



Özel Kısıtlı Hemşire Çizelgeleme Probleminin Çözümü için Hedef Programlama Model Önerisi

Goal Programming Model Proposal for Solution of Special Constraint Nurse Scheduling Problem

Serkan Kaya¹

¹Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Osmanbey Kampüsü, 63300, Haliliye, Şanlıurfa, TÜRKÜYE

Başvuru/Received: 30/03/2022

Kabul / Accepted: 03/05/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/07/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/07/2022

Öz

İşletmelerde en büyük maliyet kalemleri arasında olan işgücü maliyetini etkili bir şekilde yönetebilmek ve bu maliyetleri azaltabilmek için yapılan planlamaların, programların etkisi çok önemlidir. Literatürde personel çizelgeleme olarak adlandırılan bu problemlerde işgücü kaynağını etkili bir şekilde planlayarak hem dengeli ve adil bir çalışma ortamı ayarlanmış olur hem de işgücü maliyetlerini dolaylı olarak azaltılmasına katkıda bulunulur. Personel çizelgeleme problemleri literatürde sağlık, ulaşım, eğitim gibi sektörlerde uygulama imkanı bulmuştur. Bu çalışmada da personel çizelgeleme problemlerinin bir alt türü olan hemşire çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Sağlık sektöründe önemli paydaşlar arasında yer alan hemşirelerin çalışma saatleri uzun ve yorucu olduğu için yapılacak çizelgelerin önemi bir kat daha artmaktadır. Çalışmada hemşirelerin özel durumları dikkate alınmıştır. Hedef programlama yöntemi ile bu problemin çözümü gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler

“Hedef programlama, hemşire çizelgeleme, personel çizelgeleme”

Abstract

To effectively manage the labor cost, which is among the most significant cost items in businesses, and to reduce these costs, the effect of the plans and programs is significant. In these problems, which are called personnel scheduling in the literature, a balanced and fair working environment is set by effectively planning the labor force. Therefore, it indirectly contributes to the reduction of labor costs. Personnel scheduling problems have found application in the literature in the health, transportation, and education sectors. In this study, the nurse scheduling problem, a sub-type of personnel scheduling problems, is discussed. Since the working hours of nurses, who are among the critical stakeholders in the health sector, are long and tiring, the importance of the schedules increases. In the study, the special situations of nurses were taken into account. The solution to this problem was realized with the goal programming method.

Key Words

“Goal programming, nurse scheduling, personnel scheduling”

1. Giriş

Pinedo (2012) çizelgelemeyi, üretim ve hizmet sektöründe, bir veya daha fazla amacı eş zamanlı optimize edecek şekilde kaynakların, gerçekleştirilecek görevlere tahsis edilmesi olarak tanımlamıştır. Bu doğrultuda çizelgeleme, bir işletmede belirli bir dönem aralığında optimum üretim hedeflerini yakalamak için yapılması gereken işlerin sıra ve sürelerinin belirlenerek işletme kaynaklarına atanması olarak ifade edilebilir (Kaya, 2014). Hizmet sektöründeki çizelgeleme faaliyetleri aynı şekilde müşteri isteklerine hızlı cevap verecek şekilde eldeki kaynakların optimal kullanımını sağlamak şekli olarak ifade edilebilir.

Günümüz rekabet ortamında ürün ve hizmet üreten işletmelerin sürekliliği ve müşteri ihtiyaçlarına cevap verebilmeleri için çalışan personelden en üst düzeyde verim almaları gerekir. Çalışan personelin verimliliğinin artmasında çizelgeleme çalışmaları literatürde önemli bir yer tutar. Literatüre bakıldığında personel çizelgeleme farklı alanlarda çalışma konusu olmuştur. Bu alanlara sağlık, tekstil, ulaşım, telekomünikasyon gibi emek yoğun olan birçok sektör örnek olarak verilebilir. Aynı zamanda personel çizelgeleme çalışmalarının sınıflandırıldığı da görülmektedir. Bu sınıflandırma içinde vardiya çizelgeleme, nöbet çizelgeleme, hemşire çizelgeleme, doktor çizelgeleme, tur çizelgeleme gibi başlıklar vardır (Varlı ve Eren, 2017a; Varlı ve Eren, 2017b; Parıldar, 2020; Şahiner vd., 2017). Personel çizelgeleme konusunu ele alan literatür taramalarına bakıldığında bu sınıflandırmalara hangi oranlarda yoğunlaşıldığı belirtilmektedir. Van den Bergh vd. (2013) işletmelerde işçilik ücretlerinin en önemli doğrudan maliyet kalemi olmasından dolayı araştırmacıların bu problem tipine özellikle odaklandıklarını belirtmiştir. Doğru ve etkin bir personel programı hazırlanarak bu maliyet kalemini azaltmaya yardımcı olunabileceğinden söz etmiştir. Pawar ve Hanchate (2013) doktor çizelgeleme çalışmalarına; Özder vd. (2020) ise daha genel yaklaşarak personel çizelgeleme çalışmalarının sektörlere göre dağılımına odaklanmışlardır. Mevcut literatür çalışmalarına bakarak, personel çizelgeleme çalışmalarında geçici talep ya da son dakika değişiklikleri gibi belirsizliklerin güçlü bir etkisi olduğu söylenebilir. Araştırmacıların bu belirsizlikleri programlara dâhil etmesi çözüm sürecini zorlaştırmakta fakat gerçek hayatta daha uygulanabilir sonuçlar alabilmelerini sağlamaktadır.

Özder vd. (2020) yaptıkları literatür taraması ile personel çizelgeleme çalışmalarında ilk sırayı hemşire çizelgeleme çalışmalarının aldığını belirtmişlerdir. Sağlık sektöründe özellikle hemşireler yoğun çalışma performanslarından dolayı birçok zorluklar yaşamaktadırlar. Yazarlar, çalışan personel sayısının yetersiz olması, hasta başına düşen hemşire sayısını yetersiz olması, hemşirelerin yaşadıkları sosyal sorunlar, çalışma ortamındaki olumsuzluklar, hemşirelerin görevlerini yaparken karşılaştıkları en başlı sorunlar olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışan hemşirelerden en yüksek verim alınabilmesi için çalışma saatlerinin düzenlenmesi gerekmektedir. Hemşire çizelgeleme belirli kısıtlar altında hemşirelerin aylık çalışma saatlerinin düzenlenmesidir. Bu şekilde çalışanların verimlilik artışı sağlanmaktadır (Şahiner vd., 2017; Parıldar, 2020).

