaz Eşya Sektöründe Bir Uygulama. *International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, 3(1), 14-21.

[26] Özcan, E. C., VARLI, E., & Tamer, E. R. E. N. (2017). Hidroelektrik santrallerde vardiya çizelgeleme problemleri için hedef programlama yaklaşımı. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10(4), 363-370.

[27] Geismar, H. N., Laporte, G., Lei, L., & Sriskandarajah, C. (2008). The integrated production and transportation scheduling problem for a product with a short lifespan. *INFORMS Journal on Computing*, 20(1), 21-33.

[28] İlkuçar, M. (2011). Sınav Gözetmenlik Çizelgeleme Probleminin Optimizasyonu ve Bir Uygulama Yazılımı. *XIII. Akademik Bilişim Konferansı*, 2-4.

[29] KÜÇÜKSİLLE, E., & Tokmak, M. (2011). Yapay arı kolonisi algoritması kullanarak otomatik ders çizelgeleme. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(3), 203-210.

[30] Abdullah, S., Burke, E. K., & McCollum, B. (2007, September). A hybrid evolutionary approach to the university course timetabling problem. In *2007 IEEE congress on evolutionary computation* (pp. 1764-1768). IEEE.

[31] . Erben, W., & Keppler, J. (1996). A genetic algorithm solving a weekly course-timetabling problem. In *Practice and Theory of Automated Timetabling: First International Conference Edinburgh, UK, August 29–September 1, 1995 Selected Papers 1* (pp. 198-211). Springer Berlin Heidelberg.

[32] Alharbi, A., & AlQahtani, K. (2016). A Genetic Algorithm Solution for the Doctor Scheduling Problem. In *The Tenth International Conference on Advanced Engineering Computing and Applications in Sciences* (pp. 91-7).

[33] ÖZCAN, E., DANIŞAN, T., YUMUŞAK, R., Şeyda, G. Ü. R., & Tamer, E. R. E. N. (2019). Goal programming approach for the radiology technician scheduling problem. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 37(4), 1410-1420.

[34] Tamer, E. R. E. N., KODANLI, E., ALTUNDAĞ, B., MALKOÇ, S. K., ÜNLÜSOY, S., BİÇER, İ., & TUTUK, K. (2016). Ameliyathane çizelgeleme ve örnek uygulama. *Ekonomi İşletme Siyaset ve Uluslararası İlişkiler Dergisi*, 2(1), 71-85.

[35] Jebali, A., Alouane, A. B. H., & Ladet, P. (2006). Operating rooms scheduling. *International Journal of Production Economics*, 99(1-2), 52-62.

- [36] Chern, C. C., Chien, P. S., & Chen, S. Y. (2008). A heuristic algorithm for the hospital health examination scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 186(3), 1137-1157.
- [37] Bilgin, B., Demeester, P., Misir, M., Vancroonenburg, W., & Vanden Berghe, G. (2012). One hyper-heuristic approach to two timetabling problems in health care. *Journal of Heuristics*, 18, 401-434.
- [38] Ala, A., & Chen, F. (2022). Appointment scheduling problem in complexity systems of the healthcare services: a comprehensive review. *Journal of Healthcare Engineering*, 2022.
- [39] Özüdoğru, A. G., & Görener, A. (2015). Sağlık sektöründe talep tahmini üzerine bir uygulama.
- [40] Sağlık Bakanlığı (20.07.2011). *Yataklı sağlık tesislerinde yoğun bakım hizmetlerinin uygulama usul ve esasları hakkında tebliğ*. Erişim tarihi: 27.03.2023, <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=15146&MevzuatTur=9&MevzuatTip=5>
- [41] GAMS Development Corporation. General Algebraic Modeling System (GAMS). Available: <https://www.gams.com>, Release 24.3.3, USA, 2014.

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Kitaplar

1. İPEK, M., GONCE KÖÇKEN, H., (2022, Aralık 26-27), *Bir Yoğun Bakım Ünitesinde Karşılaşılan Vardiya Çizelgeleme Probleminin Karma Tamsayılı Programlama İle Modellenmesi [Sözlü Sunum]*, IX. Yıldız Uluslararası Sosyal Bilimler Kongresi, Bildiri Özetleri Kitabı (ISBN: 978-975-461-608-8), sayfa 85, İstanbul, Türkiye.

