








PANDEMİ SÜRECİNDE HEMŞİRE ÇİZELGELEME PROBLEMİ İÇİN HEDEF PROGRAMLAMA MODELİ

¹Müberra KOÇAK , ²Gizem EKREN , ³Rabia YUMUŞAK ,
⁴Tamer EREN , ⁵Hacı Mehmet ALAKAŞ 

^{1, 2, 4, 5}Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale,
TÜRKİYE

³Kapadokya Üniversitesi, Kapadokya Meslek Yüksekokulu, Nevşehir, TÜRKİYE

¹muberrakocak98@gmail.com, ²gizemekren03@gmail.com, ³rabia.yumusak@kapadokya.edu.tr,



⁴tamereren@gmail.com, ⁵hmalagas@kku.edu.tr

Önemli Katkıları (Highlights)

- Pandemi döneminde artan iş yükü dikkate alınarak hemşirelerin çalışma günleri çizelgelenmiştir.
- Çizelgelemede mevcut çalışma düzeninden farklı olarak yeni bir çalışma düzeni önerilmiştir.
- Yeni çalışma düzeni ile hemşirelerin pandemi riskleri azaltılması ve dengeli çalışma düzeninin oluşturulması amaçlanmıştır.



PANDEMİ SÜRECİNDE HEMŞİRE ÇİZELGELEME PROBLEMİ İÇİN HEDEF PROGRAMLAMA MODELİ

¹Müberra KOÇAK , ²Gizem EKREN , ³Rabia YUMUŞAK ,
⁴Tamer EREN , ⁵Hacı Mehmet ALAKAŞ 

^{1, 2, 4, 5} Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale, TÜRKİYE

³Kapadokya Üniversitesi, Kapadokya Meslek Yüksekokulu, Nevşehir, TÜRKİYE

¹ muberrakocak98@gmail.com, ² gizemekren03@gmail.com, ³ rabia.yumusak@kapadokya.edu.tr,

⁴ tamereren@gmail.com, ⁵ hmalagas@kku.edu.tr

(Received: 23.05.2022; Accepted in Revised Form: 17.02.2023)

ÖZ: Pandemi sürecinde sağlık kuruluşlarında çalışan hemşirelerin, uzun çalışma saatlerinin psikolojik ve fiziksel anlamda hemşireleri olumsuz etkilediği görülmektedir. Pandemi süreciyle hastanelerde artan iş yükü, özellikle 24 saat süren vardiya ve nöbet sistemi içinde çalışmanın ağır ve yorucu olması ve hemşirelerin düzensiz bir iş programına maruz kalması sonucunda personellerin iş ve kişisel yaşam kalitesi olumsuz yönde etkilenmektedir. Bunun sonucu olarak hastalara verilen hizmetin kalitesi de düşmektedir. Hem hemşirelerin çalışma şartlarından kaynaklı olumsuzlukların giderilmesi hem de hasta memnuniyetinin artırılması amacıyla bu çalışmada hemşire çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Bir devlet hastanesinin nöroloji yoğun bakım ünitesinde çalışan 18 hemşirenin çizelgenmesi problemi için iki çözüm önerisinde bulunulmuştur. İlk olarak hastanenin mevcut çalışma şartları dikkate alınarak 0-1 hedef programlama yöntemi ile çözüm sunulmuştur. İkinci olarak 24 saatlik vardiyadan kaynaklı oluşabilecek risklerin önüne geçebilmek için 8 ve 16 saatlik iki vardiya sistemi üzerinde çalışılarak yeni bir model önerisinde bulunulmuştur. Önerilen modellerde hastanenin kuralları, hemşire özel istekleri ve tecrübeleri dikkate alınarak adil ve dengeli bir çalışma programı oluşturulmuştur. Bu çalışma gerçek hayat problemini ele almakla birlikte mevcut durum analizi ve yeni vardiya sistemi önerisiyle hemşire çizelgeleme problemine yeni bir bakış açısı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Hemşire Çizelgeleme Problemi, 0-1 Hedef Programlama, Personel Yönetimi, Hastane Yönetimi, Pandemi

Goal Programming Model for Nurse Schedule Problem in the Pandemic Process

ABSTRACT: It is observed that nurses working in health institutions during the pandemic process, long working hours negatively affect nurses in psychological and physical terms. As a result of the pandemic process, the increasing workload in hospitals, especially the heavy and exhausting 24-hour shifts and work in the seizure system, and the fact that nurses are exposed to an irregular work schedule, the quality of work and personal life of staff is adversely affected. As a result of this, the quality of service provided to patients also decreases. In order to eliminate the negativity caused by the working conditions of nurses and to increase customer satisfaction, the problem of nurse scheduling was discussed in this study. Two solutions have been proposed for the nurse scheduling problem in the neurology intensive care unit, where 18 nurses work at the state hospital. Firstly, the solution was presented with the 0-1 goal programming method taking into account the current working conditions of the hospital. Secondly, in order to prevent the risks that may arise from a 24-hour shift, a new model was proposed by working on a two-shift system of 8 and 16 hours. In the proposed models, a fair and balanced work program has been established taking into account the rules of the hospital, the specific wishes and experiences of the nurses. This study not only addresses the real-life problem, but also

*Corresponding Author: Tamer EREN, tamereren@gmail.com

provides a new perspective on the nurse scheduling problem with the analysis of the current situation and the proposal of a new shift system.

Keywords: Nurse Scheduling Problem, 0-1 Goal Programming, Personnel Management, Hospital Management, Pandemic

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Sınırlı kaynaklara rağmen işletme ihtiyacını karşılamak üzere işgücü kaynaklarının en iyi şekilde tahsis edilmesi personel çizelgeleme olarak tanımlanabilir. Personel çizelgeleme problemi, çok aşamalı ve karmaşık bir problemdir[1]. Hizmet sektöründe ise hasta memnuniyetinin sağlanması, çok aşamalı karmaşık bir problem olan personel çizelgeleme ile doğrudan ilişkilidir. Hem hasta memnuniyetinin sağlanması hem de çalışanların potansiyellerini maksimum verimlilikte kullanabilmesi için personellerin çalışma çizelgelerinin optimize edilmesi gerekmektedir [2].

Sağlık kuruluşları hizmetlerini 7 gün, 24 saat kesintisiz bir şekilde sürdürmeleri elzemdir. Bu durum hastane hizmetlerinde büyük rol oynayan hemşireler için oldukça zorlayıcı çalışma şartlarını da beraberinde getirmektedir. Yoğun iş temposuna sahip olan hemşirelerin iş çizelgelerinin adil ve dengeli olması hem hasta sağlığı hem de personel sağlığı açısından büyük önem arz etmektedir. Aksi takdirde hemşireler fiziksel ve psikolojik açıdan olumsuz etkilenmektedirler [3].

Personel çizelgeleme literatürü incelendiğinde sağlık alanında yapılan çalışmalar konunun öneminden dolayı ilk sırada yer almaktadır. Bu sektörde üzerinde en çok durulan problemlerden bir tanesi hemşire çizelgelemedir. Hemşirelere düşen hasta sayılarında fazlalık, vardiyalar için gerekli hemşire sayısındaki yetersizlik, çalışma şartlarındaki olumsuzluklar gibi etkenler verilen hizmetin kalitesini düşürmektedir. Covid-19 pandemi sürecinin de getirmiş olduğu zorluklara rağmen verimli çalışma ve kaliteli hizmet sunabilmek için hemşirelerin vardiyalara adil ve dengeli atanması, özel izin isteklerinin dikkate alınması, vardiyalara atanan stajyer, tecrübeli hemşire sayılarının dengeli olması gibi etkenlere dikkat etmek gerekmektedir. Bu noktada beklentilere karşılık dengeli ve eşit bir hemşire çizelgeleme yapmak önemlidir.

Özel izin isteklerinin ve hemşire yetkinliklerinin dikkate alındığı bu çalışmada matematiksel programlama modeli kullanılarak çözüm elde edilmiştir. Model oluşturulurken hemşirelerin ilgili günün herhangi bir vardiyasına atanıp atanmama durumunu göstermek amacıyla 0-1 Hedef Programlama (HP) yönteminden yararlanılmıştır.