Hemşire çizelgeleme problemlerinde gerçekleştirilmesi istenen birden fazla amaç vardır. Çok amaçlı optimizasyon problemlerinin çözümüne yönelik geliştirilen çok amaçlı programlama yöntemleri arasında hedef programlama ön plana çıkmaktadır. Hedef programlama birden fazla amaca ulaşabilmeyi sağlayan, karar vericiler tarafından ele alınan problemin matematiksel olarak ifade edildiği bir yöntemdir. Bu çalışmada da bir doğum hastanesinde çalışan hemşirelerin çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Hastanenin Jinekoloji servisinde 24 saat hizmetin kesintisiz bir şekilde verilebilmesinin yanı sıra hemşireler arasında görev dağılımının adaletli ve dengeli bir şekilde yapılabilmesi için hedef programlama yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca hastanede çalışan bazı hemşirelerin izin ile ilgili özel istekleri de göz önünde bulundurulmuştur.

Çalışma dört bölümden oluşmaktadır. Personel çizelgeleme literatürü ikinci bölümde bulunurken üçüncü bölümünde ise çalışmanın çözüm sürecinde kullanılan hedef programlama yöntemi yer almaktadır. Dördüncü bölümde uygulama, beşinci bölümde ise sonuç ve öneriler sunulmuştur.

2. Literatür Taraması

Çizelgeleme çalışmaları araştırmacıların ilgi duydukları alan olmuştur. Son zamanlarda araştırmacılar hizmet sektöründe çizelgeleme çalışmalarına yönelmişlerdir. Üretim sistemlerinde faaliyetler üretim yaptıkları parça üzerinde ona değer katan tüm görevleri ifade etmektedir. Hizmet sistemlerinde ise bu faaliyetler genellikle insan kaynaklı olarak tanımlanmaktadır. Bu sebeple sağlık, ulaşım, eğitim gibi birçok alanda yapılan personel çizelgelemeleri ile kaynakların büyük çoğunluğunu oluşturan insan gücü etkin kullanılmaya çalışılmaktadır (Gür ve Eren, 2018). Hizmet sektöründe yapılan çizelgeleme çalışmalarında sağlık sektöründeki çalışmaların oranı yüksektir. Sağlık sektöründe araştırmacılar, doktor çizelgeleme, hemşire çizelgeleme, sağlık personeli çizelgeleme, ameliyathane çizelgeleme, randevu çizelgeleme gibi alanlarda yoğunlaşmışlardır.

İlk olarak Wolfe ve Young (1965) yaptıkları çalışmada, hemşire çizelgeleme probleminin matematiksel modelini oluşturmuşlardır. Bu modelde amaç, hemşireleri farklı görevlere atarken maliyeti de minimize etmektir (Bayraktar, 2019). Özellikle 1960'lı yıllardan sonra bilgisayar ortamında sağlık personelinin mesai çizelgelemeleri üzerine çok sayıda çalışmalar yayınlanmıştır (Burke vd., 2004).

Hemşire çizelgeleme problemlerinin çözümü için Warner ve Prawda (1972), De Grano vd. (2009), Glass ve Knight (2010), Wright ve Bretthauer (2010), Ağralı vd. (2017) karışık tam sayılı programlama modeli, Güngör (2002), Moz ve Pato (2004), Wright vd. (2006), Vanhoucke ve Maenhout (2009), Rönnberg ve Larsson (2010), Wright ve Mahar (2013), tamsayı programlama modeli, Öztürkoğlu ve Çalışkan (2014), Aizam ve Sim (2016), Karayel ve Atmaca (2017), Shahidin vd., (2017); Hamid vd. (2020); Schoenfelder vd. (2020)

tam sayılı matematiksel programlama modeli, Al-Hinai vd. (2018) matematiksel model, Jafari vd. (2015) dört farklı bulanık matematiksel model, Weil vd. (1995) kısıt programlama modeli sunmuşlardır.

Hemşire çizelgeleme problemlerinin hedef programlama yöntemi ile çözümü üzerine, Azaiez ve Al Sharif (2005), Ismail ve Jenal (2013), Agyei vd. (2015), Eren vd. (2017a), Eren vd. (2017b), Varlı vd. (2017d), Uslu vd. (2018) 0-1 Hedef Programlama modeli önermişlerdir. Lim vd. (2012), Atmaca vd. (2012), Wang vd. (2014), Zanda vd. (2018); Rerkjirattikal vd. (2020), Fitriani vd. (2020), Ariyani vd. (2021), Nasir vd. (2021) hedef programlama, Trivedi (1981) ve Ang vd. (2017) karma tamsayılı hedef programlama, Topaloğlu ve Selim (2010) bulanık hedef programlama modeli yöntemi sunmuşlardır. Bağ vd. (2012) hedef programlama yöntemine analitik ağ süreci yöntemini adapte ederek hibrid bir yöntem sunmuşlardır.

Sezgisel yöntem olarak, Chen ve Yeung (1993) hedef programlama ve uzman sistemlerin karışımından hibrid bir yöntem, Ikegami ve Niwa (2003) tabu arama, Burke ve Cowling (2001) tabu arama ve memetik algoritma birleşiminden hibrid bir algoritma, Youssef ve Senbel (2018) sezgisel bir algoritma, Legrain vd. (2015) çok amaçlı sezgisel bir model, Dowsland (1998) tabu arama, Aickelin ve Dowsland (2000), Maenhout ve Vanhoucke (2008), Pato ve Moz (2008), Tsai ve Li (2009), Li vd. (2009), Tsai ve Li (2009), Kim vd. (2014); Amindoust, vd. (2021) genetik algoritma, Lin vd. (2015) tamsayılı doğrusal programlama ve genetik algoritma, Parr ve Thompson (2007) en yakın komşu algoritması, Beddoe vd. (2009) Memetic algoritma, Baskaran vd. (2015) açgözlü algoritma, Kundu vd. (2008) tavlama benzetimi, Awadallah vd. (2015) hibrid yapay arı kolonileri algoritması sunmuşlardır.

