



0-1 TAMSAYILI HEDEF PROGRAMLAMA YÖNTEMİYLE NÖBET ÇİZELGELEME: COVID-19 PANDEMİ DÖNEMİNDE BİR DEVLET HASTANESİNİN ACIL SERVİSİNDE UYGULAMA¹

Banu BOLAYIR ²

Öz

Sağlık sektörü, bir toplumda en planlı olması gereken sektörlerin başında yer almaktadır. Bu sektörün en büyük kısmına sahip olan hastanelerde sağlık personeli vardiyalarının adil ve verimli olacak şekilde planlanması önemlidir. Özellikle hastanelerin acil servislerindeki sağlık personelinin hastalara hızla müdahale edebilmeleri ve doğru teşhisi koyabilmeleri için dikkat dağınıklığı ve yorgunluk gibi durumlardan en az seviyede etkilenmeleri gerekmektedir. Bunun için de sağlık personelinin nöbet çizelgeleri optimal planlanmalıdır. Ayrıca Covid-19 salgınında hastanelerin özellikle acil servislerinde aşırı yoğunluk yaşanması sağlık personelini bedensel ve zihinsel olarak yormuştur. Bu noktadan hareketle bu çalışmada, Covid-19 pandemi döneminde bir hastanenin acil servisindeki sağlık personelinin nöbet çizelgesinin optimal planlanması amaçlanmıştır. Çalışmanın amacı doğrultusunda, Gümüşhane'deki bir devlet hastanesinin 2021 yılının şubat ayında acil servis tüm alanlardaki sağlık personelinin nöbet çizelgesi ve acil servis tüm alanlardaki işleyiş hakkındaki bilgiler acil servisteki sorumlu hemşireden alınmıştır. Bu verilere ve bilgilere göre 0-1 tamsayıli hedef programlama modeli kurulmuştur. Modelin kodlanmasında ve çözümünde GAMS 39.3.0 programı kullanılmıştır. Modelin çözümü sonucunda optimal nöbet çizelgesi elde edilmiştir. Elde edilen optimal nöbet çizelgesinde, acil servis tüm alanlarda günlük çalışması gereken sağlık personeli sayıları sağlanarak her sağlık personeli için vardiyaların her birinde toplam çalışma süreleri mümkün olduğunca dengeli dağıtılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Covid-19, Acil Servis, Nöbet Çizelgeleme, 0-1 Tamsayıli Hedef Programlama, Optimizasyon.

JEL Sınıflandırması : M12, C02, C61.

¹ İlgili çalışmada; 26.10.2022 tarih ve 2022/6 sayılı Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'ndan ve 28.11.2022 tarih ve E-51020271-771 sayılı Gümüşhane İl Sağlık Müdürlüğü'nden gerekli izinler alınmıştır.

² Dr. Öğr. Üyesi, Gümüşhane Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, banubolayir@gumushane.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3818-1989.

Atıf/Citation (APA 6):

Bolayır, B. (2023). 0-1 tamsayıli hedef programlama yöntemiyle nöbet çizelgeleme: Covid-19 pandemi döneminde bir devlet hastanesinin acil servisinde uygulama. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(3), 650-672. <https://doi.org/10.25287/ohuiibf.1217590>.

SHIFT SCHEDULING WITH 0-1 INTEGER GOAL PROGRAMMING METHOD: APPLICATION IN EMERGENCY DEPARTMENT OF A STATE HOSPITAL DURING THE COVID-19 PANDEMIC PERIOD

Abstract

The health sector is the head of the sectors that should be the most planned in a society. It is important that shifts of the medical staff in the hospitals which comprise the largest part of this sector be planned in a fair and efficient way. In particular, the medical staff in emergency departments of hospitals should be minimally affected by situations like attention deficit and fatigue in order to they can rapidly intervene in patients and get the right diagnosis. In order to do this, shift schedules of the medical staff must be planned optimally. Additionally, the excessive intensity of hospitals especially in emergency departments during the Covid-19 outbreak has exhausted the medical staff physically and mentally. Based on this point, this study aimed to optimally plan the shift schedule of the medical staff in the emergency department of a hospital during the Covid-19 pandemic period. In line with the purpose of the study, information about the shift schedule of the medical staff in all areas of the emergency department and the functioning of the emergency department in all areas in February 2021 of a state hospital in Gümüşhane was obtained from the nurse in charge of the emergency department. According to these data and information, the 0-1 integer goal programming model was established. In the coding and solution of the model, the GAMS 39.3.0 program was used. As a result of the solution of the model, the optimal shift schedule was obtained. In the optimal shift schedule obtained, the number of medical staff required to work daily in all areas of the emergency department was provided, and the total working times in each of the shifts for each medical staff were distributed as balanced as possible.

Keywords : Covid-19, Emergency Department, Shift Scheduling, 0-1 Integer Goal Programming, Optimization.

JEL Classification : M12, C02, C61.

GİRİŞ

Vardiyalı personelin çalıştığı bir sektörde vardiya planlaması hem işlerin doğru yapılması hem de personelden gerekli verimin alınması açısından önemlidir. Manuel olarak hazırlanan vardiya, nöbet vb. çizelgelerde personelden verim elde edilmesi ve adil bir personel dağıtımının yapılması çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Üstelik manuel olarak hazırlanan bu çizelgeler, zaman kaybına yol açmakta ve bazen de adil bir şekilde personel dağıtımının yapılamamasına neden olmaktadır. Çünkü çizelgelerde birçok kısıtın aynı anda birden fazla hedefi gerçekleştirmesinin istenmesi optimal çizelgeleme yapmayı zorlaştırmaktadır. Halbuki bu çizelgelerde matematiksel modeller kurularak yapılacak planlamalar, personel için daha verimli ve daha adil bir çizelge oluşturulmasını ve maliyet minimizasyonunu sağlamaktadır.

İnsan sağlığının önemi açısından planlı olması gereken sektörlerin başında sağlık sektörü gelmektedir. Sağlık sektöründe özellikle hastanelerdeki sağlık personeli için vardiya, nöbet vb. çizelgelerin en verimli ve en adil şekilde, en kısa zamanda planlanması gerekmektedir. Fakat sağlık personeli için hazırlanan çizelgeler, karmaşık bir çizelgeleme problemidir. Çünkü sağlık personelinin çizelgeleme problemlerinde; hastanenin yasal koşulları ve çalışma yönetmelikleri, sağlık personelinin tercihleri, sağlık personeli için dengeli bir vardiya, izin ve iş yükü dağılımı gibi birçok kısıt bulunmaktadır. Ayrıca sağlık personeli için hazırlanan çizelgeler, genelde birden fazla hedefin gerçekleştirilebilmesinin istendiği çizelgelerdir. Bu kısıtlar ve hedefler göz önünde bulundurularak optimal bir çizelgelemenin yapılması hem sağlık personeli hem hastane hem de hasta için önemlidir. Üstelik bu çizelgelerin uzunluğu, haftalık ya da aylık olarak değişmektedir. Koşullara göre yeni baştan sürekli bu çizelgelerin adil ve verimli bir şekilde hazırlanmaya çalışılması, daha önceki

çizelgelerle karşılaştırarak kaliteli bir çizelgenin oluşturulması hazırlayan personel için zaman alıcı ve yorucu bir görevdir.