Bu çalışmada, bir devlet hastanesinin 3. basamak nöroloji yoğun bakım ünitesinde çalışmakta olan 18 hemşirenin dört haftalık çalışma dönemi için çizelge hazırlanmıştır. 24 saat hizmet veren bölümde gündüz (08:00-16:00), gece (16:00-08:00) ve tam gün (08:00-08:00) olacak şekilde üç vardiya çalışma sistemi uygulanmaktadır. Ele alınan gerçek hayat probleminde günlere ve vardiyalara göre talep değişmektedir. Çalışmanın birinci aşamasında hastanenin kuralları, hemşire özel istekleri ve tecrübeleri dikkate alınarak mevcut durum için aylık çalışma planı hazırlanmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında ise hastanede uygulanan 24 saatlik vardiyalar nedeniyle hastalara yapılan yanlış uygulamaların ve istenmeyen sonuçların önüne geçmek amacıyla 8 ve 16 saatlik iki vardiyalı sisteme geçilmesi önerilmiştir. Önerilen yeni sistemde aylık olarak çalışılması gereken toplam vardiya saati, haftalık olarak en az 40 en fazla 45 saat olarak her haftaya eşit şekilde dağıtılmış ve çizelgede daha dengeli atamalar gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma dört bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde çözüm yöntemi olan hedef programlama hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde hastanede yapılan uygulamaya yer verilmiştir. Son olarak dördüncü bölümde yapılan çalışmanın sonuçlarına vurgu yapılmış ve ileride yapılacak çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

2. LİTERATÜR TARAMASI (LITERATURE REVIEW)

Literatürde sağlık alanında özellikle doktor [4]-[6], ameliyathane [7]-[9] ve performans çizelgeleme [10], [11] problemleriyle birlikte daha çok hemşire çizelgeleme [12]- [14] problemleri yer almaktadır. Moz ve Pato [15] yaptıkları çalışmada Portekiz devlet hastanesindeki hemşirelerin atama probleminin çözümü için tam sayılı programlamadan yararlanırken Burke ve diğ. [16] ise öncelikle literatürde yer alan çalışmaları incelemiş, hemşire kayıtlarının daha uzun zaman periyodunu kapsayan planlamalarda oynadığı role dikkat çekmişlerdir. Ayrıca yöneylem araştırma tekniklerinden yapay zeka yöntemlerine kadar olan disiplinler arası spektrumdaki çözüm yaklaşımlarını tanımlamış ve eleştirel olarak değerlendirmişlerdir. Hemşire çizelgeleme alanında sıkça başvurulan çalışmalardan olan Azaiez ve Al Sharif [17] gerçekleştirdikleri çalışmada Fransa'da bir kamu hanesindeki anesteziyoloji hemşirelerinin çizelgeleme problemini çözmek için tam sayılı programlama ve kısıt programlama ile iki matematiksel model geliştiren Trilling ve diğ. [18] ise bu iki modelin kıyaslaması ile adaletli bir çizelge oluşturmayı hedeflemişlerdir. İki aşamalı olarak hemşire çizelgeleme problemini ele alan Tsai ve Li [19] ise problemlerinde matematiksel model ile genetik algoritma yöntemlerini kullanarak ilk aşamada, hemşirelerin optimal tatil programlarını, ikinci aşamada ise hemşire sıralama çizelgesini oluşturmuş ve Tayvan'daki bir hastane için gerçekleştirdikleri uygulamada hükümet düzenlemelerini, hastane yönetiminin gerekliliklerini dikkate alarak model çözüm sürelerinin önerilen yaklaşımla iyileştiğini de vurgulamışlardır. Tam sayılı programlama ile komşu arama yöntemlerini kullanarak hibrit bir model öneren Burke ve diğ. [20] çok amaçlı bir model önerisi ile Hollanda'da bir hastanedeki hemşireler için uygulama yapmışlardır. Topaloğlu ve Selim [21] de gerçekleştirdikleri çalışmada çok amaçlı tam sayılı programlama ile modellerini kurmuşlar ve bunun yanı sıra üç farklı bulanık hedef programlama modeli geliştirmişlerdir. Diğer çalışmalardan farklı bir yaklaşım ile kıdem farkını da ele alan Zen-El-Din ve diğ. [22] ise ikili tam sayılı programlama yönteminden yararlanıp hemşireler arasında bireysel tercihleri de dikkate alarak adaletli bir çizelge oluşturmayı amaçlamışlardır. 0-1 hedef programlama yöntemini kullanan Bağ ve diğ. [23] hemşire çizelgeleme problemini çözmek için hedef ağırlıklarını ANP yöntemi ile belirlerken Hedef programlamayı kullanan diğer yazarlardan olan Varlı ve Eren [24] ise çalışmalarında Kırıkkale'de bir hastanenin yoğun bakım, ameliyathane ve acil bölümlerinde, hastanenin her vardiyada ihtiyaç duyduğu hemşire sayısını karşılamaya çalışmışlar, Aktürk ve diğ. [2] bir devlet hastanesinde çalışan hemşirelerin belirlenmiş olan dört vardiyaya özel izin kısıtlarını baz alarak dengeli bir şekilde atanmalarını hedeflemişler ve Varlı ve diğ. [25] ise bir hastanede çalışan hemşireler için bazı özel kısıtları dikkate alarak aylık çalışma planlarını en iyi şekilde oluşturmayı amaçlamışlardır. Yine Al-Hinai ve diğ. [12] acil serviste çalışan hemşirelerin vardiya dağılımındaki adaleti artırmak, Aktunç ve diğ. [13] sert ve yumuşak kısıtları olan çok amaçlı bir tamsayı programını revize edip, adil iş yükü sağlayan optimal bir çizelge üretmek için hedef programlamayı kullanmışlardır.

Literatürde ele alınan hemşire çizelgeleme problemlerinde önerilen modeller incelendiğinde tek amaçlı ve çok amaçlı çalışmalar bulunmaktadır. Tek amaçlı modellerde yetkinlik amacını ele alan çalışmalar bulunmaktadır [26]-[32]. Yetkinlik dışında sadece eşitlik amacını dikkate alan çalışmalar da literatürde yer almaktadır [19], [32], [34]. Bu çalışmalar dışında hem eşitlik hem de yetkinlik amaçlarını birlikte değerlendiren çalışmalar bulunmaktadır [35]-[37]. İki amacı birlikte kullanan bir diğer çalışmada ise eşitlik ve fazla mesai maliyetini birlikte değerlendirmişlerdir [38]. Lim ve diğ. [39] ise fazla mesai maliyeti ve yetkinlik amaçlarını birlikte değerlendirmişlerdir. Son olarak eşitlik, fazla mesai maliyeti ve yetkinlik amaçlarının hepsini birlikte değerlendiren çalışmalar bulunmaktadır [40]-[42]. Literatürde hemşire çizelgeleme problemini ele alan çalışmalar incelendiğinde modellerin tek amaçlı ve çok amaçlı olmasının yanı sıra kullanılan kısıtlar açısından da farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Genellikle ardışık iş günlerinin kısıtlara eklendiği gözlemlenmiştir. Ardından ardışık izin günleri dikkate alınan kısıtlar arasındadır. Son olarak modellerde en az kullanılan vardiyalar arasındaki minimum dinlenme süresi kısıtıdır. Sonuç olarak hemşire çizelgeleme problemini ele alan çalışmaların amaçlar ve kısıtlar açısından özeti Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1: Literatürdeki çalışmaların özeti*Table 1: Summary of studies in the literature*

Çalışma	AMAÇLAR			KISITLAR		
	Eşitlik	Fazla mesai maliyeti	Yetkinlik	Ardışık iş günleri	Ardışık izin günleri	Vardiyalar arasındaki minimum dinlenme süresi
Mason ve Smith [26]			✓	✓		
Jaumard ve diğ. [40]	✓	✓	✓	✓		
Bard ve Purnomo [35]	✓		✓	✓	✓	✓
Eveborn ve Rönnqvist [36]	✓		✓	✓	✓	
Purnomo ve Bard [43]				✓		✓
Maenhout ve Vanhoucke [27]			✓			
Tsai ve Lee [19]	✓					
He ve Qu [37]	✓		✓	✓		
Burke ve Curtois [32]			✓	✓		
Leksakul ve Phetsawat [38]	✓	✓				
Legrain ve diğ. [28]			✓	✓		✓
Santos ve diğ. [29]			✓	✓	✓	
Ceschia ve diğ. [30]			✓	✓	✓	
Lim ve Mobasher [41]	✓	✓	✓			
Lim ve diğ. [39]		✓	✓			
Zhong ve diğ. [33]	✓			✓		
Rahimian ve diğ. [44]				✓	✓	
Rahimian ve diğ. [45]				✓		
Inafune ve diğ. [31]			✓			
Strandmark ve diğ. [46]				✓	✓	✓
Özcan ve diğ. [34]	✓			✓	✓	
Guo ve Bard [42]	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Bu çalışma	✓			✓	✓	

Bu çalışmada diğer hemşire çizelgeleme çalışmalarından farklı olarak literatürde de ayrı değerlendirilen birden fazla, karmaşıklığa neden olabilecek hedefler aynı anda ele alınmıştır. Sistemin özel kısıtları modele yansıtılmıştır. Ayrıca 24 saatlik vardiya kaldırılarak hemşire çizelgeleme probleminde yeni bir bakış açısı getirilmiştir. Önerilen yeni model ile 24 saatlik vardiya sonucunda oluşabilecek dikkat eksikliğinden kaynaklı kaza ve yanlış uygulamaların önüne geçilerek hemşire uygulamalarından kaynaklı sakatlık veya ölümlerin önüne geçilmiştir. Bununla birlikte hemşirelerin 24 saatlik vardiya çıkışında yorgunluk veya dikkat eksikliğinden kaynaklı oluşabilecek trafik kazası gibi ölüm veya sakatlıkla sonuçlanabilecek olumsuz durumların önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca pandemi sürecinde uygulanması önerilen yeni vardiya sistemi ile virüsü kapan bir hemşirenin 24 saat boyunca arka arkaya bakacağı hasta sayısı miktarı azalacağı için bu açıdan da hem uygulamaya hem de literatüre katkı sağlamaktadır.