Bu çalışmada hemşire çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Hemşire çizelgeleme problemi literatürde araştırmacıların sıklıkla ele aldığı önemli bir problem türüdür. Çalışmada özellikle gerçek hayatta karşılaşılan hemşirelerin özel istek ve tercihleri yansıtılmaya çalışılmıştır. Bu yönüyle çalışma literatüre ve gerçek hayata katkı sağlamaktadır.

3. Hedef Programlama

İlk defa Charnes vd. tarafından 1955 yılında yapılan çalışmada kullanılan Hedef programlama yöntemi 1972 yılında Lee tarafından geliştirilmiştir. Farklı amaçların kısıt haline getirilebildiği ve hedeflerden sapmaların minimize edilmeye çalışıldığı hedef programlama çok ölçütlü karar verme problemlerinin çözümünde kullanılan yöntemlerinden bir tanesidir.

Hedef programlama modeli, tüm hedefleri göz önünde bulundurarak bu hedeflerden sapmaların minimize edilmesini amaçlamaktadır (Hamzaçebi ve İmamoğlu, 2014). Eş zamanlı olarak birden fazla amacı en iyilemeye çalışan hedef programlama yöntemi, doğrusal programlama modelinin bir uzantısıdır.

Problem çözümünde çakışan birden fazla hedefin probleme dahil edilmesinde doğrusal programlama ve diğer metotlar yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle bu tür problemlerin çözümünde hedef programlama kullanılmaktadır. Hedef programlama yöntemi hedefi direkt optimize etmek yerine hedef ve sonuçlar arasındaki sapmaları minimize etmek için kullanılır. Doğrusal programlama modeli özellikle sağlık sektöründe çalışan personelin mesai, vardiya çizelgeleme gibi karmaşık ve çok amaçlı problemlerin çözümünde uygun çözüm verememektedir. Bu noktada bu tür karar problemlerinin çözümün de hedef programlama yöntemi kullanılır (Gülenç ve Karabulut, 2005; İnce 2017).

Hedef programlamanın genel gösterimi aşağıda verilmiştir (Charnes ve Cooper, 1977):

$$\text{Min}Z = \sum_{i=1}^k (d_i^+ + d_i^-)$$

$$\sum_{i=1}^n k_{ij}x_i + d_i^+ - d_i^- = l_i$$

$$x_i, d_i^+, d_i^- \geq 0 \quad i=1,2,\dots,l \quad j=1,2,\dots,n$$

Değişkenler

x_i : *i. karar değişkeni*

k_{ij} : *i. hedefin j. karar değişkeni katsayısı*

l_i : *i. hedef için ulaşılmak istenen değer*

d_i^+ : *i. hedefin pozitif sapma değişkeni*

d_i^- : *i. hedefin negatif sapma değişkeni*

Hedef programlama yöntemi literatürde hizmet çizelgeleme problemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bunun sebebi ise gerçek hayattaki katı kısıtların esnetilerek, istenilen sonuçlara ulaşmada etkinlik oranının yüksek olması olarak gösterilmektedir. Günlük hayatta ele

alınan problemde gerçekleştirilmesi istenilen birçok amaç vardır. Bu amaçların çoğu aynı doğrultuda olmayabilir, birbirleri ile çelişebilir. Doğrusal programlama yönteminin bir uzantısı olan hedef programlama yöntemi de araştırmacılara bu amaçları gerçekleştirmek için esneklik sağlamaktadır.

4. Uygulama

Hastanelerde manuel olarak yapılan hemşire (nöbet) çizelgeleme çalışmaları dengesiz iş yükü ve görev dağılımıyla birlikte çalışanlar arasında istenmeyen durumların ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Ayrıca hafta sonu ve resmî tatilleri personel arasında eşit şekilde dağıtamamak manuel olarak yapılan çizelgelemenin sonucudur. Şahin vd. (2008) iyi bir çizelgeleme yapamayan sağlık kuruluşlarında çalışanların tükenmişlik sendromuna yakalanma oranının yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Çalışma ortamındaki dengesiz iş yükü, çalışma şartlarına bağlı oluşan yüksek stres, rol belirsizliği gibi nedenlerin tükenmişlik sendromunun başlıca sebepleri olduğunu söylemişlerdir. Öztürk vd. (2015) adil olmayan görev dağılımı, çalışma ortamına ait çalışanlarının beklentilerinin karşılanmaması, köle gibi çalışma düşüncesi hemşirelerin yaşamını etkileyen sorunlar olduğunu bildirmişlerdir.

Bu çalışmada bir doğum hastanesinde çalışan hemşirelerin çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Hastanenin 24 saat çalışma mesaisi boyunca hemşirelerin çalışma vardiyalarına, eşit ve dengeli bir şekilde atanmaları amaçlanmıştır. Hastanede her gün ihtiyaç duyulan hemşire sayısı tam karşılanırken bazı çalışanlara ait izin ile ilgili özel kısıtlarda dikkate alınmıştır.

4.1. Problem Tanımı

Toplam 20 hemşire çalışması olan hastane sabah (S), akşam (A) ve Gece (G) olmak üzere 3 vardiya halinde çalışmaktadır. Vardiya ların çalışma süreleri sabah mesaisi (08:00-16:00), akşam mesaisi (16:00-24:00) ve gece mesaisi ise (24:00-08:00) şeklindedir. Hafta içi sabah vardiyasına 7, akşam vardiyasına 5 gece vardiyasına 3 hemşire, hafta sonu sabah 4, akşam 4, gece vardiyasına ise 3 hemşire atanmalı, geriye kalanlar ise izinlidir. Hemşire çizelgeleme ağustos ayı göz önünde bulundurularak aylık olarak yapılmıştır.