Literatürde hemşire çizelgeleme ve görevlendirme problemleri; çizelgeleme problemi ve görevlendirme problemi olarak ikiye ayrılmaktadır. Çizelgeleme, görevlendirilen hemşirelerin çalışma saatleri ve izin günleri belirlenerek bir çalışma çizelgesinin hazırlanması, görevlendirme ise görevlendirme yapılan dönemin günlerinde adil bir iş yükü sağlayan her birim için gereken hemşire sayısının tahmin edilmesi ve bu dönemdeki işlerin tümünün yapılabilmesi için farklı branşlarda görevlendirilmesi gereken minimum sayıdaki hemşirenin belirlenmesidir (Güngör, 2002: 78).

Yoğun iş yükü ve çalışma koşullarının zor olması sorunu, küresel anlamda hemşire sıkıntısı çıkmazının başlıca nedenlerinden biridir (Rerkjirattikal, Huynh, Olapiriyakul & Supnithi, 2020: 1). Sadece hemşireler için değil hastanelerdeki sağlık personelinin yoğun bir şekilde çalışması bu personelde yorgunluk, stres, dikkat dağınıklığı, kaygı gibi sorunlara yol açmaktadır. Hastanelerde de en yoğun birim, acil servislerdir. Farklı dönemlerde bölgesel olarak yaşanan salgın hastalıklar, nüfustaki artış hastanelerdeki yoğunluğu artırmaktadır. Salgın hastalık denildiğinde akla ilk gelen, yakın bir zamanda üstelik küresel anlamda yaşanmış ve etkisi hala devam eden Covid-19 pandemisidir. Özellikle Covid-19 pandemi döneminde artan vaka sayıları, hastanelerdeki yoğunluğu daha da artırmıştır. Bu yoğun dönemde tüm sağlık personelinin sahada bulunmaları gerekmiştir. Sağlık personeli için hazırlanan çizelgeler sadece hastaya bakmak için değil, sağlık personelinin zihinsel ve bedensel sağlığını düşünerek vardiya yoğunluğuna göre hazırlanmalıdır. Covid-19 pandemi döneminde hastanelerde sağlık personeli için hazırlanan çizelgeler ile bu dönemin çok iyi yönetilmesi gerekmiştir.

SARS-CoV-2 virüsü, ilk olarak 2019 yılının Aralık ayında Çin'in Hubei eyaletinin Wuhan şehrinde görülmüş ve bir pazarda birçok kişinin hastalanmasına neden olmuştur. Bu virüs, kısa zamanda hızla yayılarak tüm dünyayı etkileyen bir salgın haline gelmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) bu salgını, 11 Şubat 2020 tarihinde "Covid-19" pandemisi olarak adlandırmıştır (Türkiye Bilimler Akademisi, 2020: 15). Bu virüs, kısa bir sürede dünyada milyonlarca insanın hastalanarak ölümüne yol açmıştır. Türkiye'de de binlerce insan bu virüsten dolayı hayatını kaybetmiştir. Maske, mesafe, hijyen, tam ve kısmi kapanma, seyahat kısıtlamaları gibi tedbirlerle insanların bu virüse yakalanmaları ve salgının daha fazla yayılması önlenmeye çalışılmış, daha sonra bu virüs için birçok aşı geliştirilmiş ve uygulamaya geçilmiştir. Daha sonra da tüm dünyada normalleşme süreci başlamıştır.

Türkiye'de kontrollü olarak normalleşme süreci 1 Mart 2021 tarihinde başlamıştır (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2021). Bu tarih dikkate alınarak bu çalışma için normalleşme sürecinden önce pandemi döneminin devam ettiği Şubat 2021'de Gümüşhane'deki bir devlet hastanesinin verileri kullanmıştır. Şubat 2021'deki verilerin kullanılmasının sebebi, Covid-19 salgını sebebiyle hastanedeki tüm sağlık personelinin sahada olup bu yoğun günlerindeki nöbet çizelgesinin optimal bir şekilde planlanmasının istenmesidir.

Bu çalışmada, Covid-19 pandemi döneminde hastanelerde özellikle acil servislerde yaşanan yoğunluktan yola çıkılarak acil servisteki sağlık personelinin nöbet çizelgesinin optimal planlanması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda; Gümüşhane'deki bir devlet hastanesinden alınan 2021 yılının Şubat ayındaki acil servis tüm alanlardaki sağlık personelinin nöbet çizelgesine ve acil servis tüm alanlardaki işleyiş hakkındaki bilgilere göre 0-1 tamsayılı hedef programlama modeli kurulmuştur. Kurulan model GAMS 39.3.0 programı kullanılarak kodlanmış ve çözülmüş, çözüm sonucunda optimal nöbet çizelgesi elde edilmiştir. Elde edilen optimal nöbet çizelgesinde çalışmanın alt amaçları sağlanmıştır. Bunlar; acil servisteki tüm alanlarda günlük çalışması gereken personel sayıları sağlanmış, 8, 16 ve 24 saatlik vardiyalardaki toplam çalışma süreleri; izinli sağlık personeli haricinde her sağlık personeli için mümkün olduğunca dengeli, izinli sağlık personeli için de izin almayan sağlık personeline göre benzer veya mümkün olduğunca yakın olacak şekilde dağıtılmıştır. Böylece yapılan bu çalışma ile literatüre hastanelerde Covid-19 pandemi dönemi gibi yoğun dönemler için hemşire çizelgeleme problemlerine örnek verilmiş, bu problemlerde hedef programlama yönteminin kullanılarak nöbet çizelgesinin optimal planlanmasının yapılabileceği gösterilmiştir.

Çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın ilk bölümü giriş bölümü olup bu bölümde çalışma hakkında kısaca bilgi verilmekte, çalışmanın öneminden, amacından, kapsamından ve yönteminden bahsedilmektedir. Çalışmanın ikinci bölümü, literatür taramasıdır. Bu bölümde literatürde bulunan bazı kaynakların incelenmesi ve yapılan bu çalışmanın literatüre katkısı yer almaktadır. Çalışmanın üçüncü bölümünde hedef programlama yöntemi anlatılmakta, dördüncü bölümünde ise Covid-19 pandemi döneminde bir hastanenin acil servisindeki sağlık personelinin nöbet çizelgesinin optimal planlanması amacıyla 0-1 tamsayılı hedef programlama uygulamasına yer verilmektedir. Çalışma, uygulama sonuçlarının değerlendirilmesinden ve ileride yapılacak çalışmalara önerilerden bahsedildiği sonuç bölümü ile tamamlanmaktadır.

I. LİTERATÜR TARAMASI

Literatür araştırması yapıldığında, vardiya, nöbet vb. çizelgeleme problemlerinde matematiksel programlama yöntemlerinden doğrusal, tamsayılı ve hedef programlama yöntemlerinin kullanıldığı birçok çalışmaya rastlanmıştır. Üstelik bu çalışmaların genelde hastanelerde ve özellikle hemşirelerin vardiya, nöbet vb. çizelgeleri için yapıldığı görülmektedir. Çalışma konusu özelinde hemşire çizelgelerinde matematiksel yöntemlerin ve matematiksel yöntemlerden özellikle hedef programlama yönteminin kullanıldığı çalışmalardan bazıları şu şekildedir:

Literatür araştırmasında hemşire çizelgeleme ile ilgili bulunan en eski çalışma, Taylor tarafından 1940 yılında yapılan “A Staff Nurse Program” adlı çalışmadır. Taylor bu çalışmada, hemşirelerin çizelgelerinin iyileştirilebilmesine yönelik olarak Massachusetts Genel Hastanesi’ndeki görevli hemşireler için Ekim 1938 ile Haziran 1939 yılları arasında yapılan hizmet içi programa göre hazırladığı anket ile hemşirelerin ihtiyaçlarını belirlemeyi amaçlamıştır.