3. HEDEF PROGRAMLAMA (GOAL PROGRAMMING)

Bu çalışmada kullanılan hedef programlama yönteminin temeli doğrusal programlamaya dayanmakta olup birden fazla hedefi aynı anda gerçekleştirme prensibine sahiptir. HP yöntemi ile

sistem kısıtlarının sağlandığı ve mümkün olduğunca tüm amaçlara ulaşan bir çözüm elde edilir. Belirlenen amaçların tam olarak gerçekleşmediği durumlarda ise hedef değerlerden sapmalar minimize edilmektedir. Sapmanın olduğu durumda bazı amaçlar en iyi çözüme ulaşırken bazıları en iyi çözüme ulaşamasa da etkin bir çözüm elde edilmiş olacaktır [47].

Doğrusal programlama ile hedef programlama arasındaki temel fark, doğrusal programlamada amaç fonksiyonunu optimal kılan çözüm aranırken hedef programlamada hedeflere ait sapma değerlerinin minimizasyonu üzerine durulmasıdır. Hedef programlamada kullanılan tanımlar şu şekilde sıralanabilir:

Hedef: Model çözüm sonucunda kesin olarak ulaşılmaması istenen ifadedir.

Hedef Kısıtları: Ulaşılmaması istenen hedefler, hedef programlama modeline hedef kısıtları olarak aktarılır. Hedef kısıtlarının sağlanması sistem kısıtlarının gerçekleştirilmesinden sonra gelir ve çok katı olmayıp, sapmaların açıklanmasıyla ortaya çıkan esnek kısıt fonksiyonlarıdır.

Sapma Değişkenleri: Modelde yalnızca hedef kısıtlarında ve amaç fonksiyonunda bulunan sapma değişkenleri, her bir hedef veya alt hedeften, pozitif ve negatif sapmaları göstermektedir. Belirlenen hedef için altında kalma veya aşılma durumlarından ikisi aynı anda gerçekleşemeyeceği için bu iki sapma değişkeninden biri daima sıfır değerini alacaktır [47].

Negatif Sapma Değişkeni (d_i^-): Hedefin ne kadar altında kaldığını gösteren değişkendir.

Pozitif Sapma Değişkeni (d_i^+): Hedefin ne kadar aşıldığını gösteren değişkendir.

Hedef programlamada değişkenler ve parametreler:

x_j : j. karar değişkeni

b_i : i. hedef için ulaşılmak istenen değer

a_{ij} : i. hedefin j. karar değişkeni katsayısı

d_i^- : i. hedefin negatif sapma değişkeni

d_i^+ : i. hedefin pozitif sapma değişkeni

Genel gösterim şekli aşağıda verilmiştir:

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^m (d_i^+ + d_i^-) \quad (1)$$

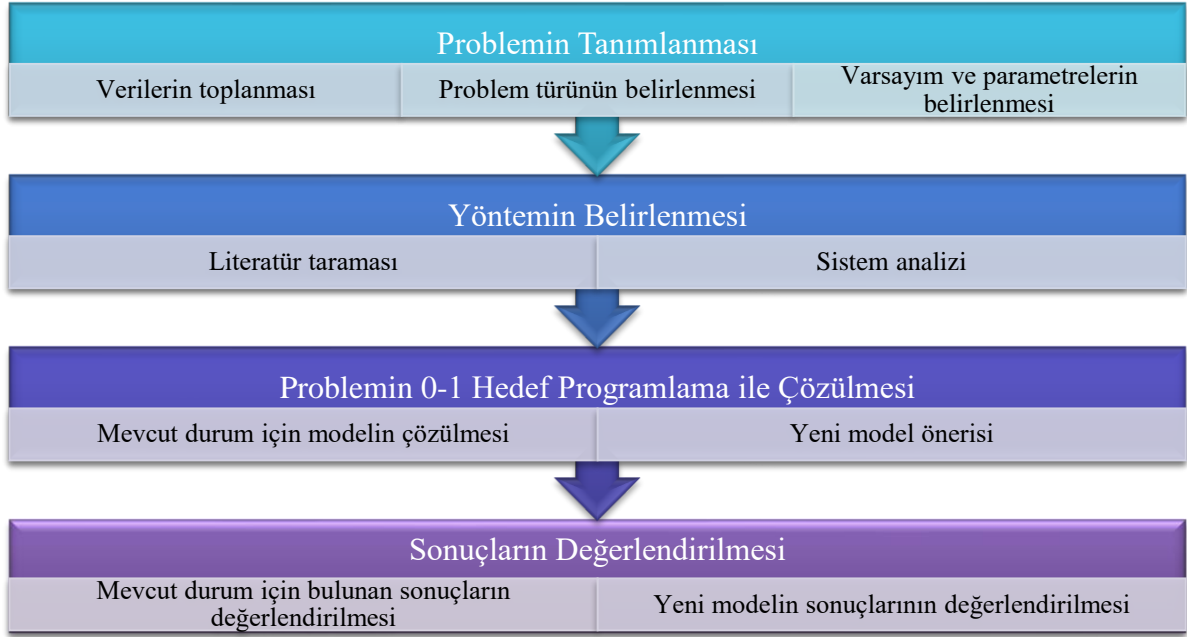
$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + d_i^+ + d_i^- = b_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

$$x_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$d_i^+, d_i^- \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

4. UYGULAMA (CASE STUDY)

Bu çalışmada bir devlet hastanesinin 3. basamak nöroloji yoğun bakım ünitesinde çalışmakta olan hemşirelerin özel izin istek ve personel yeterlilikleri dikkate alınarak ilk olarak 8, 16 ve 24 saatlik üç vardiyalı çalışma sistemi için dengeli ve eşit şekilde 4 haftalık çizelge yapılması amaçlanmıştır. İkinci olarak ise 24 saatlik vardiyalar nedeniyle hastalara yapılan yanlış uygulamaların ve istenmeyen sonuçların önüne geçmek amacıyla 24 saatlik vardiya kaldırılarak 8 ve 16 saatlik iki vardiyalı sistem üzerinde çalışılmış ve yeni bir model önerisinde bulunulmuştur. Uygulamada sırasıyla takip edilen adımlar aşağıda Şekil 1'deki akış şemasında gösterilmektedir.



Şekil 1. Uygulama akış şeması
Figure 1. Application flow chart

4.1. Mevcut Durum İçin Önerilen Model (Suggested Model for Current Situation)

4.1.1. Problemin tanımlanması (Problem definition)

Çalışmada; bir devlet hastanesinin 3.basamak nöroloji yoğun bakım ünitesindeki 18 hemşire için 28 günü kapsayan bir çizelgeleme amaçlanmaktadır. 24 saat hizmet veren bölümde gündüz (08:00-16:00), gece (16:00-08:00) ve tam gün (08:00-08:00) olacak şekilde 8, 16, 24 saatlik üç vardiya çalışma sistemi uygulanmaktadır. Hafta içi gündüz ve gece vardiyasına en az 4, en fazla 5; hafta sonu tam gün vardiyasına en az 3, en fazla 4 hemşire atanmalıdır ve diğer hemşireler izinli olmalıdır.