4.2. Parametreler

n: Toplam çalışan hemşire sayısı	$n=20$
m: Ağustos ayı gün sayısı	$m=31$
t: Hastane vardiya sayısı	$t=3$
i: Hemşire indisi	$i=1,2,\dots,n$
j: Gün indisi	$j=1,2,\dots,m$
k: Vardiya indisi	$k=1,2,3$

4.3. Karar Değişkenleri

$$X_{ijk} = f(x) = \begin{cases} 1, & i. \text{ hemşirenin } j. \text{ günde } k \text{ vardiyasına atanması durumunda} \\ 0, & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

$$h_{ij} = \begin{cases} 1; i. \text{ hemşirenin } j. \text{ günde izinli olması durumunda} \\ 0; \text{diğer durumda} \end{cases}$$

$$d1_i^+ = \{i. \text{ hemşirenin aylık toplam vardiya sayısından pozitif sapması} \quad i=1,2,\dots,20$$

$$d1_i^- = \{i. \text{ hemşirenin aylık toplam vardiya sayısından negatif sapması} \quad i=1,2,\dots,20$$

$$d2_{ij}^+ = \{i. \text{ hemşirenin } j. \text{ günde 2. hedeften pozitif sapması} \quad i=1,2,\dots,20 \quad j=1,2,\dots,31$$

$$d2_{ij}^- = \{i. \text{ hemşirenin } j. \text{ günde 2. hedeften negatif sapması} \quad i=1,2,\dots,20 \quad j=1,2,\dots,31$$

$$d3_{ij}^+ = \{i. \text{ hemşirenin } j. \text{ günde 3. hedeften pozitif sapması} \quad i=1,2,\dots,20 \quad j=1,2,\dots,31$$

$$d3_{ij}^- = \{i. \text{ hemşirenin } j. \text{ günde 3. hedeften negatif sapması} \quad i=1,2,\dots,20 \quad j=1,2,\dots,31$$

4.4. Kısıtlar

1.Kısıt: Hafta içi vardiyalarda ihtiyaç duyulan hemşire kısıtları:

Sabah vardiyası:

$$\sum_{i=1}^{21} x_{ij1} = 7 \quad j = 1,2,5,6,7,8,9,12,13,14,15,16,19,20,21,22,23,26,27,28,29,30$$

Akşam vardiyası:

$$\sum_{i=1}^{21} x_{ij2} = 5 \quad j = 1,2,5,6,7,8,9,12,13,14,15,16,19,20,21,22,23,26,27,28,29,30$$

Gece vardiyası:

$$\sum_{i=1}^{21} x_{ij3} = 4 \quad j = 1,2,5,6,7,8,9,12,13,14,15,16,19,20,21,22,23,26,27,28,29,30$$

2.Kısıt: Hafta sonu vardiyalarda ihtiyaç duyulan hemşire kısıtları:

Sabah vardiyası

$$\sum_{i=1}^{21} x_{ij1} = 4 \quad j = 3,4,10,11,17,18,24,25,31$$

Akşam vardiyası

$$\sum_{i=1}^{21} x_{ij2} = 4 \quad j = 3,4,10,11,17,18,24,25,31$$

Gece vardiyası:

$$\sum_{i=1}^{21} x_{ij3} = 3 \quad j = 3,4,10,11,17,18,24,25,31$$

3.Kısıt: Her hemşirenin izinli olduğu gün çalışmamasını gerektiren kısıt:

$$\sum_{k=1}^3 X_{ijk} \leq (1 - h_{ij}) \quad i = 1,2,\dots,21 \quad j = 1,2,\dots,31$$

4.Kısıt: 7. hemşirenin ay sonunda 4 gün izinli olması kısıtı:

$$X_{7jk} = 0 \quad j = 28,29,30,31 \quad k = 1,2,3$$

5.Kısıt: 1, 3, 10 ve 17 nolu hemşirelerin ayın belli günlerinde 3 gün izinli olması kısıtı:

$$X_{1jk} = 0 \quad j = 4,5,6 \quad k = 1,2,3$$

$$X_{3jk} = 0 \quad j = 17,18,19 \quad k = 1,2,3$$

$$X_{10jk} = 0 \quad j = 6,7,8 \quad k = 1,2,3$$

$$X_{17jk} = 0 \quad j = 9,10,11 \quad k = 1,2,3$$

6.Kısıt: Her hemşirenin arka arkaya 5 günden fazla çalışmamasını gerektiren kısıt:

$$h_{ij} + h_{i(j+1)} + h_{i(j+2)} + h_{i(j+3)} + h_{i(j+4)} + h_{i(j+5)} \geq 1 \quad i = 1,2,\dots,21 \quad j = 1,2,\dots,26$$

7.Kısıt: Her hemşirenin en fazla çalışması gereken vardiya sayısı ile ilgili kısıt:

$$\sum_{j=1}^{31} x_{ijk} \leq 23 \quad i = 1,2,\dots,21 \quad k = 1,2,3$$

8.Kısıt: Her hemşirenin en az çalışması gereken vardiya sayısı ile ilgili kısıt:

$$\sum_{j=1}^{31} x_{ijk} \geq 20 \quad i = 1,2,\dots,21 \quad k = 1,2,3$$

9.Kısıt: Gece vardiyasına atanan hemşirenin ertesi günkü sabah ve akşam vardiyalarına atanmamasını gerektiren kısıt:

$$X_{ij3} + X_{i(j+1)1} + X_{i(j+1)2} \leq 1 \quad i = 1,2,\dots,21 \quad j = 1,2,\dots,30$$

10.Kısıt: Akşam vardiyasına atanan hemşirenin ertesi günkü sabah vardiyasına atanmamasını gerektiren kısıt

$$X_{ij2} + X_{i(j+1)1} \leq 1 \quad i = 1,2,\dots,21 \quad j = 1,2,\dots,30$$

4.5. Hedef Kısıtları

Hedef 1: Her hemşirenin bir ay boyunca eşit sayıda vardiyaya atanması hedefi ile ilgili kısıt

$$\sum_{j=1}^{31} \sum_{k=1}^3 X_{ijk} + d1_i^- - d1_i^+ = 22 \quad i = 1, 2, \dots, 21$$

Hedef 2: Hemşirelerin vardiyalara atamaları yapılırken çalışma- izin- çalışma günü şeklinde atanmasını en aza indirgenmesi ile ilgili kısıt

$$X_{ij1} + X_{ij2} + X_{ij3} + h_{i(j+1)} + X_{i(j+2)1} + X_{i(j+2)2} + X_{i(j+2)3} + d2_{ij}^- - d2_{ij}^+ = 2$$

$$i = 1, 2, \dots, 21 \quad j = 1, 2, \dots, 29$$

Hedef 3: Hemşirelerin vardiyalara atamaları yapılırken izin- çalışma- izin günü şeklinde atanmasını en aza indirgenmesi ile ilgili kısıt

$$h_{ij} + X_{i(j+1)1} + X_{i(j+1)2} + X_{i(j+1)3} + h_{i(j+2)} + d3_{ij}^- - d3_{ij}^+ = 2$$

$$i = 1, 2, \dots, 21 \quad j = 1, 2, \dots, 29$$

4.6. Amaç Fonksiyonu

Bir ay boyunca hemşirelerin, çalıştıkları vardiyalarının eşit ve dengeli olması amaçlanmaktadır.