Wolfe ve Young (1965) çalışmasını, kontrol değişkeni atama ve çoklu atama tekniği kullandıkları iki kısma ayırmışlardır. İkinci kısımdaki çalışmada, hemşirelerin farklı görevlere atanma maliyetlerini en aza indirmek amacıyla yaptıkları hemşire çizelgeleme için matematiksel model geliştirmişlerdir.

Hemşire çizelgeleme problemlerinde birden fazla seçeneği bulduran amaçların bir modelde ilk kez kullanıldığı çalışma, Warner tarafından 1976 yılında yapılan “Scheduling Nursing Personnel According to Nursing Preference: A Mathematical Programming Approach” adlı çalışmadır. Warner bu çalışmada, hemşirelerin çalışma süresinin uzunluğu, rotasyon düzenleri ve izin talepleri ile ilgili tercihleri ölçen bir çoktan seçmeli programlama problemi olarak bir hemşire çizelgeleme sistemini tanımlamıştır. Problemdeki kısıtlar, her bir beceri sınıfından her güne ve dört veya altı haftalık bir planlama döneminin vardiyasına atanacak asgari sayıdaki hemşirenin bulunmasını sağlamaktadır. Problemi çözmek için iki aşamalı bir algoritma geliştirmiştir.

Arthur ve Ravindran (1981) çalışmasında, hemşire çizelgeleme problemi için iki aşamadan oluşan bir model oluşturmuşlardır. Aşamaların ilkinde, hemşirelerin iki haftalık planlanması için belirlenen hedefleri sağlayan vardiyalara atanmalarında hedef programlama yöntemini, ikincisinde hemşirelerin özelliklerine göre atanmalarında sezgisel yöntemleri kullanmışlardır.

Trivedi (1981) çalışmasında, bir hastanenin hemşire gider bütçesi için karma tamsayılı hedef programlama modeli sunmuştur. Çalışmada; izin, tatil gibi kısıtlar dikkate alınarak hemşirelerin atamalarının yapılması amaçlanmıştır. Çalışmadaki modelin hedefleri, kaliteli bir hemşirelik hizmeti için maliyet kontrolünü ve hemşirelerin uygun çalışma saatlerini sağlamaktır. Bu duruma ek olarak, hafta içi ve hafta sonu tam ve yarı zamanlı çalışan, fazla mesai yapan hemşireler arasındaki olası takasların yapılması da göz önünde bulundurulmuştur.

Musa ve Saxena (1984) çalışmasında, bir hastanenin bir biriminde tam ve kısmi süreli 11 hemşirenin çalıştığı, iki haftalık süreyi kapsayan, hastanedeki zamanlama politikalarına, hemşirelerin sayısına ve çalışma durumlarına göre izin sürelerini temsil eden hedefleri içeren, 154 karar değişkeni ve

120 kısıtın kullanıldığı bir hemşire çizelgeleme probleminin çözümü için tek aşamalı bir hedef programlama algoritması sunmuşlardır.

Ozkarahan ve Bailey (1988) çalışmasında, hastanenin ve hemşirelerin tercihlerini dikkate alarak daha esnek bir hemşire çizelgelemesi için tamsayılı hedef programlama modeli kurmuşlardır. Kurulan model, 210 karar değişkeninden ve 92 kısıttan oluşmaktadır. Çalışmada hemşireleri haftalık bir sürede planlamak için haftanın günleri ve günün saatleri arasında bir esneklik geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri modelin hastanelerde uygulanabilirliğini test etmişlerdir.

Berrada, Ferland ve Michelon (1996) çalışmasında, sağlık hizmetlerinde kalitenin artması amacıyla hemşire çizelgeleme probleminde çok amaçlı hedef programlama ve tabu algoritması yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmadaki çok amaçlı hedef modelinde; esnek olan unsurlar amaç fonksiyonunda, zorunlu olan unsurlar ise kısıtlarda yer almıştır. Çok amaçlı hedef programlama modelindeki amaçlar, sıralı ve eşit ağırlıklı olmak üzere iki farklı yöntemle çözülmüştür. Çalışmada bir örnek verilmiş ve bu örneğe göre sıralı, eşit ağırlıklı ve tabu algoritması yöntemleriyle aynı zaman dilimindeki hemşire çizelgeleri elde edilmiştir.

Jaumard, Semet ve Vovor (1998) çalışmasında, maaş maliyetlerini en aza indiren, hemşirelerin tercihlerini ve ekip dengesini sağlayan, talebi karşılayan bir hemşire çizelgeleme problemi için lineer programlama modeli geliştirmişlerdir. Hemşirelerin kıdemleri, iş yükleri, izin günleri ve rotasyonları gibi durumları dikkate alarak kurdukları modeli 0-1 sütun üretme yaklaşımı ile çözmüşlerdir.

Azaiez ve Al Sharif (2005) çalışmasında, Suudi Arabistan'da bulunan Riyadh Al-Kharj Hastanesi'nin hemşire çizelgeleme problemi için manuel olarak hazırlanan çizelgeleri iyileştirmek için 0-1 doğrusal hedef programlama yönteminin kullanıldığı bir model geliştirmişlerdir. Çalışmadaki modeli oluştururken; literatürde önerilen bazı politikaları, hastanenin hedeflerini ve hemşirelerin tercihlerini göz önünde bulundurmuşlardır. Hastanenin hedefleri; personel sayısı ve uygun hemşirelik becerileri ile kesintisiz bir hizmet sağlamak, gerekli olmayan fazla mesai için ek maliyetlerden kaçınmaktır. Çalışmada; anket ile belirlenen hemşirelerin tercihlerinin, gece vardiyalarının eşit ve hafta sonu izinlerinin dengeli olmasının dikkate alındığı adil bir iş yükü olmasını amaçlamışlardır. Modeli LINGO programı ile çözmüşlerdir.

Topaloglu (2006) çalışmasında, bir üniversite hastanesinin acil servisindeki acil tıp asistanlarının çizelgeleme problemini ele almıştır. Topaloglu bu çalışmada, acil servislerin stresli bir iş yeri ve vardiyalı çalışmanın gündüz normal çalışmaktan daha zor olduğunu, acil tıp asistanları gibi özellikle vardiyalı çalışanlar için çalışma kurallarına uygun çizelgelerin oluşturulmasının çalışanlar üzerinde psikolojik, fizyolojik ve sosyal olarak olumsuz etkiyi azaltmada önemli olduğunu vurgulamıştır. Çalışmada bir aylık planlama dönemi için kurulan çizelgeleme probleminin modeli, zorunlu ve esnek kısıtlardan oluşmuştur. Modelin çözümünde, hedef programlama yöntemini ve hedef programlama modelinde amaç fonksiyonundaki esnek kısıtlamalardan sapmaların katsayılarını bulmak için Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemini kullanmıştır. Çalışmadaki hedef programlama modeli, ILOG OPL Studio 3.7'de kodlanmış ve CPLEX 9.0 ile çözülmüştür.

Topaloglu ve Selim (2010) çalışmasında, hastane yönetiminin hedeflerindeki ve hemşirelerin tercihlerindeki belirsizlikleri gidermek için bulanık küme teorisini hemşire çizelgeleme problemine uygulamışlardır. Hemşire çizelgeleme problemi için önce bir tamsayılı hedef programlama modeli, sonra modelde farklı bulanık çözüm yaklaşımlarını kullanarak üç adet bulanık hedef programlama modeli geliştirmişlerdir. Çalışmadaki tamsayılı hedef programlama modelinin çözümünde CPLEX 9.0 kullanılmıştır.