4.1.2. Verilerin toplanması (Data collection)

Çalışma için gerekli veriler şu şekilde sıralanabilir:

Hastane yönetimi tarafından belirlenen çalışma kuralları:

- Her hemşire bir dönemde en az 160 saat, en fazla 180 saat çalışmalıdır.
- Her hemşire hafta içi iki vardiyadan sadece birinde bulunmalıdır.
- Her hemşire izinli olduğu günlerde çalışmamalıdır.
- Her vardiya için gerekli hemşire sayısı karşılanmalıdır.
- Hafta içi gündüz ve gece vardiyalarında en az 4, en fazla 5 hemşire bulunmalıdır.
- Hafta sonu vardiyasında en az 3, en fazla 4 hemşire bulunmalıdır.
- Her hemşire ardışık en fazla 24 saat çalışabilir.
- Herhangi bir hemşire, herhangi bir günde gece vardiyasına atanmışsa bir sonraki günün gündüz ve gece vardiyasına atanmamalıdır.
- Herhangi bir hemşire tam gün vardiyasına atandıktan sonra 24 saat izinli olmalıdır.

Hemşire özel izin istekleri:

- 1 numaralı hemşire perşembe ve cuma günleri sadece gündüz vardiyasına atanmalıdır. (Akşamları evde hasta bakımı yapmaktadır.)
- 3 numaralı hemşire 11. günde yıllık izine ayrıldığı için çalışmamalıdır.
- 3 numaralı hemşire 16. ve 18. günler arasında yıllık izine ayrıldığı için çalışmamalıdır.

- 11 numaralı hemşire 9. ve 10. günler arasında yıllık izine ayrıldığı için çalışmamalıdır. Yetkinlik/Yeterlilik kısıtı:
- 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 numaralı tecrübeli hemşirelerden en az birinin hafta sonu vardiyalarında olması istenmektedir.
- Her vardiyada en fazla bir öğrenci bulunabilir. (3 ve 8 numaralı hemşireler stajyer)

4.1.3. Varsayımların belirlenmesi (Determination of assumptions)

Hastane verileri ve önceki çizelgelenmeler incelenmiştir. İnceleme sonucu yapılacak çizelgeleme için belirlenen varsayımlar:

- Çizelgeleme dönemi 28 gün olarak alınmıştır.
- Planlanmış izinler dışında herhangi bir izin kullanılmadığı varsayılmıştır.
- Hafta içi tam gün vardiyasına atanan hemşire nöbetçi olarak çalışmaktadır.

4.1.4. Parametreler (Parameters)

i: Hemşire indeksi	$i = 1, 2, \dots, n$
n: Serviste çalışan hemşire sayısı	$n = 18$
j: Gün indeksi	$j = 1, 2, \dots, m$
m: Gün sayısı	$m = 28$
hi: hafta içine denk gelen günler kümesi	$hi = 1, 2, \dots, 12, 15, \dots, 19, 22, \dots, 26$
hs: hafta sonuna denk gelen günler kümesi	$hs = 6, 7, 13, 14, 20, 21, 27, 28$
persembe: persembe gününe denk gelen günler kümesi	$persembe = 4, 11, 18, 25$
cuma: cuma gününe denk gelen günler kümesi	$cuma = 5, 12, 19, 26$
k: Vardiya indeksi	$k = 1, 2, \dots, t$
t: Vardiya sayısı	$t = 3$
W_k : k. vardiyanın çalışma süresi	$k = 1, 2, \dots, t \quad W_1 = 8 \quad W_2 = 16 \quad W_3 = 24$

4.1.5. Karar değişkenleri ve sapma değişkenleri (Decision variables and deviation variables)

$$X_{ijk} = \begin{cases} 1, & i. \text{ hemşire } j. \text{ günde } k. \text{ vardiyaya atanırsa} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, m \quad k = 1, 2, \dots, t$$

- $d1_i^+$: i. hemşire için birinci vardiya hedefinden pozitif sapma değeri
 $d1_i^-$: i. hemşire için birinci vardiya hedefinden negatif sapma değeri
 $d2_i^+$: i. hemşire için ikinci vardiya hedefinden pozitif sapma değeri
 $d2_i^-$: i. hemşire için ikinci vardiya hedefinden negatif sapma değeri
 $d3_i^+$: i. hemşire için haftasonu üçüncü vardiya hedefinden pozitif sapma değeri
 $d3_i^-$: i. hemşire için haftasonu üçüncü vardiya hedefinden negatif sapma değeri
 $d4_i^+$: i. hemşire için haftasonu günlerinin yetkinlik hedefinden pozitif sapma değeri
 $d4_i^-$: i. hemşire için haftasonu günlerinin yetkinlik hedefinden negatif sapma değeri

4.1.6. Matematiksel modelin amaç fonksiyonu ve kısıtları (Objective function and constraints of the mathematical model)

İki adet hedef kısıtı bulunan model aşağıda gösterilmiştir.

Kısıt 1: Herhangi bir hemşire hafta içi üç vardiyadan sadece birinde bulunmalıdır. Böylece gün içinde sadece bir vardiyaya atanma sağlanmaktadır.

$$\sum_{k=1}^t X_{ijk} \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad \forall j \in hi \quad (5)$$

Kısıt 2: Her vardiya için gerekli hemşire sayısı karşılanmalıdır. Her vardiyaya talep edilen sayıda personelin atanmasını mümkün kılan kısıttır.

Hafta içi ihtiyaç duyulan hemşire sayısı:

$$\sum_{i=1}^n X_{ijk} \geq 4 \quad \forall j \in hi \quad k = 1,2 \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ijk} \leq 5 \quad \forall j \in hi \quad k = 1,2 \quad (7)$$

Hafta sonu ihtiyaç duyulan hemşire sayısı:

$$\sum_{i=1}^n X_{ijk} \geq 3 \quad \forall j \in hs \quad k = 3 \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ijk} \leq 4 \quad \forall j \in hs \quad k = 3 \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ijk} = 0 \quad \forall j \in hs \quad k = 1,2 \quad (10)$$

Kısıt 3: Her hemşire ayda en az 160 saat çalışmalıdır. Hastane kuralının yerine getirilmesi gereken sert kısıttır.

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^3 (W_1 X_{ijk} + W_2 X_{ijk} + W_3 X_{ijk}) \geq 160 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

Kısıt 4: Her hemşire ayda en fazla 180 saat çalışmalıdır. Hastane kuralının yerine getirilmesi gereken sert kısıttır.

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^3 (W_1 X_{ijk} + W_2 X_{ijk} + W_3 X_{ijk}) \leq 180 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

Kısıt 5: Her hemşire ardışık en fazla 24 saat çalışabilir. Personelin verimli olabileceği ve iş, kişisel yaşam kalitesini düşürmeyeceği maksimum saat sınırında atama yapılması kısıttır.

$$W_1 X_{ij1} + W_2 X_{ij2} + W_3 X_{ij3} + W_1 X_{i(j+1)1} + W_2 X_{i(j+1)2} + W_3 X_{i(j+1)3} \leq 24 \\ i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, m-1 \quad (13)$$

Kısıt 6: Herhangi bir hemşire, herhangi bir günde gece vardiyasına atanmışsa bir sonraki günün gündüz ve gece vardiyasına atanmamalıdır. 16 saatlik gece vardiyalarından sonra 24 saatlik bir dinlenme payı ile hemşirelerin memnuniyetinin amaçlandığı kısıttır.

$$X_{ij2} + X_{i(j+1)1} + X_{i(j+1)2} + X_{i(j+1)3} \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, (m-1) \quad (14)$$

Kısıt 7: Tam gün vardiyasına atanan hemşireler ertesi gün herhangi bir vardiyaya atanmamalıdır. Personelin 24 saatlik çalışmasından sonra en az 24 saatlik izin hakediş kısıttır.

$$X_{ij3} + X_{i(j+1)1} + X_{i(j+1)2} + X_{i(j+1)3} \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, (m-1) \quad (15)$$

Kısıt 8: Her vardiyada en fazla bir tane öğrenci olması istenmektedir. (3 ve 8 numaralı hemşireler stajyer) Yoğun bakımda kritik durumdaki hastaların takibi sırasında oluşabilecek riskleri doğru bir kriz yönetimi ile karşılamak amaçlı istenmektedir.

$$X_{3jk} + X_{8jk} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, m \quad k = 1, 2, \dots, t \quad (16)$$

Kısıt 9: Her hemşire art arda en fazla 3 gün çalışabilir. Personellerin vardiyaya atamalarının eşit ve dengeli olması amaçlanmıştır.

$$x_{ijk} + x_{i(j+1)k} + x_{i(j+2)k} + x_{i(j+3)k} \leq 3 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, (m-3) \quad k = 1, 2, 3 \quad (17)$$

Kısıt 10: Her hemşire ayda en az 5 gün gündüz vardiyasına, en az 3 gün gece vardiyasına ve en fazla 4 gün tam gün vardiyasına, atanmalıdır.

$$\sum_{j \in hi} X_{ij1} \geq 5 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (18)$$

$$\sum_{j \in hi} X_{ij2} \geq 3 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (19)$$

$$\sum_{j=1}^m X_{ij3} \leq 4 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (20)$$

Hemşire Özel İzin İstekleri

Kısıt 11: 1 numaralı hemşire perşembe ve cuma günleri sadece gündüz vardiyasına atanmalıdır. Perşembe ve cuma günleri akşamları evde hasta bakımına gitmektedir.

$$X_{1jk} = 0 \quad \forall j \in persembe \quad k = 2,3 \quad (21)$$

$$X_{1jk} = 0 \quad \forall j \in cuma \quad k = 2,3 \quad (22)$$

Kısıt 12: Hemşireler yıllık izne ayrıldığı günlerde çalışmamalıdır. Yıllık izin isteklerinin dikkate alındığı kısıtlarda hemşire numaraları ve izin alacakları günler aşağıda verilmektedir.