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^{21} \sum_{j=1}^{31} d1_i^- - d1_i^+ + d2_{ij}^- + d2_{ij}^+ + d3_{ij}^- + d3_{ij}^+$$

Modelin çözümü Intel(R) Core(TM) i7-6500U CPU @ 2.50GHz işlemcili 8,00 GB RAM bellek özelliğine sahip bilgisayarda ILOG CPLEX Studio IDe programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

5. Sonuç ve Öneriler

Doğum hastanesi jinekoloji servisinde çalışan hemşirelerin vardiya atamaları manuel olarak yapılan çizelgeler ile hazırlanmaktaydı. Ele alınan ağustos ayına ait el ile hazırlanan hemşire vardiya atamaları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1’de görüldüğü gibi vardiyalara atanan hemşirelerin toplam çalışma vardiyaları dengesiz bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Bazı hemşireler maksimum çalışma vardiya sayısı olan 23 vardiya çalışırken bazıları 17 vardiya gibi minimum çalışma vardiya sayısının altında çalışmışlardır. Bazı hemşireler sadece gündüz vardiyasında çalışırken bazıları 3 vardiya kesintisiz çalışmışlardır. Bazı hemşireler yıllık izin kullanmak istemedikleri halde 5 günün üzerinde izin kullanmak zorunda kalırken diğer taraftan izin isteyen hemşireler ise izin kullanamamakla birlikte dengesiz, keyfi, adaletsiz durumlar ile karşılaşmışlardır. Problemin hedef programlama ile çözümünden elde edilen sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Hemşire aylık vardiya çizelgeleme (Manuel olarak yapılan)

Hemşireler	GÜNLER																															Vardiya Sayısı			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31				
1	a	a			a	a	a	a	a			a	a	a	a	a			a	a	a	a	a			a	a	a	a	a			22		
2	a	a			a	a	a	a	a			a	a	a	a	a			a	a	a	a	a			a	a	a	a	a			22		
3	a	a			a	a	a	a	a			a	a	a	a	a				a	a	a	a	a			a	a	a	a	a			21	
4	a	a			a	a	a	a				a	a	a	a	a			a	a	a	a	a	a	a		a	a	a	a	a			22	
5	a	a			a	a	a	a	a			a	a	a	a			a	a	a	a	a	a	a			a	a	a	a	a			22	
6					a	a	a	a				a	a			a	a			a	a	a	a	a			a	a	a	a	a			17	
7	a	a		a	a	a		a	a			a	a	a	a			a	a	a	a	a	a	a			a	a	a	a	a			22	
8	b	b			b	b	b	b	b			b	b		b	b			b	b	b	b	b	b					b	b				18	
9	bc				bc			bc			bc			bc			bc			bc			bc		bc		bc		bc		bc		bc	22	
10			ab c			bc			ab c			bc			bc		ab c				bc			ab c		ab c		bc		bc		ab c		ab c	23
11			a	a	bc		bc	c		a	a	bc	bc			a	a	ab						a	a			bc			a		23		
12				ab c							ab c							ab c								ab c								12	
13		bc			bc			bc			bc			bc		b											bc		bc			bc		17	
14		bc			bc			bc			bc			bc		bc				bc					bc		ab		bc			bc		20	
15	bc				bc			bc				bc		bc						bc		bc					bc		bc			bc		18	
16	a	a	a			ab		a	b			ab			bc			bc					bc		bc	ab		bc			ab		23		
17			bc		bc		c		ab	a		bc		bc		bc				bc		bc		bc	ab			bc			bc		22		
18			ab			bc			bc			bc			ab			bc				bc		bc		bc		bc			bc		bc	22	
19	bc			bc				bc			bc			bc			bc		bc		bc		bc		bc		bc				bc		bc	22	
20			bc		bc			bc			bc				ab			bc				bc			bc		ab				bc		bc	22	
21	bc			bc		bc				bc				bc			bc			bc			bc			bc		bc		bc		bc		22	

a: 08-16, b: 16-24, c: 24-08, ab: 08-24, bc: 16-08, abc: 08-08

Tablo 2’de görüldüğü üzere hemşirelerin büyük çoğunluğu eşit sayıda vardiyaya atanmıştır. Keyfi olan uygulamalar, bazı hemşirelerin sadece bir vardiyada çalışması gibi ayrıcalıklı durumlar ortadan kaldırılmış olup daha dengeli ve adil bir çizelgeleme yapılmıştır. İzin talebi olup izin kullanamayan hemşirelerin izin istekleri göz önünde bulundurulmuş ve istedikleri gün sayısınca izin kullandırılarak çalışan motivasyonunu artırıcı yönde bir çizelgeleme oluşturulmuştur. İzinli olan hemşirelerin durumları önceden planlandığı için uzun periyot içinde diğer hemşirelere izinden dolayı binecek iş yükünün dağılımı daha dengeli yapılmıştır. Çalışma sonucunda hemşirelerin memnuniyetlerinin artırılması ve verimli çalışmaları hedeflenmiştir. Personelin özel izin istekleri de göz önünde bulundurularak daha özgün bir çalışma planı hazırlanmış ve belirlenen hedef kısıtları mümkün olduğu kadarıyla karşılanmıştır.

Hedef programlama yöntemi ile gerçekleştirilen hemşire çizelgeleme probleminin sonucunda, kadın doğum hastanesinde personel için adaletli bir vardiya sistemi oluşturulmuş, çalışanların vardiyalara dengeli atanması sağlanmıştır. Personelin izin vb. durumlarla ilgili olarak özel kısıtları sağlanarak, isteklerine karşılık gelen bir çizelge oluşturulmuştur. Bunun sonucu olarak personel verimliliğinin yanı sıra, moral ve motivasyon seviyesinde de artış sağlanmıştır.