Jenal, Ismail, Yeun ve Oughalime (2011) çalışmasında, hastanede çizelgelemeyi hazırlayan başhemşirenin veya hemşire yöneticisinin işini kolaylaştırmak, hastanenin belirlenen politikalarını ve hemşirelerin tercihlerini karşılamak için 0-1 hedef programlama yönteminin kullanıldığı döngüsel bir hemşire çizelgeleme modeli önerisinde bulunmuşlardır. Modelin çözümünde LINGO programını kullanmışlardır.

Atmaca, Pehlivan, Aydoğdu ve Yakıcı (2012) çalışmasında, Ankara Güven Hastanesi A blok ikinci katta bulunan hemşirelerin vardiyalarını düzenlemek için 0-1 tamsayılı hedef programlama yöntemini kullanmışlardır. Yapılan çalışmadaki 28 günlük hemşire çizelgeleme problemi için oluşturulan modelde, Azaiez ve Al Sharif (2005) çalışmasındaki hemşire çizelgeleme problemi için geliştirilen 0-1 hedef programlama modelini temel almışlardır. Modelin çözümünde GAMS programını kullanmışlardır. Modelin çözümü sonucunda; müşterilerin memnuniyetini sağlayacak, hastanenin verimliliğini artıracak ve maliyetlerini minimize edecek şekilde her vardiyaya atanan hemşirelerin sayıları bulunmuştur.

Bağ, Özdemir ve Eren (2012) çalışmasında, Kırıkkale'deki bir devlet hastanesinde 11 hemşire 4 sağlık memurunun çalıştığı üroloji ve kulak, burun, boğaz (KBB) servislerinin çizelgeleme problemi için 0-1 tamsayılı hedef programlama modeli önerisinde bulunmuşlardır. Çalışmada; hemşireler iki gruba ayrılarak ve sağlık memurları ayrı gruplandırılarak modelleme yapılmıştır. Hedef programlama modelindeki hedeflerin ağırlıklarını belirlemek için Analitik Ağ Prosesi (ANP) yöntemini kullanmışlardır. Çalışmadaki ANP yönteminin çözümünde Superdecisions programı kullanılmıştır. Çalışmadaki analizler sonucunda hastaneye, hemşireler ve sağlık memurları için ayrı ayrı, dengeli birer aylık çizelgeler önermişlerdir.

Lim, Mobasher ve Côté (2012) çalışmasında, bir hemşire programının optimal olarak belirlenmesi amacıyla aynı anda birden fazla ve çoğu zaman birbiriyle çelişen hedefleri ele alan bir hemşire çizelgeleme modeli geliştirmişlerdir. Modeldeki hedefler; hemşirelerin işgücü maliyetlerini, hemşirelerin boşa kalma süresini, hasta memnuniyetsizliğini en az düzeye indirmek, iş memnuniyetini en üst düzeye çıkarmaktır. Çalışmada belirlenen hedeflere yönelik optimal çözümü bulmak için iki aşamalı ağırlıklı olmayan hedef programlama yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada, iş tatmini için hemşirelerin tercihlerini ve hasta memnuniyetsizliği için hasta iş yükünü göz önünde bulundurarak bir hemşire çizelgeleme problemi için ikili (0-1) tamsayılı hedef programlama modeli kurulmuştur. Çalışmadaki model, GAMS programında formüle edilmiş ve CPLEX 12.1 programı kullanılarak çözülmüştür.

Yılmaz (2012) çalışmasında, her biri sekizer saatlik üç vardiyanın olduğu bir haftalık çalışma planında toplam bekleme süresinin minimize edilmesi amacıyla bir hemşire vardiya çizelgeleme problemi için matematiksel programlama modeli önerisinde bulunmuştur. Hemşirelerin vardiyalara atanması için kurulan modeldeki karar değişkenleri 0 veya 1 olarak belirlenmiştir. Çalışmada geliştirilen model sayısal bir örnek üzerinde gösterilmiş, modelin çözümünde LINGO 8.0 programı kullanılmış ve duyarlılık analizi yapılmıştır.

Ismail ve Jenal (2013) çalışmasında, bir hemşire çizelgesinin bir yıllık planlanmasını sağlayan döngüsel bir model kurmuşlar ve kurdukları modeli 0-1 tamsayılı hedef programlama yöntemi kullanarak çözmüşlerdir. Çalışmadaki modelde; gece vardiyası sayısını, gece vardiyası için gerekli hemşire sayısını, uygun çalışma süresini göz önünde bulundurmışlardır. Çalışmadaki modelin çözümünde LINGO programını kullanmışlardır. Modelin çözümü sonucunda, ana planda belirlenen yıllık iş yükü, hemşireler arasında başarılı bir şekilde dağıtılmıştır.

Wang, Hsieh, Zhuang ve Ou (2014) çalışmasında, Tayvan'daki bir askeri hastanenin poliklinik hemşirelerinin çizelgeleme problemini ele almışlardır. Poliklinik hemşirelerinin tercihlerini ve hastanenin politikalarını karşılayacak şekilde vardiyaların dengeli bir şekilde dağıtımının yapılarak maliyetin azaltılmasını amaçlayan 0-1 tamsayılı hedef programlama modeli önerisinde bulunmuşlardır. 26 hemşire için önerilen modelin çözümünde LINGO paket programı kullanılmıştır.

Agyei, Obeng-Denteh ve Andaam (2015) çalışmasında, Gana'nın Kumasi şehrinde bulunan Tafo Devlet Hastanesi'ndeki hemşire çizelgeleme problemi için 0-1 hedef programlama yöntemini kullanmışlardır. Çalışmanın amacı, hastanenin yasal ve çalışma yönetmeliklerine uygun olması, hemşireler arasında iş yükü dağılımının dengeli olması, hemşirelerin tercihlerinin mümkün olduğunca karşılanmasıdır. Çalışmada bu amaç doğrultusunda geliştirilen 0-1 tamsayılı hedef programlama modelinin çözümünde LINGO 14.0 programı kullanılmıştır.

Jafari, Bateni, Daneshvar, Bateni ve Mahdioun (2016) çalışmasında, İran'ın en büyük hastanesi olan Milad Hastanesi'nde hemşire çizelgeleme problemi için hemşirelerin uygun vardiyalara atanma tercihlerini dikkate alarak günlük çalışma şartlarını sağlayan hemşire fazlalığını minimize etmek için dört farklı bulanık matematiksel model önerisinde bulunmuşlardır. Çalışmada önerilen modellerde amaç fonksiyonundaki her bir hedef ağırlıklarının belirlemek için AHP yöntemi kullanılmıştır.

Sulak ve Bayhan (2016) çalışmasında, 7 gün 24 saat hizmet veren, personelin çalışma saatlerinin 08:00-16:00 ve 16:00-08:00 arasında olup haftada 40 saat bir üniversite hastanesinin kan merkezinde çalışan hemşirelerin çizelgeleme probleminde hedef programlama yöntemini kullanmışlardır. Kan merkezinin çalışma saatleri ve personelin izin günleri dikkate alınarak önerilen 0-1 hedef programlama modelinde, hemşirelerin gündüz ve gece vardiyalarındaki sapmalarının en aza indirilmesi amaçlanmıştır. Modelin çözümünde Excel Solver kullanılmıştır. Modelin çözümü sonucunda optimum vardiya çizelgesinin elde edilmesiyle; hemşirelerin iş yükü daha etkin ve dengeli, vardiya çizelgesi daha objektif planlanmıştır.