3 numaralı hemşire 11. günde yıllık izne ayrıldığı için çalışmamalıdır.

$$X_{311k} = 0 \quad k = 1,2,3 \quad (23)$$

3 numaralı hemşire 16. ve 18. günler arasında yıllık izne ayrıldığı için çalışmamalıdır.

$$X_{3jk} = 0 \quad j = 16, 17, 18 \quad k = 1,2,3 \quad (24)$$

11 numaralı hemşire 9. ve 10. günler arasında yıllık izne ayrıldığı için çalışmamalıdır.

$$X_{11jk} = 0 \quad j = 9, 10 \quad k = 1,2,3 \quad (25)$$

Hedef Kısıtları: Modelde personel yeterliliklerini ve eşit iş yükü dağılımını dikkate alan toplamda 2 adet hedef bulunmaktadır.

Hedef Kısıtı 1: Hemşirelerin toplam vardiya atamaları mümkün olduğunca eşit ve dengeli şekilde dağıtılmalıdır.

$$\sum_{j=1}^m (X_{ij1} - X_{(i+1)j1}) + d 1_i^- - d 1_i^+ = 0 \quad i = 1, 2, \dots (n - 1) \quad (26)$$

$$\sum_{j=1}^m (X_{ij2} - X_{(i+1)j2}) + d 2_i^- - d 2_i^+ = 0 \quad i = 1, 2, \dots (n - 1) \quad (27)$$

$$\sum_{j=1}^m (X_{ij3} - X_{(i+1)j3}) + d 3_i^- - d 3_i^+ = 0 \quad i = 1, 2, \dots (n - 1) \quad (28)$$

(i). hemşirenin (i+1). hemşire ile gündüz, gece, tam gün vardiyalarının farkının 0a eşit olması hedefi ile her bir vardiya bazında, hemşirelerin eşit vardiya sayısında çalışmalarını sağlayacaktır. Böylece çizelgeleme dağılımında daha dengeli bir atama olacaktır.

Hedef Kısıtı 2: Hafta sonu vardiyalarında 10-18 numaralı tecrübeli hemşirelerden sadece birinin olması istenmektedir. Hafta sonu vardiyaları hastanedeki personel eksikliği bakımından ve 24 saat olması sebebi ile hemşirelere daha fazla sorumluluk düşen vardiyalardır. Kritik konumdaki hasta takibi ve kriz yönetimi bakımından tecrübeli hemşirelerin hafta sonu vardiyalarına atanması hedeflenmektedir.

$$\sum_{i=10}^{18} X_{ij3} + d 4_j^- - d 4_j^+ = 1 \quad \forall j \in hs \quad (29)$$

Modelin amaç fonksiyonu ise hemşirelerin toplam vardiya atamalarının ve tecrübeli hemşirelerin hafta sonu vardiya atamalarının mümkün olduğunca eşit ve dengeli şekilde dağıtılmasıdır.

$$\text{Min}Z = \sum_{i=1}^n (d1_i^- + d1_i^+ + d2_i^- + d2_i^+ + d3_i^- + d3_i^+) + \sum_{j \in hs} d 4_j^-$$

Elde edilen çözüme göre oluşturulan Ek A'da yer alan çizelge incelendiğinde hemşirelerin aylık olarak vardiya sayıları eşit görünüyorsa da haftalık incelendiğinde iş yükünde dengesizlikler görülmektedir. Çizelgede bir hemşire için haftalık olarak 24 saat çalışma saati görülebiliyorken, diğer hemşirelerde bu süre 48 hatta 64 saatlere kadar çıktığı görülmektedir. Haftalık 40-45 saatin üzerinde çalışma durumu, personellerin dengeli bir çalışma sistemine sahip olmadığını göstermektedir. Bu yüzden hemşire bazında aylık vardiya sayısının yanı sıra haftalık olarak dengeli olabilecek bir vardiya çalışma sistemi için iyileştirme gerekmektedir.

4.2. Yeni Model Önerisi (New Model Proposal)

0-1 HP yöntemi kullanılarak çözülen matematiksel model ile mevcut durum için uygun bir çözüm elde edilmiştir. Ancak 24 saat gibi uzun süreli vardiyalarda personelin tam kapasite çalışması insani olarak mümkün değilken 24 saatlik vardiyalar sonrasında ise hayatlarını idame ettirebilmeleri de oldukça zordur. 3. basamak nöroloji yoğun bakım ünitesi gibi hasta takibinin riskli olduğu bölümlerde ise 24 saatlik vardiyalar nedeniyle hastalara yanlış uygulamalar yapılabilmekte ve sonuçları sakatlık ölüm gibi istenmeyen şekillerde sonuçlanabilmektedir.

Bu durumun önüne geçmek amacıyla hastanede uygulanan vardiya sistemi (gündüz 8 saat, gece 16 saat ve tam gün 24 saat) yerine iki vardiyalı (gündüz 8 saat ve gece 16 saat) sisteme geçilmesi önerilmiş ve yapılan iyileştirme sonucunda daha uygun planlamaların yapılabileceği tespit edilmiştir. Karar değişkenleri aynı olup değişen parametreler 4.2.1 bölümünde verilmiştir.

4.2.1. Parametreler (Parameters)

k: Vardiya indeksi

k = 1, 2, ... t

t: Vardiya sayısı

t = 2

W_k : k. vardiyanın çalışma süresi

k = 1, 2, ... t $W_1 = 8$ $W_2 = 16$

4.2.2. Sapma değişkenleri (Deviation variables)

- $d1_i^+$: *i. hemşire için birinci vardiya hedefinden pozitif sapma değeri*
 $d1_i^-$: *i. hemşire için birinci vardiya hedefinden negatif sapma değeri*
 $d2_i^+$: *i. hemşire için ikinci vardiya hedefinden pozitif sapma değeri*
 $d2_i^-$: *i. hemşire için ikinci vardiya hedefinden negatif sapma değeri*
 $d3_i^+$: *i. hemşire için haftasonu birinci vardiyanın yetkinlik hedefinden pozitif sapma değeri*
 $d3_i^-$: *i. hemşire için haftasonu birinci vardiyanın yetkinlik hedefinden negatif sapma değeri*
 $d4_i^+$: *i. hemşire için haftasonu ikinci vardiyanın yetkinlik hedefinden pozitif sapma değeri*
 $d4_i^-$: *i. hemşire için haftasonu ikinci vardiyanın yetkinlik hedefinden negatif sapma değeri*

4.2.3. Önerilen matematiksel modelin amaç fonksiyonu ve kısıtları (Objective function and constraints of the proposed mathematical model)

İki adet hedef kısıtı bulunan modelin amaç fonksiyonu aşağıda gösterilmiştir. Bu bölümdeki amaç hemşirelerin toplam vardiya atamalarının ve tecrübeli hemşirelerin hafta sonu vardiya atamalarının mümkün olduğunca eşit ve dengeli şekilde dağıtılmasıdır.

$$\text{Min}Z = \sum_{i=1}^n (d1_i^- + d1_i^+ + d2_i^- + d2_i^+) + \sum_{j \in hs} (d3_j^- + d4_j^-)$$

Kısıtlar: Modelin dokuz kısıtı aşağıda açıklamaları ile birlikte verilmiştir.