Bundan sonraki çalışmalarda diğer servislerin çalışma günleri için diğer çözüm yöntemleri kullanılabilir veya servisteki çalışanların özellikle çalışmak istedikleri vardiyalara göre farklı modeller oluşturulup çizelgeleme yapılabilir. Önerilen hedef programlama modeline hastane ve hemşirelerin farklı kısıtları eklenebilir. Hastanede çalışan doktor, temizlik elemanı gibi diğer personelin yanı sıra ameliyathane, poliklinik çizelgeleme gibi problemlerin çözümleri gerçekleştirilebilir. Büyük boyutlu hemşire çizelgeleme problemleri veya farklı sektörlerin personel, vardiya çizelgeleme problemleri ele alınabilir. Bu problemlerin çözümü için klasik sezgisel / meta sezgisel yöntemler kullanmanın yanı sıra iki farklı sezgisel / meta sezgisel yöntemin birleştirilmesiyle melez algoritmalar önerilebilir.

Tablo 2. Hemşirelerin aylık vardiya çizelgesi (önerilen)

Hemşireler	GÜNLER																															Vardiya Sayısı	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
1	1	1	3	3 gün izinli			1	1	1	1				1	1	1	3	3			1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	22
2	1			1	1	1	2	2			1	1	1	2			2	2	3	3			1	2	2	2				1	1	2	21
3	1	1			2	2	2	3	3			1	1	1	1	1	3 gün izinli			1	1	1	2	3			1	1	1	1	1	22	
4	1	2			1	3	3	3	3			1	2	2	2	3			1	1	2	2	2			1	3	3	3	3	3	22	
5	1	1	1	1	3			1	1	1	1	2			1	1	1			1	1	3	3			1	2	2	2	2	2	22	
6	1	1			1	1	2	2	2			1	2	2	2	2			1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1	22	
7	2	2	2	3			1	1	1	1	3			1	1	1	1	1			2	2	2	2	2	2	2	3	4 gün izinli			21	
8	2			1	1	1	1	1			1	1	1	1	3			1	1	1	1	2			1	2	2	2	2	2		21	
9	2			3	3	3	3	3			2	3	3	3	3			1	3	3	3			2	2	3	3	3			2	21	
10	2	2	2	2	3	3 gün izinli			1	2	2	2	2			1	1	2	2			1	1	3				2	2	2	2	22	
11	3	3	3	3			1	2	2	3			1	1	1	2			1	1	1	1	1			2	2	3	3	3	3	22	
12	3	3			1	1	2	2	3			1	1	1	1	1			1	2	2	3	3			3	3	3	3			21	
13	3	3			2	2	2	2	2			2	2	2	2	2			2	2	3	3	3			1	1	1	1	1	1	22	
14	2	2	3			1	1	1	2	3			1	1	2	2	3			2	2	2	2	2			1	2	2	3		22	
15		1	1	2	2	2			1	2	2	2	2			2	2	2	2	2			2	2	2	2	2	2	2	3		22	
16		1	1	2	2	3			1	2	2	2			1	1	2	2	2			1	1	1	3	3			1	1	1	22	
17	3	3			1	1	1	1	3 gün izinli			1	3	3	3	3			1	1	1	1	1			1	1	1	1	3	21		
18			2	2	2	2	3			2	3	3	3	3			1	1	2	3	3			1	1	1	1	1			1	21	
19			1	1	1	2			2	3	3	3			2	3	3	3	3			3	3	3	3			1	2	2	3	21	
20	1	1	2			1	1	1	1	1			1	2			2	3	3	3	3			1	1	1	1			2	2	21	
21		2			3	3	3	3	3			3	3	3	3	3			1	2	2	2	2			3	3			1	3	20	

1: 08-16, 2: 16-24, 3: 24-08

Referanslar

Amindoust, A., Asadpour, M., & Shirmohammadi, S. (2021). A hybrid genetic algorithm for nurse scheduling problem considering the fatigue factor. *Journal of Healthcare Engineering*, 2021.

Ariyani, M. P., Rosyidi, C. N., & Aisyati, A. (2021, March). An optimization model of nurse scheduling using goal programming method: a case study. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1096, No. 1, p. 012022). IOP Publishing.

Al-Hinai, N., Al-Yazidy, N., Al-Hooti, A. ve Al-Shereiqli, E. (2018). A goal programming model for nurse scheduling at emergency department. In *8th International Conference On Industrial Engineering And Operations Management, IEOM 2018*, 99-103.

Ang, B. Y., Lam, S. S. W., Pasupathy, Y. ve Ong, M. E. H. (2017). Nurse workforce scheduling in the emergency department: a sequential decision support system considering multiple objectives. *J Nurs Manag*, 26(4), 432-441.

Awadallah M A, Bolajı Ala, Al-Betar Ma (2015). A hybrid artificial bee colony for a nurse rostering problem. *Applied Soft Computing*, 35, 726-739.

Aızam Nah, Sım Slp (2016). Extended basic integer programming models for multiple scheduling problems. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1750, No. 1, p. 030038). AIP Publishing.