Varlı ve Eren (2017) çalışmasında, hemşirelerin aylık çizelgelerini dengeli ve adil bir şekilde planlayarak hemşirelerin hizmet kalitesinin artırılmasını amaçlamışlardır. Bu amaca göre Kırıkkale'de 7 gün 24 saat hizmet veren bir hastanenin acil, yoğun bakım ve ameliyathane birimlerinde çalışan hemşirelerin hastanedeki çalışma şartlarına uygun, sekizer saatlik sabah, akşam ve gece vardiyalarına atanması için 0-1 hedef programlama modeli önerisinde bulunmuşlardır. Çalışmada önerilen model; Azaiez ve Al Sharif (2005), Agyei, Obeng-Denteh ve Andaam (2015) ve Sulak ve Bayhan (2016) çalışmalarındaki 0-1 hedef programlama modellerinden yararlanılarak oluşturulmuştur. Çalışmadaki modelin kodlanması ILOG CPLEX Studio IDE programıyla ve modelin çözümü CPLEX çözücüsüyle yapılmıştır.

Ang, Lam, Pasupathy ve Ong (2018) çalışmasında, bir yılı aşkın bir sürede Singapur'daki bir acil servise gelen 142.564 katılımcının yer aldığı çalışma planının oluşturulmasını amaçlamışlardır. Çalışmada; yasal koşulların ve kısıtlamaların yanı sıra vardiyaların sayısı, hemşire-hasta oranları, hemşirelerin izin günlerinin dağılımı olacak şekilde geçmiş iş yükü verileri de dikkate alınarak hemşire çizelgeleme problemine yönelik bir karma tamsayılı hedef programlama modeli önerisinde bulunulmuştur. Modelin çözümünde CPLEX 12.6.2 programı kullanılmıştır.

Uslu, Bedir, Gür ve Eren (2018) çalışmasında, 7 gün 24 saat hizmet veren bir devlet hastanesinde acil servis biriminde manuel olarak hazırlanan ve dengeli yapılamayan hemşirelerin çizelgeleri için bir hemşire çizelgeleme problemini ele almışlardır. Uygulama yapılan hastanenin acil servis biriminde 15 hemşire ve bu birimde sabah, akşam ve gece vardiyaları bulunmaktadır. Çalışmada, hastanenin ve hemşirelerin uygun tercihlerini dikkate alarak ve vardiyalarda gerekli hemşire sayısını sağlayarak hemşirelerin verimliliğini ve memnuniyetlerini artırmayı amaçlamışlardır. Bu amaca göre hedeflerin esnek olmasına izin veren 0-1 tamsayılı hedef programlama yönteminin kullanıldığı bir model kurmuşlar ve kurulan modeli ILOG CPLEX programı ile çözmüşlerdir. Modelin program ile çözümlenmesi sonucunda acil servis hemşireleri için istenen hedeflere ulaşılmış, adil ve dengeli bir çizelge oluşturulmuştur.

Chiang, Jeang, Chiang, Chiang ve Chung (2019) çalışmasında, ameliyathane biriminde ameliyathanenin ve hemşirelerin aynı anda programlanmasının; personel memnuniyeti, verimliliğin artırılması, hastane bütçesinin azaltılması ve hizmet kalitesinin iyileştirilmesi için gerekli olduğunu vurgulamışlardır. Bu doğrultuda yaptıkları çalışmada, Tayvan'daki bir hastanenin ameliyathane birimindeki hemşirelerin ve ameliyathanenin planlanması amacıyla çok amaçlı bir matematiksel model kurmuşlardır. Kurdukları modelde; ameliyathanenin kullanımı, doluluk düzeyi, hasta bekleme süresi, hemşirelerin çalışma zamanları, izin günü tercihleri, ücretleri dahil olacak şekilde altı adet hedef belirlemişlerdir. Modelin çözümünü GAMS programında Modular Incore Non-linear Optimization System (MINOS) algoritması ile yapmışlardır.

Rerkjirattikal, Huynh, Olapiriyakul ve Supnithi (2020) çalışmasında, Tayland'daki bir hastanenin ameliyathane birimindeki hemşire çizelgeleme problemini ele almışlardır. Ameliyathane biriminde çalışan hemşirelerin vardiyalarında ve izin günlerinde bireysel tercihlerini ve iş yükü adaletini aynı anda

dikkate alan hemşire çizelgeleme problemi için bir hedef programlama modeli geliştirmişlerdir. Çalışmada ilk olarak hemşirelere 28 günlük bir zaman sürecinde tercih ettikleri vardiyaları ve izin günleri belirtmelerini istedikleri bir anket uygulanmıştır. Daha sonra ankettten elde edilen bilgilere göre oluşturulan hedef programlama modeli; dengesiz iş yükünü, dengesiz tercih edilen vardiyayı ve hemşirelerin aralarında dengesiz tercih edilen izin gününü en aza indirmek olan iş tatminini artırma hedeflerini aynı anda sağlamaya yönelik olarak formüle edilmiştir. Çalışmadaki hedef programlama modelini Opensolver 2.9.0 programı ile çözmüşlerdir.

Nasir, Bahrom, Shafii ve Nor (2021) çalışmasında, Malezya'daki Shah Alam Hastanesi'nin koroner bakım birimindeki hemşirelerin çizelgeleme problemi için hedef programlama modeli önerisinde bulunmuşlardır. Model, 15 hemşirenin 15 günde adil bir şekilde programlanmasını sağlamıştır. Daha sonra 225 gün için belirlenen 15 çizelge, hemşireler arasında döngüsel olarak kullanılmıştır. Modelin çözümünde LINGO paket programı kullanılmıştır.

Safitri, Basriati ve Putri (2021) çalışmasında, Endonezya, Pekanbaru'daki Aulia Hastanesi'nde bulunan tedavi odası, acil servis ve yoğun bakım birimi olmak üzere üç birimin hemşire çizelgelemesi için tamsayılı doğrusal programlama modeli kurmuşlardır. Modelin çözümü LINGO programıyla yapılmıştır. Modelin çözümü sonucunda elde edilen çizelge optimal olarak elde edilmiştir. Çalışma sonucundaki verilere göre, hastane için optimal bulunan çizelgenin manuel olarak yapılan çizelgeden daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Bayraktar ve Aytaç Adalı (2022) çalışmasında, Denizli'deki bir hastanenin çocuk acil biriminde görevli hemşirelerin vardiya çizelgeleme problemi için 0-1 tamsayılı hedef programlama modeli önerisinde bulunmuşlardır. Çalışmadaki model, birimde çalışan 20 hemşirenin 2019 yılı Haziran ve Temmuz aylarındaki çizelgeleri için kurulmuştur. Çalışmadaki modelde; adil bir çizelge oluşturmak için hemşirelerin toplam vardiya sayıları arasındaki farkın minimize edilmesi ve hemşirelerin taleplerine göre gece ve hafta sonu vardiyalarının mümkün olduğunca eşit dağıtılması amaçlanmıştır. Çalışmadaki model, GAMS programında modellenmiş ve neos-server.org'da Gurobi alt yapısıyla çözülmüştür. Çalışma sonucunda, haziran ve temmuz ayları için optimal çizelgeler elde edilmiştir.