Kısıt 1: Herhangi bir hemşire iki vardiyadan sadece birinde bulunmalıdır.

$$\sum_{k=1}^t X_{ijk} \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (30)$$

Kısıt 2: Her vardiya için gerekli hemşire sayısı karşılanmalıdır.

$$\sum_{i=1}^n X_{ijk} \geq 4 \quad \forall j \in hi \quad k = 1, 2 \quad (31)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ijk} \leq 5 \quad \forall j \in hi \quad k = 1, 2 \quad (32)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ijk} \geq 3 \quad \forall j \in hs \quad k = 1, 2 \quad (33)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ijk} \leq 4 \quad \forall j \in hs \quad k = 1, 2 \quad (34)$$

Kısıt 3: Her hemşire haftada en az 40 saat çalışmalıdır.

$$\sum_{j=1}^7 (W_1 X_{ij1} + W_2 X_{ij2}) \geq 40 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (35)$$

$$\sum_{j=8}^{14} (W_1 X_{ij1} + W_2 X_{ij2}) \geq 40 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (36)$$

$$\sum_{j=15}^{21} (W_1 X_{ij1} + W_2 X_{ij2}) \geq 40 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (37)$$

$$\sum_{j=22}^{28} (W_1 X_{ij1} + W_2 X_{ij2}) \geq 40 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (38)$$

Kısıt 4: Her hemşire haftada en fazla 45 saat çalışmalıdır.

$$\sum_{j=1}^7 (W_1 X_{ij1} + W_2 X_{ij2}) \leq 45 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (39)$$

$$\sum_{j=8}^{14} (W_1 X_{ij1} + W_2 X_{ij2}) \leq 45 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (40)$$

$$\sum_{j=15}^{21} (W_1 X_{ij1} + W_2 X_{ij2}) \leq 45 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (41)$$

$$\sum_{j=22}^{28} (W_1 X_{ij1} + W_2 X_{ij2}) \leq 45 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (42)$$

Kısıt 5: Herhangi bir hemşire, herhangi bir günde gece vardiyasına atanmışsa bir sonraki günün gündüz ve gece vardiyasına atanmamalıdır.

$$X_{ij2} + X_{i(j+1)1} + X_{i(j+1)2} \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, (m-1) \quad (43)$$

Kısıt 6: Her vardiyada en fazla bir tane öğrenci olması istenmektedir. (3 ve 8 numaralı hemşireler stajyer)

$$X_{3jk} + X_{8jk} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, m \quad k = 1, 2 \quad (44)$$

Kısıt 7: Her hemşire art arda en fazla 3 gün çalışabilir.

$$x_{ijk} + x_{i(j+1)k} + x_{i(j+2)k} + x_{i(j+3)k} \leq 3 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, (m-3) \quad k = 1, 2 \quad (45)$$

Hemşire Özel İzin İstekleri

Kısıt 8: 1 numaralı hemşire perşembe ve cuma günleri sadece gündüz vardiyasına atanmalıdır.

Perşembe ve cuma günleri akşamları evde hasta bakımına gitmektedir.

$$X_{1j2} = 0 \quad \forall j \in \text{perşembe} \quad (46)$$

$$X_{1j2} = 0 \quad \forall j \in \text{cuma} \quad (47)$$

Kısıt 9: Hemşireler yıllık izne ayrıldığı günlerde çalışmamalıdır. Yıllık izin isteklerinin dikkate alındığı kısıtlarda hemşire numaraları ve izin alacakları günler aşağıda verilmektedir.

$$X_{3,11,k} = 0 \quad k = 1,2 \quad (48)$$

$$X_{3,jk} = 0 \quad j = 16,17,18 \quad k = 1,2 \quad (49)$$

$$X_{11,jk} = 0 \quad j = 9,10 \quad k = 1,2 \quad (50)$$

Hedef Kısıtları: Modelde personel yeterliliklerini ve eşit iş yükü dağılımını dikkate alan toplamda 2 adet hedef bulunmaktadır.

Hedef Kısıt 1: Hemşirelerin toplam vardiya atamaları mümkün olduğunca eşit ve dengeli şekilde dağıtılmalıdır.

$$\sum_{j=1}^m (X_{ij1} - X_{(i+1)j1}) + d 1_i^- - d 1_i^+ = 0 \quad i = 1, 2, \dots (n-1) \quad (51)$$

$$\sum_{j=1}^m (X_{ij2} - X_{(i+1)j2}) + d 2_i^- - d 2_i^+ = 0 \quad i = 1, 2, \dots (n-1) \quad (52)$$

Hedef Kısıt 2: Hafta sonu vardiyalarında 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 numaralı tecrübeli hemşirelerden en az birinin olması istenmektedir. Kritik konumdaki hasta takibi ve kriz yönetimi bakımından tecrübeli hemşirelerin hafta sonu vardiyalarına atanması hedeflenmektedir.

$$\sum_{i=10}^{18} X_{ij1} + d 3_j^- - d 3_j^+ = 1 \quad \forall j \in hs \quad (53)$$

$$\sum_{i=10}^{18} X_{ij2} + d 4_j^- - d 4_j^+ = 1 \quad \forall j \in hs \quad (54)$$

Önerilen model ile elde edilen çözüme göre oluşturulan Ek B'de yer alan çizelge incelendiğinde aylık olarak çalışma saatlerinin yanı sıra haftalık olarak da dengeli bir atama yapıldığı görülmektedir. 48, 56, 64 gibi haftalık çalışma saatlerini (40-45) aşan süreler yapılan iyileştirmeler sayesinde hemşire başına haftalık 40 saate indirgenmiştir. Önerilen model ile düzenlenen çizelgenin daha adil ve dengeli bir dağılım sağlamış olduğu görülmektedir.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Sağlık sektöründe hastalara verilen hizmetin de en iyi şekilde yerine getirilebilmesi ve içinde bulunduğumuz pandemi sürecinin kontrol altına alınması için yapılan çalışmaların doğru ve etkili bir şekilde yürütülebilmesinde hemşirelerin rolü son derece önemlidir. Hemşirelerin ise daha verimli çalışabilmek için etkin bir çalışma çizelgesine ihtiyaçları vardır. Hemşire çizelgeleme problemleri; hastane kuralları, personel istekleri, maliyet, hasta ve hasta yakınları istekleri gibi birçok etken altında her hedefin gerçekleşmesinin sağlanması ve aynı zamanda adil ve dengeli bir şekilde personel ataması yapılması açısından gittikçe karmaşıklaşabilecek problemlerdir.

Bu çalışmada, sağlık personeli çalışma yönetmeliği, hastane kuralları, personel yeterlilikleri, hemşire özel izin istekleri ele alınarak bir hemşire çizelgesi oluşturulmuş ve sonuç üzerinden iyileştirme çalışmalarında bulunmak amacıyla yeni bir model önerisi sunulmuştur. Vardiya atamalarına yeni bir düzenleme getirilmiş ve çalışma sistemi her hemşire için haftalık çalışma saati bazında eşit ve adil olunması sağlanmıştır. İyileştirilmiş yeni model sayesinde özellikle de pandemi gibi olağanüstü hal teşkil eden ve yoğun çalışma temposu gerektirecek, durumlar söz konusu olduğunda hemşirelerin dengeli atamaları ile daha uygun koşullar oluşmuş olacaktır.

Hemşire özel izin isteklerini dikkate alarak motivasyon artırılması ve buna bağlı olarak hizmet kalitesinin de artması planlanmaktadır; yoğun bakım ünitesindeki durumu kritik olan hastaların takibinin daha iyi sağlanabilmesi için de vardiya atamalarında personel tecrübeleri göz önüne alınmıştır. Çalışma kapsamında ilk olarak hastanenin 3. basamak nöroloji yoğun bakımı ünitesi için 18 hemşirenin atamaları HP yöntemi ile yapılarak adil ve dengeli bir çizelge oluşturulmuştur. İkinci aşamada ise 24 saatlik vardiyaların neden olduğu yanlış uygulamaların ve istenmeyen sonuçların önüne geçmek amacıyla iki vardiyalı sisteme geçilmesi önerilmiştir. Önerilen yeni sistemde aylık olarak çalışılması gereken toplam vardiya saati, haftalık olarak en az 40 en fazla 45 saat olarak her haftaya eşit şekilde dağıtılmış ve çizelgede daha dengeli atamalar gerçekleştirilmiştir. Personel planlama ve hastane yönetim

süreci uygulamalarının iyileştirilmesinde de rol oynayabilecek bu öneri hemşire çizelgeleme problemine yeni bir bakış açısı sunmaktadır.

Ancak 24 saat gibi uzun süreli vardiyalarda personelin tam kapasite çalışması insani olarak mümkün değilken 24 saatlik vardiyalar sonrasında ise hayatlarını idame ettirebilmeleri de oldukça zordur. 3. basamak nöroloji yoğun bakım ünitesi gibi hasta takibinin riskli olduğu bölümlerde ise 24 saatlik vardiyalar nedeniyle hastalara yanlış uygulamalar yapılabilmekte ve sonuçları sakatlık ölüm gibi istenmeyen şekillerde sonuçlanabilmektedir.