- Atmaca E, Pehlivan C, Aydođdu CB, & Yakıcı M (2012). Hemşire çizelgeleme problemi ve uygulaması. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi, 28(4): 351-358.
- Aickelin, U. ve Dowsland, K.A., Exploiting problem structure in a genetic algorithm approach to a nurse rostering problem, *Journal of Scheduling* 3(3): 139–153, 2000.
- Azaiez, M.N., & Al Sharif, S.S., A 0-1 goal programming model for nurse scheduling, *Computers & Operations Research*, 32: 491-507, 2005.
- Ağralı, S., Taşkın, Z. C. & Ünal, A. T., Employee scheduling in service industries with flexible employee availability and demand, *Omega*, 66: 159–169, 2017.
- Agyei, W., Denteh, W.O., Andaam, E. A., Modeling nurse scheduling problem using 0-1 goal programming: a case study of tafo government hospital, Kumasi- Ghana, *International Journal Of Scientific & Technology Research*, 3: 5-10, 2015.
- Bağ, N., Özdemir, N. M., & Eren, T., (2012). 0-1 Hedef programlama ve ANP yöntemi ile hemşire çizelgeleme problemi çözümü. *International Journal of Engineering Research and Development*, 4(1), 2-6.
- Baskaran, G., Bargiela, A., ve Qu, R., (2015). Domain Transformation using Greedy Algorithm in Nurse Scheduling. *International Conference on Artificial Intelligence, Energy and Manufacturing Engineering (ICAEME'2015)*, January 2015, Dubai, 92-98, 2015.
- Bayraktar, E., (2019). Tamsayılı Hedef Programlama ve Hemşire Çizelgeleme Problemi İçin Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı.
- Burke, E. & Cowling, P., (2001). A memetic approach to the nurse rostering problem. *Applied Intelligence*, 15(3): 199-214.
- Beddoe G, & Petrovic S, LI J (2009). A hybrid metaheuristic case-based reasoning system for nurse rostering. *Journal of Scheduling*, 12(2): 99.
- Burke, E.K., De Causmaecker, P., Berghe, G.V., & Landeghem, H., (2004). The state of the art of nurse rostering, *Journal of Scheduling*, 7 (6), 441-499.
- Charnes, A., Cooper, W.W. & Ferguson, R. O., (1955). Optimal estimation of executive ompensation by linear programming, *Management Science*, 1: 138- 151.
- Charnes A., & Cooper W.W., (1977). Goal programming and multipleobjective optimizations, *European Journal of Operational Research* I, 39-54.
- Chen, J. & Yeung, T. (1993). Hybrid expert-system approach to nurse scheduling, *Computers in Nursing*, 11(4): 183-190.
- De Grano, M.L., Medeiros, D. & Eitel, D., (2009). Accommodating individual preferences in nurse scheduling via auctions and optimization, *Health Care Management Science*, 12: 228–242, 2009.
- Dowsland, K., (1998). Nurse scheduling with tabu search and strategic oscillation, *European Journal of Operational Research*, 106 (2-3) : 393-407.
- Eren T, Şahiner M, Aktürk M S, Bedir N, & Ünlüsoy S (2017a). Hemşire çizelgeleme için model önerisi: örnek uygulama. *Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(2): 62-77.
- Eren T, Varlı E, & Aktürk M S (2017b). Tam gün vardiyalı ve özel izin istekli hemşire çizelgeleme probleminin hedef programlama ile çözümü. *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(2): 1-16.
- Fitriani, S. N., Irawanto, B., & Aziz, A. (2020). Nurse scheduling problem using fuzzy goal programming with MINMAX approach. *Journal of the Institute of Electronics and Computer*, 2(1), 151-161.
- Glass, C. A. & Knight, R. A., (2010). The nurse rostering problem: A critical appraisal of the problem structure. *European Journal of Operational Research*, 202: 379-389, 2010.
- Gülenç, F.İ. & Karabulut, B. (2005). Doğrusal hedef programlama ile bir üretim planlama probleminin çözümü, *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9 (1): 55-68, 2005.

- Güngör, İ. (2002). Hemşire görevlendirme ve çizelgeleme sorununa bir model önerisi. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 7(2), 77-94.
- Gür, Ş., & Eren, T. (2018). Scheduling and planning in service systems with goal programming: Literature review. Mathematics, 6(11), 265.
- Hamzaçebi, Ç. & İmamoğlu, G., (2014). T90 bölgesi lojistik merkezi yerleşimi için hedef programlama tekniğinin uygulaması. Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi.5 (11): 156-170.
- Hamid, M., Tavakkoli-Moghaddam, R., Golpaygani, F., & Vahedi-Nouri, B. (2020). A multi-objective model for a nurse scheduling problem by emphasizing human factors. Proceedings of the institution of mechanical engineers, Part H: journal of engineering in medicine, 234(2), 179-199.
- İnce, Ö., (2017). Hasta Hizmetleri Personeli Çizelgeleme Probleminin Analitik Hiyerarşi Süreci Destekli Hedef Programlama ile Çözümü, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2017.
- İsmail WR, & Jenal R (2013). Master plan nurse duty roster using the 0-1 goal programming technique. In AIP Conference Proceedings (Vol. 1522, No. 1, pp. 1394-1400). AIP.
- Ikegami, A., & Niwa, A., (2003). A subproblem-centric model and approach to the nurse scheduling problem. Mathematical Programming, 97 (3), 517-541.
- Jafari, H., Bateni, S., Daneshvar, P, Bateni, S. & Mahdioun, H. (2015). Fuzzy mathematical modelling approach for the nurse scheduling problem: a case study. International Journal of Fuzzy Systems, 18(2), 1-12.
- Kaya, S., (2014). Çok amaçlı esnek atölye tipi çizelgeleme problemlerinin geliştirilmiş parçacık sürü optimizasyonu ile çözümüne yönelik model önerileri. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Kim, S.-J., Ko, Y.W., Uhm, S., & Kim, J., (2014). A strategy to improve performance of genetic algorithm for nurse scheduling problem. International Journal of Software Engineering and Its Applications, 8(1): 53-62, 2014.
- Karaatlı, M. & Güngör, İ., (2010). Hemşire çizelgeleme sorusuna bir çözüm öneri ve bir uygulama, Alanya İşletme Fakültesi Dergisi, 2(1): 22-52.
- Karayel SD, & Atmaca E (2017). Özel bir hastane için hemşire çizelgeleme problemi. Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 21(2): 111-132.
- Kundu, S., Mahato, M., Mahanty, B., & Acharyya, S., (2008). Comparative performance of simulated annealing and genetic algorithm in solving nurse scheduling problem. IMECS 2008 - International Multiconference of Engineers and Computer Scientists (19-21 March 2018), 1.
- Lim, G., J., Mobasher, A., & Côté, M., J., (2012). Multi-objective nurse scheduling models with patient workload and nurse preferences, Management, 2 (5): 149-160.
- Lee, S. M., (1972). Goal Programming for Decision Analysis, Auerbach Pub.
- Lı J, Aıckeln U, & Burke EK (2009). A component-based heuristic search method with evolutionary eliminations for hospital personnel scheduling. INFORMS Journal on Computing, 21(3): 468-479.
- Lin, C. C., Kang, J. R., Chiang, D. J., & Chen, C. L. (2015). Nurse scheduling with joint normalized shift and day-off preference satisfaction using a genetic algorithm with immigrant scheme. International Journal Of Distributed Sensor Networks, 11(7), 1-10.
- Legrain, A., Bouarab, H. & Lahrichi, N. (2015). The nurse scheduling problem in real life. J Med Syst, 39, 160-171.
- Moz, M. & Pato, M. V., (2004). Solving the problem of rostering nurse schedules with hard constraints: New multicommodity flow models. Annals of Operations Research, 128: 179-197.
- Maenhout B, & Vanhoucke M (2008). Comparison and hybridization of crossover operators for the nurse scheduling problem. Annals of Operations Research, 159(1): 333-353.