Kaya (2022) çalışmasında, bir doğum hastanesinde hemşire çizelgeleme problemi için 0-1 tamsayılı hedef programlama modeli önerisinde bulunmuştur. Çalışmadaki doğum hastanesinde 20 hemşire ve sekizer saatlik sabah, akşam ve gece vardiyaları bulunmaktadır. Günlük gereken hemşire sayısı ve bazı hemşireler için özel kısıtlar göz önünde bulundurularak kurulan modelde, hemşirelerin vardiyalara adil ve dengeli bir şekilde atanmaları amaçlanmıştır. Kurulan modelin çözümünde ILOG CPLEX programı kullanılmıştır. Modelin çözümü sonucunda, hastaneye adil ve dengeli aylık bir hemşire çizelgesi önerisinde bulunulmuştur.

Nobil, Sharifnia ve Cárdenas-Barrón (2022) çalışmasında, değişken hastane maliyetlerini minimize etmek için aynı becerilere sahip personelin çizelgesini optimize etmeyi amaçlamışlardır. Bu amaca göre karma tamsayılı programlama modeli önerisinde bulunmuşlardır. Çalışma, İran'ın Tahran şehrindeki Pasargad Hastanesi'nde yapılmıştır. Çalışmadaki modelin çözümünde LINGO 18 programı kullanılmıştır. Çalışmadaki modelin çözümü sonucunda, birimler için nitelikli personel sayısı optimize edilmiş, çalışmada belirtilen ay için fazla mesai, gece çalışma ve tatilleri içeren değişken maliyetlerinde %10 azalma sağlanmıştır.

Yasan, Cesur, Aslan, Köse, Konyalıoğlu, Beldek ve Çebi (2022) çalışmasında, tüm gün hizmet veren hastanelerde çalışan hemşirelerin fiziksel ve psikolojik durumları ile verdikleri hizmetin ilişkili olduğunu, hemşirelerin verdikleri hizmetin kaliteli olabilmesi için mesai saatlerinin adil ve dengeli olması gerektiğini vurgulamışlardır. Bu görüş doğrultusunda, Yalova'daki özel bir hastanede hemşirelerin belirlenen iki vardiyaya eşit sayıda atanması için bir karma tamsayılı programlama modeli geliştirmişlerdir. Model, GAMS programı ile çözülmüştür.

Khalil ve Modibbo (2023) çalışmasında, hemşirelerin günlük vardiyaları, haftalık döngüsü, rotasyonları gibi tercihlerini dikkate aldıkları bir hemşire çizelgeleme probleminde 0-1 tamsayılı hedef programlama yöntemini kullanmışlardır. Çalışmadaki modelde; ikisi nöbetçi kadrosunda yer değiştiren

hemşireler, diğer ikisi de hemşirelerin hafta sonu ve planlama döngüsünde mümkün olan maksimum çalışma günleri ile ilgili dört farklı amaç fonksiyonu, zorunlu ve esnek kısıtlar bulunmaktadır. Çalışmadaki planlama, bir yıllık çizelge sağlayacak şekilde genişletilmiştir.

Tayyab, Ullah, Mahmood, Ghadi, Latif ve Aljuaid (2023) çalışmasında, hastanelerin verdikleri hizmetlerde kalitesini artırması ve kar elde edebilmesi için kaynaklarını verimli ve etkili bir şekilde planlanması gerektiğinin önemini vurgulamışlardır. Bu doğrultuda tüm planlama seviyelerinde kaynakların kullanımını maksimum düzeye çıkarmak için darboğaz vardiya kaynaklarının ameliyathaneler, yoğun bakım birimleri ve hastane servisleri arasında paylaştırılmasını dikkate alan bir karma tamsayılı doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir. Geliştirilen model, ILOG CPLEX 12.10 programıyla çözülmüştür.

Literatür araştırmasında Covid-19 pandemi döneminde farklı sektörlerdeki çizelgeleme problemlerinde matematiksel yöntemlerin kullanıldığı çalışmalar, bu çalışmalardan sağlık sektöründe matematiksel yöntemlerden hedef programlama yönteminin kullanıldığı üç çalışma bulunmuştur.

Ariyani, Rosyidi ve Aisyati (2021) çalışmasında, Sebelas Maret Üniversite Hastanesi'nde yatan Covid-19 hastalarının tedavisi için kullanılan özel bir odanın optimal çizelgesini belirlemek için hedef programlama yöntemini kullanarak bir model önerisinde bulunmuşlardır. Modelin çözümü için LINGO 11.0 paket programını kullanmışlardır. Modelin çözümü sonucunda her vardiya için gereken optimal hemşire sayıları bulunmuştur.

Cürebal ve Eren (2021) çalışmasında, Ankara'nın Yenimahalle bölgesinde hizmet veren bir hastanenin birimlerinde çalışan güvenlik görevlilerinin çizelgeleme problemi için bir karar destek mekanizması önerisinde bulunmuşlardır. Çalışmada, öncelikle vardiya çizelgelemesi yapılırken personel için belirlenen; dış görünüş, fiziksel durum, iletişim, müdahale becerisi, mesleki faaliyet, tecrübe başlıklarına göre bulunan yetkinlik puanlarının değerlendirilmesinde AHP ve TOPSIS yöntemleri, daha sonra personelin vardiyalara atanmasında hedef programlama yöntemi kullanılmıştır. Karar destek mekanizması önerisinin geliştirilmesinde ve hedef programlama modelinin çözümünde Python programını kullanmışlardır.

Koçak, Calku, Gündaş, Poyraz, Yazıcı ve Alakaş (2022) çalışmasında, Kırıkkale'nin bir ilçesinde yürütülen filyasyon çalışmalarında görevli 15 personelin olduğu personel çizelgeleme problemi için 0-1 tamsayılı hedef programlama modeli önerisinde bulunmuşlardır. Çalışmadaki modelde iki hedef kısıtı belirlenmiştir. Bunlar personelin toplam çalıştıkları gün sayısının eşit sayıda olması ve her personelin hafta sonu çalıştıkları toplam gün sayısının eşit sayıda olmasıdır. 0-1 tamsayılı hedef programlama modelinin ILOG CPLEX programı ile çözümü sonucunda, filyasyon ekibindeki her personel için toplam çalışılan gün sayısı ve hafta sonu çalışılan toplam gün sayısı açısından adil bir çizelge önerisinde bulunmuşlardır.

Literatürde; hastane genelinde veya hastanenin herhangi bir biriminde veya birden fazla biriminde personel çizelgeleme problemleri için hedef programlama yönteminin kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Fakat yapılan çalışmanın konusu ile ilgili olarak literatürde, Covid-19 pandemi döneminde sağlık personelinin çizelgeleme problemleri için hedef programlama yönteminin kullanıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Dolayısıyla yapılan çalışmayla literatüre katkıda bulunulacağı düşünülmektedir.

II. HEDEF PROGRAMLAMA YÖNTEMİ

Karar vericiler, gerçek yaşamdaki bir durumu birbirinden farklı birçok amaç ile değerlendirmek isteyebilir. Çizelgeleme problemleri, bu duruma örneklerden biridir. Çizelgeleme problemleri, genelde birden fazla farklı amacın aynı anda gerçekleştirileceği durumlardır. Çizelgelerin manuel olarak hazırlanması çoğu zaman zordur. Üstelik hazırlanan çizelgeler optimal olmayabilir. Çizelgelerin optimal olarak hazırlanabilmesi için matematiksel modellerin kullanılması, zaman kaybını ve hata yapılmasını

önlenebilir. Çizelgeleme problemlerinde en çok kullanılan matematiksel yöntem, hedef programlama yöntemidir.

Yöneylem araştırması alanında sıklıkla kullanılan bir yöntem olan hedef programlama, tek bir amaç yerine birden fazla farklı amacın üzerinde duran çok kriterli bir karar verme tekniğidir (Öztürk, 2009: 273).