Günümüzde çizelgeleme alanında yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Hizmet sistemlerinde ve sağlık alanında hemşire çizelgeleme üzerine de çalışma alanı fazla olduğundan farklı özel kısıtlar ve farklı modeller ile de problemler ele alınmıştır. Çalışmada hem hastane hem personel hem de hasta bakış açısından ilerlenen bir model oluşturulmuştur. Hastanenin mevcut durum modeli ile oluşturulan çizelgenin daha adil bir çizelge olabilmesi için yapılan vardiya atama iyileştirmeleri ile yeni model önerisi, literatürde yapılacak iyileştirme çalışmaları için fikir oluşturmada yardımcı olacaktır.

İleride yapılacak projelerde önerilen bu model diğer servislere uyarlanabilir. Bunun dışında vardiya sisteminde farklı değişiklikler yapılarak yeni model önerisinde bulunulabilir. hemşire çizelgelerinin oluşturulması için uygulanabilir. Bununla birlikte, çizelgenin hızlı bir şekilde elde edilmesi için önerilen modeller karar destek sistemleri ile desteklenebilir.

Etik Standartlar Bildirimi (Declaration of Ethical Standards)

Yazarlar deneysel ve sayısal modelleme çalışmalarının yürütülmesinde, ilgili literatürün taranmasında ve verilerin toplanmasında etik ilkelere ve standartlara bağlı kaldığını ve makalenin özgün olduğunu beyan eder.

Yazar Katkı Beyannamesi (Credit Authorship Contribution Statement)

Bu çalışmada yazarların katkıları şu şekildedir: Literatür araştırması: Müberra Koçak, Gizem Ekren, Rabia Yumuşak; Problemin tanımlanması: Müberra Koçak, Gizem Ekren, Prof. Dr. Tamer Eren; Modelleme: Müberra Koçak, Gizem Ekren, Doç. Dr. Hacı Mehmet Alakaş; Modelin çözümü: Müberra Koçak, Gizem Ekren, Rabia Yumuşak; Çözümün yorumlanması: Prof. Dr. Tamer Eren, Doç. Dr. Hacı Mehmet Alakaş; Yazım ve yazım denetlemesi: Müberra Koçak, Gizem Ekren, Rabia Yumuşak, Doç. Dr. Hacı Mehmet Alakaş, Prof. Dr. Tamer Eren.

Çıkar Çatışması Beyannamesi (Declaration of Competing Interest)

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Destek / Teşekkür (Funding / Acknowledgements)

Bu çalışmanın yürütülmesi esnasında herhangi bir kurum veya kuruluştan maddi bir destek alınmamıştır.

Veri Kullanılabilirliği (Data Availability)

Yazarlar bu çalışmadan elde edilen verilerin diğer araştırmacılar tarafından kullanılabilirliğini ifade etmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] S.D. Karayel ve E. Atmaca, "Özel bir hastane için hemşire çizelgeleme problemi". *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, Vol. 21, No. 2, pp. 111-132, 2017.

- [2] M.S. Aktürk, E. Varlı and T. Eren, "Tam gün vardiyalı ve özel izin istekli hemşire çizelgeleme probleminin hedef programlama ile çözümü". *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Vol 7, No. 2, pp. 1-16, 2017.
- [3] E. Geçici ve M.G. Güler, "Hemşire çizelgeleme problemi için bir karar destek sistemi uygulaması". *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Vol. 26, No. 4, pp. 749-757, 2020.
- [4] M. Tohidi, M. Kazemi Zanjani, and I. Contreras, "Integrated physician and clinic scheduling in ambulatory polyclinics." *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 70, No. 2, pp. 177-191, 2018.
- [5] P. Damcı-Kurt, M. Zhang, B. Marentay, and N. Govind, "Improving physician schedules by leveraging equalization: Cases from hospitals in US," *Omega*, Vol. 85, June, pp. 182-193, 2018.
- [6] G. Leefink, and E. W. Hans. "Case mix classification and a benchmark set for surgery scheduling". *Journal of scheduling*, Vol. 21, No. 1, pp. 17-33, 2018.
- [7] A. Al-Refaie, T. Chen, and M. Judeh. "Optimal operating room scheduling for normal and unexpected events in a smart hospital". *Operational Research*, vol. 18, No. 3, pp.579-602, 2018.
- [8] H. Liu, T. Zhang, S. Luo, and D. Xu, "Operating room scheduling and surgeon assignment problem under surgery durations uncertainty". *Technology and Health Care*, Vol. 26 No. 2, pp.297-304, 2018.
- [9] Ş. Gür and T. Eren, "Application of Operational Research Techniques in Operating Room Scheduling Problems: Literature Overview" *Journal of Healthcare Engineering*, Volume 2018, pp. 1-15, 2018.
- [10] W. Y. Wang, D. Gupta, and S. Potthoff, "On evaluating the impact of flexibility enhancing strategies on the performance of nurse schedules". *Health policy*, Vol. 93 No.2-3, pp. 188-200, 2009.
- [11] F. C. Coelli, R. B. Ferreira, R. M. V. Almeida, and W. C. A. Pereira, "Computer simulation and discrete-event models in the analysis of a mammography clinic patient flow." *Computer methods and programs in biomedicine*, Vol. 87, No.3, pp. 201-207, 2007.
- [12] N. Al-Hinai, N. Al-Yazidy, A. Al-Hooti, and E. Al-Shereiqi, (2018, January). "A goal programming model for nurse scheduling at emergency department." In 8th International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, IEOM Society, pp. 99-103, 2018.
- [13] E. A. Aktunc and E. Tekin, "Nurse Scheduling with Shift Preferences in a Surgical Suite Using Goal Programming." In *Industrial Engineering in the Industry 4.0 Era* Springer, Cham., pp. 23-36, 2018.
- [14] J. Kim, W. Jeon, Y. W. Ko, S. Uhm and D. H. Kim, "Genetic Local Search for Nurse Scheduling Problem" *Advanced Science Letters*, Vol.24 No.1, pp. 608-612, 2018.
- [15] M. Moz, and M. V. Pato, "Solving the problem of rostering nurse schedules with hard constraints: new multicommodity flow models." *Annals of Operations Research*, Vol. 128 No.1-4, pp. 179-197, 2004.
- [16] E. K. Burke, P. De Causmaecker, G. V. Berghe and H. Van Landeghem, "The state of the art of nurse rostering." *Journal of Scheduling*, Vol. 7 No.6, pp. 441-499, 2004.
- [17] M.N. Azaiez and S.S. Al Sharif, "A 0-1 goal programming model for nurse scheduling". *Computers & Operations Research*, Vol. 32, No. 3, pp. 491-507, 2005.
- [18] L. Trilling, A. Guinet and D. LeMagny, "Nurse scheduling using integer linear programming and constraint programming". *IFAC Proceedings Volumes*, Vol. 39, No. 3, pp. 671-676, 2006.
- [19] C. C. Tsai and C. J. Lee, "Optimization of nurse scheduling problem with a two-stage mathematical programming model." *Asia Pacific Management Review*, 15(4), 503-516, 2010.
- [20] E.K. Burke, J., Li, and R. Qu, "A hybrid model of integer programming and variable neighbourhood search for highly-constrained nurse rostering problems". *European Journal of Operational Research*, Vol. 203, No. 2, pp. 484-493, 2010.
- [21] S. Topaloğlu, and H. Selim, "Nurse scheduling using fuzzy modeling approach." *Fuzzy sets and systems*, Vol.161 No.11, pp. 1543-1563, 2010.