- Nasir, D. S. M., Baharom, N. H. C., Shafii, N. H., & Nor, N. A. M. (2021). Cyclical nurse scheduling in Shah Alam hospital using goal programming. *Journal of Computing Research and Innovation*, 6(1), 1-10.
- Özder, E. H., Özcan, E., & Eren, T. (2020). A systematic literature review for personnel scheduling problems. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 19(06), 1695-1735.
- Öztürk, H., Candaş, B., & Babacan, E., (2015). Devlet hastaneleri, toplum ve aile sağlığı merkezlerinde çalışan hemşirelerin yaşadıkları sorunların belirlenmesi, *Sağlık ve Hemşirelik Yönetimi Dergisi*, 2(1): 25-36.
- Öztürkoğlu Y, & Çalışkan F (2014). Hemşire çizelgelemesinde esnek vardiya planlaması ve hastane uygulaması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16(1): 115133.
- Parıldar, O., (2020). Hemşire görevlendirme ve çizelgeleme problemlerinin sayısal yöntemlerle çözümü: yoğun bakım ünitelerine yönelik bir model önerisi, *Doktora Tezi*, Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sağlık Kurumları Yönetimi Anabilim Dalı.
- Parr D, & Thompson JM (2007). Solving the multi-objective nurse scheduling problem with a weighted cost function. *Annals of Operations Research*, 155(1): 279-288.
- Pato MV, & Moz M (2008). Solving a bi-objective nurse rostering problem by using a utopic Pareto genetic heuristic. *Journal of Heuristics*, 14(4): 359-374.
- Pawar, U. S., & Hanchate, D. B. (2013). Literature review on personnel scheduling. *International Journal of Computer Engineering and Technology (IJCET)*, Spt.
- Pinedo, M. (2012). *Scheduling* (Vol. 29). New York: Springer.
- Rönnerberg, E. & Larsson, T., (2010). Automating the self-scheduling process of nurses in Swedish healthcare: a pilot study. *Health Care Management Science*, 13: 35-53.
- Rerkjirattikal, P., Huynh, V. N., Olapiriyakul, S., & Supnithi, T. (2020). A goal programming approach to nurse scheduling with individual preference satisfaction. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020.
- Şahin, D., Turan, F. N., Alparslan, N., Şahin, İ., Faikoğlu, R., & Görgülü, A., (2008). Devlet hastanesinde çalışan sağlık personelinin tükenmişlik düzeyleri, *Noropsikiatri Arsivi*, 45(4): 116-121.
- Şahiner M, Aktürk M S, Ünlüsoy S, Bedir N, Varlı E, & Eren T (2017). Hemşire çizelgeleme için model önerisi: örnek uygulama. *Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(2), 62-77.
- Shahidin AM, Said MSM, Said NHM, Sazalı NIA (2017). Developing optimal nurses work schedule using integer programming. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1870, No. 1, p. 040031). AIP Publishing LLC.
- Schoenfelder, J., Bretthauer, K. M., Wright, P. D., & Coe, E. (2020). Nurse scheduling with quick-response methods: Improving hospital performance, nurse workload, and patient experience. *European Journal of Operational Research*, 283(1), 390-403.
- Topaloğlu & Selim (2010) Topaloğlu, S. & Selim, H., Nurse scheduling using fuzzy modeling approach, *Fuzzy Sets and Systems*, 161: 1543–1563.
- Tsai, C.C. ve Li, S.H.A., (2009). A two-stage modeling with genetic algorithms for the nurse scheduling problem, *Expert Systems with Applications*, 36: 9506–9512.
- Trivedi, V. M., (1981). A mixed-integer goal programming model for nursing service budgeting. *Operations Research*, 29(5): 1019 – 1034.
- Tsai CC, Li SH (2009). A two-stage modeling with genetic algorithms for the nurse scheduling problem. *Expert Systems with Applications*, 36(5): 9506-9512.
- Uslu, B., Bedir, N., Gür, Ş., & Eren, T., (2018). 0-1 hedef programlama yöntemi kullanılarak hemşire çizelgeleme probleminin çözümü. *Sağlık Akademisi Kastamonu*, 3(3), 1-23.
- Vanhoucke, M. & Maenhout, B., (2009). On the characterization and generation of nurse scheduling problem instances, *European Journal of Operational Research*, 196: 457–467.

- Varlı E, Tamer E (2017a). Vardiya çizelgeleme problemi ve bir örnek uygulama. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10(2): 185-197.
- Varlı E, Tamer E (2017b). Hemşire çizelgeleme problemi ve hastanede bir uygulama. *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, 5(1): 34-40.
- Varlı E, Ergişi B, Eren T (2017). Özel kısıtlı hemşire çizelgeleme problemi: hedef programlama yaklaşımı. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (49): 189-206.
- Van den Bergh, J., Beliën, J., De Bruecker, P., Demeulemeester, E., & De Boeck, L. (2013). Personnel scheduling: A literature review. *European journal of operational research*, 226(3), 367-385.
- Youssef, A. & Senbel, S. (2018). A bi-level heuristic solution for the nurse scheduling problem based on shift-swapping. 8th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC), IEEE, Las Vegas, Nevada.
- 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.
- Wang SP, Hsieh YK, Zhuang ZY, OU NC (2014). Solving an outpatient nurse scheduling problem by binary goal programming. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 31(1): 41-50.
- Wolfe, H., & Young, J. P. (1965). Staffing the nursing unit part II. The Multiple Assignment Technique. *Nursing Research*, 14(4), 299-303.
- Warner, D. M. & Prawda, J., (1972). A mathematical programming model for scheduling nursing personnel in a hospital, *Management Science*, 19 (4-1): 411 – 422.
- Wright, D., & Mahar, S., (2013). Centralized nurse scheduling to simultaneously improve schedule cost and nurse satisfaction, *Omega*, 41 (6): 1042- 1052.
- Wright, P. D., & Bretthauer, K. M., (2010). Strategies for addressing the nursing shortage: coordinated decision making and workforce flexibility. *Decision Sciences*, 41, 373-401.
- Wright, P. D., Bretthauer, K. M., & Cote, M. J., (2006). Reexamining the nurse scheduling problem: staffing ratios and nursing shortages. *Decision Sciences*, 37: 39-70.
- Zanda, S., Zuddas, P., & Seatzu, C. (2018). Long term nurse scheduling via a decision support system based on linear integer programming: a case study at the university hospital in Cagliari. *Computers and Industrial Engineering*, 126, 337-347.