Doğrusal programlama ile bir amaca ve bir ölçüğe göre oluşturulan problemlerin çözümü yapılırken, hedef programlama ile eşzamanlı olarak birden fazla ve farklı ölçekteki hedefler saptanabilmekte ve belirlenen kısıtlara göre bu hedeflere ulaşılmaya çalışılmaktadır (Alp, 2008: 75).

Hedef programlama, birden fazla doğrusal kısıtlamanın bulunduğu, tek bir amacın optimizasyonunu yapan doğrusal programlamanın bir uzantısıdır. Bir doğrusal programlama modelinin yapısında kullanılan temel adımlar ile bir hedef programlama modelinin yapısında kullanılan temel adımlar aynıdır. Fakat hedef programlama, doğrusal programlamadaki gibi hedefi doğrudan optimize (maksimize ve minimize) etmemekte, istenen hedefler ile gerçekleşen sonuçlar arasındaki sapmaları en aza indirmeye çalışılmaktadır (Rifai, 1996: 41).

Başka bir tanıma göre hedef programlama, birçok hedefin veya amacın olduğu doğrusal programlama problemlerine uygulanabilen bir yöntemdir. Doğrusal programlama, doğrudan amacı optimize etmek, hedef programlama ise hedef değerlerin ve gerçekleşen sonuçların arasındaki sapmaları minimize ederek çatışan amaçları yönetmek için kullanılmaktadır (Girginer & Kaygısız: 2009: 217–218; Leung, Wu & Lai, 2003: 427).

Hedef programlama yönteminin avantajları (Alp, 2008: 77–78; Supçiller & Erbilek, 2021: 9):

- Birden fazla hedefe sahip karar problemlerinin çözümü için kullanılabilirliği.
- Amacın öncelikleri açısından etkin çözüm sunması ve birbirine zıt amaçların amaç fonksiyonunda olmasına izin vermesidir.
- Zorunlu olmayan kısıtlar olan esnek kısıtlara izin vermesidir.
- Çözüm işlemlerinde doğrusal programlama problemlerinin çözümünde kullanılan Simpleks yönteminin kullanılabilirliği, Simpleks yöntemi ile hesaplamaların hızlı yapılabilmesi ve elde edilen sonuçların etkin olmasıdır.
- Doğrusal programlama yönteminde uygun çözüm mevcut olmayan problemler için hedef programlama yöntemi ile optimal çözüme yakın bir sonuç bulunabilirliği.

Hedef programlama yönteminin dezavantajları ise (Alp, 2008: 77-78; Supçiller & Erbilek, 2021: 9):

- Birden fazla hedefe sahip karar problemlerinin çözümü için kullanılabilirliğinden dolayı karmaşık bir yapıya sahip olabilir.
- Karar vericinin hedef değerleri, hedeflerin ağırlık ve öncelik seviyelerini belirlemesi subjektif bir durum oluşturmaktadır. Bu nedenle yöntemin uygulanması sonucunda elde edilen çözümün sonucunun, karar vericiler tarafından her zaman tatmin edici olmasını garanti edememesidir.

Hedef programlama ile ilgili yapılan ilk çalışma 1955 yılında Charnes, Cooper ve Ferguson tarafından yapılan “Optimal Estimation of Executive Compensation by Linear Programming” adlı çalışmadır. Bu çalışmada Charnes, Cooper ve Ferguson, doğrusal regresyon sorununu çözmek için doğrusal programlamanın değiştirilmiş versiyonunu kullanmışlar ve bu yaklaşımı kısıtlı regresyon olarak adlandırmışlardır. Daha sonra 1961 yılında Charnes ve Cooper tarafından yapılan “Management Models and Industrial Applications of Linear Programming” adlı çalışmada hedef programlamanın tanımı yapılmıştır. Bu çalışmada Charnes ve Cooper, birden fazla amaç veya hedefi içeren doğrusal modellerde kısıtlı regresyonun daha genel bir versiyonunu tanımlamışlardır (Charnes, Cooper & Ferguson, 1955; Charnes & Cooper, 1961; Ignizio, 1985: 12). Hedef programlama yöntemi, 1950’lerde bir gelişme göstermesine rağmen 1970’lerin ortalarından itibaren yapılan çalışmalar ile geliştirilerek önemli bir konu haline gelmiş ve çok kullanılan bir yöntem olmuştur (Ignizio, 1985: 9). Günümüzde

kadar yapılan çalışmalarla hedef programlama yöntemi, gerçek hayattaki problemlere uygulanabilirliği açısından birçok farklı alanda kullanılan etkin bir yöntem haline gelmiştir (Uludağ, 2010: 47).

Hedef programlama modeli genel olarak aşağıdaki şekilde gösterilmektedir (Charnes & Cooper, 1977: 41; Koçak ve ark., 2022: 1319):

Min Z: Minimize edilen amaç fonksiyonu

Karar Değişkenleri:

x_j : j. karar değişkeni

Hedef Sapma Değişkenleri:

d_i^- : i. hedefin negatif sapma değişkeni

d_i^+ : i. hedefin pozitif sapma değişkeni

Parametreler:

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

b_i : i. hedef için ulaşılmak istenen değer

modelde kullanılan değişkenler ve parametreler olmak üzere;

Matematiksel Model:

Amaç Fonksiyonu:

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

Kısıtlar:

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

İşaret Kısıtı:

$$x_j, d_i^-, d_i^+ \geq 0, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

Hedef programlama modeli, amaç fonksiyonundaki yapısına göre beş farklı sınıfa ayrılabilir (Öztürk, 2009: 281):

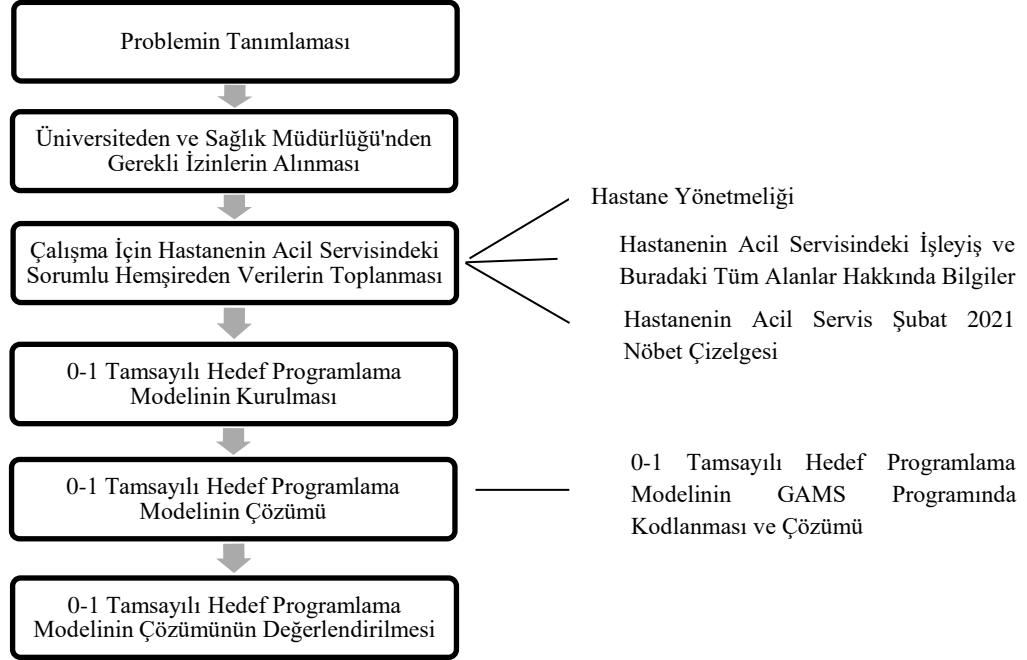
- Tek hedefli programlama
- Eşit ağırlıklı çok hedefli programlama
- Ağırlıklı çok hedefli programlama
- Öncelikli çok hedefli programlama
- Ağırlıklı-öncelikli çok hedefli programlama

Hedef programlama yönteminde kurulan modellerde çok sayıda değişken olduğundan bu modellerin farklı bilgisayar programları aracılığıyla kısa zamanda çözümü yapılabilir. Bu programlardan GAMS programı ile çalışmadaki nöbet çizelgesinin optimal planlanması için kurulan 0-1 tamsayılı hedef programlama modeli kodlanmış ve çözülmüştür.