- [22] W. K. Zen-El-Din, M. S. Kamel and Mohamed, A. S., "A binary integer programming for nurse scheduling." In Biomedical Engineering Conference (CIBEC), Cairo International pp. 122-125, IEEE December 2012.
- [23] N. Bağ, N. M. Özdemir ve T. Eren, "0-1 Hedef programlama ve ANP yöntemi ile hemşire çizelgeleme problemi çözümü." *International Journal of Engineering Research and Development*, Vol. 4 No.1, pp. 2-6, 2012.
- [24] E. Varlı ve T. Eren, "Hemşire çizelgeleme problemi ve hastanede bir uygulama" *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, Vol. 5, No. 1, pp. 34-40, 2017.
- [25] E. Varlı, B. Ergişi ve T. Eren, "Özel kısıtlı hemşire çizelgeleme problemi: hedef programlama yaklaşımı". *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Vol. 49, pp. 189-206, 2017.
- [26] A. J. Mason and M. C. Smith, "A nested column generator for solving rostering problems with integer programming." In International conference on optimisation: techniques and applications. Curtin University of Technology Perth, Australia, pp. 827-834, July 1998.
- [27] B. Maenhout, and M. Vanhoucke, "Branching strategies in a branch-and-price approach for a multiple objective nurse scheduling problem." *Journal of scheduling*, Vol.13 No.1, pp. 77-93, 2010.
- [28] A. Legrain, H. Bouarab and N. Lahrichi, "The nurse scheduling problem in real-life." *Journal of medical systems*, Vol. 39 No.1, pp. 1-11, 2015.
- [29] D. Santos, P. Fernandes, H. L. Cardoso, and E. Oliveira, "A weighted constraint optimization approach to the nurse scheduling problem." In 2015 IEEE 18th International Conference on Computational Science and Engineering pp. 233-239, October 2015.
- [30] S. Ceschia, N. Dang, P. De Causmaecker, S. Haspeslagh, and A. Schaerf, "The second international nurse rostering competition." *Annals of Operations Research*, Vol.274 No.1, pp.171-186, 2019.
- [31] J. Inafune, S. Watanabe and M. Okudera, New approach combining branch and price with metaheuristics to solve nurse scheduling problem. *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, Vol. 21 No.7, 1251-1261, 2017.
- [32] E. K. Burke, and T. Curtois, "New approaches to nurse rostering benchmark instances." *European Journal of Operational Research*, Vol. 237 No. 1, pp. 71-81, 2014.
- [33] X. Zhong, J. Zhang, and X. Zhang, "A two-stage heuristic algorithm for the nurse scheduling problem with fairness objective on weekend workload under different shift designs." *IIEE transactions on healthcare systems engineering*, Vol.7 No. 4, pp. 224-235, 2017.
- [34] E. Özcan, T. Danişan, R. Yumuşak, Ş. Gür and T. Eren, "Goal programming approach for the radiology technician scheduling problem". *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*. Vol. 37, No. 4, pp. 1410-1420, 2019.
- [35] J. F. Bard and H. W. Purnomo, "A column generation-based approach to solve the preference scheduling problem for nurses with downgrading." *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol.39 No.3, pp. 193-213, 2005.
- [36] P. Eveborn and M. Rönnqvist, "Scheduler—a system for staff planning." *Annals of Operations Research*, Vol.128 No.1, pp. 21-45, 2004.
- [37] F. He and R. Qu, A constraint programming based column generation approach to nurse rostering problems. *Computers & Operations Research*, Vol. 39 No. 12, pp. 3331-3343, 2012.
- [38] K. Leksakul and S. Phetsawat, "Nurse scheduling using genetic algorithm." *Mathematical Problems in Engineering*, Vol.2014, pp. 1-16, 2014.
- [39] G. J. Lim, A. Mobasher, J. F. Bard, and A. Najjarbashi, Nurse scheduling with lunch break assignments in operating suites. *Operations Research for Health Care*, Vol.10, pp. 35-48, 2016.
- [40] B. Jaumard, F. Semet and T. Vovor, "A generalized linear programming model for nurse scheduling." *European journal of operational research*, Vol.107 No. 1, 1-18, 1998.
- [41] G. Lim and A. Mobasher, "Nurse scheduling problem in an operating suite." In IIE Annual Conference. Proceedings (p. 1). Institute of Industrial and Systems Engineers (IIESE), 2011.

- [42] J. Guo and J. F. Bard, "A column generation-based algorithm for midterm nurse scheduling with specialized constraints, preference considerations, and overtime." *Computers & Operations Research*, Vol. 138, pp. 105597, 2022.
- [43] H. W. Purnomo and J. F. Bard, "Cyclic preference scheduling for nurses using branch and price." *Naval Research Logistics (NRL)*, Vol.54 No.2, pp. 200-220 2007.
- [44] E. Rahimian, K. Akartunalı, and J. Levine, "A hybrid integer and constraint programming approach to solve nurse rostering problems." *Computers & Operations Research*, Vol.82, pp. 83-94, 2017.
- [45] E. Rahimian, K. Akartunalı and J. Levine, "A hybrid integer programming and variable neighbourhood search algorithm to solve nurse rostering problems." *European Journal of Operational Research*, Vol.258 No. 2, pp. 411-423, 2017.
- [46] P. Strandmark, Y. Qu and T. Curtois, "First-order linear programming in a column generation-based heuristic approach to the nurse rostering problem." *Computers & Operations Research*, Vol. 120, pp. 104945, 2020.
- [47] B. Sinha and N. Sen, "Goal programming approach to tea industry of Barak Valley of Assam." *Applied Mathematical Sciences*, Vol. 5 No.29, pp. 1409-1419, 2011.

Ek A

Mevcut durum için hemşire çizelgesi

Nurse schedule for current situation

1	Gündüz	2	Gece	3	Tam Gün	Günler																												Vardiyalar			Atama Sayısı
																													Gündüz	Gece	Tam Gün						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28									
1	2		2					1	1	2			3		2		1			3		1	1	2								5	5	2	12		
2			2		3		1	2		1	1					1	2				1	2		2			3				5	5	2	12			
3	1	3		1			2		2		2			2						3		2		1	1	1				5	5	2	12				
4		2		1	1		1	2			1	3			2		2			3				1	2					5	5	2	12				
5	1	2		2		3	1	1			2					2		2				1	1	3						5	5	2	12				
6		1	2		1		1	2					3		2			2			3			1	1	2				5	5	2	12				
7		1	1	3			2		2					1	1	1		2						2		2		3		5	5	2	12				
8	2		2		2			1	1			3			1			1		3			1	2		2			5	5	2	12					
9		2			1		2			1	2			1	1	2							1	2		3		3		5	5	2	12				
10	2		1	1			2		1	2				1			2			3			2			1	3		5	5	2	12					
11	2		1	2		3				2				2		1	3					1	2		1	1			5	5	2	12					
12		1	1		2		2		2		1	3			1	2		1	3		2								5	5	2	12					
13	2			2					1	2				1	2		1	1		3		2		1			3		5	5	2	12					
14	1		2		2		3		2		1	2			1	3		1	1						2				5	5	2	12					
15	1		1		2		3			2		1		3		2		1				2			1	2			5	5	2	12					
16	1	2			2		3			1	1			2		1	1	2					2					3		5	5	2	12				
17				1	1		3		1	1	2			3			2		2			2			1	2			5	5	2	12					
18		1	2		1				1	1	2				2		2		1			3			2		3		5	5	2	12					
Toplam Hemşire Sayısı	10	9	10	9	10	3	4	10	9	10	9	9	4	3	10	9	10	8	10	4	4	9	10	8	10	8	3	4									

Ek B

Önerilen model için hemşire çizelgesi
Nurse Schedule for the proposed model

1		2		Günler																								Vardiyalar		Atama Sayısı					
Gündüz		Gece		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		27	28	Gündüz	Gece	
1	1	1			1	2							2		1		2			2		1	2		2		1			2		6	7	13	
2	2			1	2			1	1			1	2		1	2		2		2		2		2		1	2				6	7	13		
3		2		2		1		2		1		2		2			2			1		2			1	1	2		1		6	7	13		
4	1	2		2						2		2		1			1	2		2		1	1			2		1	2		6	7	13		
5	2		1	1	1			2		2		1			1	2			2		2		1	2			2			6	7	13			
6		1		1	1		2		1	2		2				2		2		2		1	1			2			2		6	7	13		
7	1	2		2				2		2		1			2		2		2			1	1	1		2			1		6	7	13		
8	2		1				2		2		1		2		1	1		1	2		1	2			1		2		2		6	7	13		
9	2			1	2				2		2			1	2		2		2		1				1	1	1		2		6	7	13		
10			2			1	2		1	1	1		2		1	2			2		2			2		2		1			6	7	13		
11	1	1	1		2			2			2			1		2		1			2			2			2		1	2		6	7	13	
12	2				1	1	1		2		2			1	2			2		2			1	1	2			2			6	7	13		
13		1	2			2					1	2		2			1	2		2		1	2		2		1	2			1	1	6	7	13
14			2		2		1	1		1	2		1		2		1	2			2			2		2		1			6	7	13		
15	1	2				2		1		2		2			1	1				1	2			1	2		2		1		2	6	7	13	
16			2		1		2			1		2		2			1	1		1	2				2		2		1		2	6	7	13	
17			1	2		2		2			1		2		2		1	2							1	2		1	1		6	7	13		
18		2		2			1	1	1				1	2		2		2		1		2			2		1		2		6	7	13		
Toplam Hemşire Sayısı	10	9	8	9	9	7	7	9	8	9	9	9	9	7	7	9	9	9	9	9	9	9	6	7	8	10	9	9	9	9	7	7			