III. COVID-19 PANDEMİ DÖNEMİNDE BİR DEVLET HASTANESİNİN ACİL SERVİSİNDEKİ SAĞLIK PERSONELİNİN NÖBET ÇİZELGELEME PROBLEMİ İÇİN 0-1 TAMSAYILI HEDEF PROGRAMLAMA UYGULAMASI

Çalışmada, Covid-19 pandemi döneminde Gümüşhane'deki bir devlet hastanesinin acil servis tüm alanlardaki sağlık personelinin (hemşire, acil tıp teknisyeni (ATT), ebe) bir aylık nöbet çizelgesi ve hastanenin yasal çalışma koşulları doğrultusunda kurulan 0-1 tamsayılı hedef programlama modeli ile

sağlık personelinin en verimli şekilde yararlanılacak ve iş yükü dağılımının optimum olmasını sağlayacak nöbet çizelgesi oluşturulması amaçlanmaktadır. Kurulan 0-1 tamsayılı hedef programlama modelinin kodlanmasında ve çözümünde GAMS 39.3.0 programı kullanılmıştır. Çalışmanın uygulama kısmında kullanılan akış şeması şekil 1’de verilmektedir.



Şekil 1. Uygulamada Kullanılan Akış Şeması

Acil servis tüm alanlardaki sağlık personelinin nöbet çizelgesi, acil servisteki işleyiş ve buradaki tüm alanlar hakkındaki bilgiler; Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'nun 26/10/2022 tarih ve 2022/6 sayılı kararı, Gümüşhane Sağlık Müdürlüğü'nün 28/11/2022 tarih ve E-51020271-771 sayılı kararı ile izin alındıktan sonra uygulama yapılan devlet hastanesinin acil servisindeki sorumlu hemşireden alınmıştır.

Hastanede çeşitli birimler bulunmaktadır. Bu birimler içerisinde en yoğun olan birim, acil servistir. Covid-19 pandemi döneminde acil servisteki yoğunluk daha da artmıştır. Bu dönem ile birlikte acil servis, hastaların durumuna göre çeşitli renklere ayrılmıştır. Hastalığın ciddiyetine göre acil servisteki tüm alanların sıralaması aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

- Triyaj: Hastaların acil servise giriş açmadan önce başvurduğu alandır. Burada hastanın vital bulguları alınır, genel durumu değerlendirilir. Hasta, kronik hastalık durumuna ve şikayetine göre uygun alana yönlendirilir.
- Yeşil Alan: Acil bir durumu olmayan, ayakta tedavi edilebilecek hastalar burada, hekim tarafından değerlendirilir. Hekim uygun görürse tedavi için hastayı sarı alana yönlendirir ya da buradan hastaya reçete düzenleyip taburcu eder.
- Sarı Alan: Triyaj personeli, vital bulguları aldıktan sonra hayatını tehdit edecek hastalığı ve yaralanması olmayan hastaları yönlendirdiği alandır.
- Travma Odası: Trafik kazası, düşme, silah yaralanmaları gibi durumların müdahalesinin yapıldığı alandır.
- Kırmızı Alan: Kardiyopulmoner resüstasyonun yapıldığı alandır.
- Müşahede Odası: Yeşil, sarı veya diğer alanda tedavi olan hastalara eğer serum tedavisi, EKG çekimi gibi işlemler yapılması gerekiyorsa bu alanda yapılır.

Uygulama için belirlenen devlet hastanesinin acil servis tüm alanlarında; 17 hemşire, 6 ATT (6 ATT'den 2 kişi sorumlu personel olup acil servis tüm alanlardaki nöbet çizelgesinde bulunmamakta, 08:00-17:00 saatleri arasında çalışmakta ve bu personel malzeme eksikliği, ilaç dizimi, malzeme sayımı, hafta sonu acil serviste sorun yaşanmaması için her hafta cuma günü malzeme istemi, nöbet değişiklikleri, formların doldurulması gibi görevleri yapmaktadırlar.), 2 ebe olmak üzere toplam 25 sağlık personeli bulunmaktadır. Bu 25 sağlık personelinin 23 sağlık personeli, acil servisteki tüm alanlarda aynı nöbet çizelgesinde bulunmakta ve görev ayrımı yapılmaksızın aynı işi yapmaktadırlar. Aylık nöbet çizelgelerinde alan ayrımı yapılmadan her sağlık personeli, ay içerisinde her alanda dönüşümlü olarak nöbet tutmaktadır.

Uygulama yapılan devlet hastanesinin acil servis tüm alanlardaki sağlık personelinin vardiyaları aşağıda belirtildiği gibi sarı alanda 3 ve triyajda 2 olmak üzere 5 vardiya grubuna ayrılmıştır:

- Sarı Alan (Müşahede): Hafta içi gündüz 08:00-16:00 olmak üzere 8 saat (Bu vardiya, uygulama için belirlenen devlet hastanesinin acil servis tüm alanlardaki sağlık personelinin Şubat 2021 nöbet çizelgesinde “sarı mesai” olarak adlandırılmaktadır.), hafta içi gece 16:00-08:00 olmak üzere 16 saat (Bu vardiya, uygulama için belirlenen devlet hastanesinin acil servis tüm alanlardaki sağlık personelinin Şubat 2021 nöbet çizelgesinde “sarı nöbet” olarak adlandırılmaktadır.) ve hafta sonu tam gün 08:00-08:00 olmak üzere 24 saat (Bu vardiya, uygulama için belirlenen devlet hastanesinin acil servis tüm alanlardaki sağlık personelinin Şubat 2021 nöbet çizelgesinde “24 (sarı) nöbet” olarak adlandırılmaktadır.) vardiyaları bulunmaktadır. Ayrıca bu devlet hastanesinin acil servis tüm alanlardaki sağlık personelinin nöbet çizelgesinde sarı alan içinde kırmızı alan ve travma alanları da yer almaktadır. Başka bir ifade ile sarı alandaki sarı mesaide ve sarı nöbette sağlık personeli aynı zamanda kırmızı alan ve travmada da görevli olup ayrıca bir vardiya durumu bulunmamaktadır.
- Triyaj: Her tam gün 08:00-08:00 olmak üzere 24 saat (Bu vardiya, uygulama için belirlenen devlet hastanesinin acil servis tüm alanlardaki sağlık personelinin Şubat 2021 nöbet çizelgesinde “triyaj 24 saat” olarak adlandırılmaktadır.) ve her yarım gün 08:00-24:00 olmak üzere 16 saat (Bu vardiya, uygulama için belirlenen devlet hastanesinin acil servis tüm alanlardaki sağlık personelinin Şubat 2021 nöbet çizelgesinde “triyaj nöbet” olarak adlandırılmaktadır.) vardiyaları bulunmaktadır.

Acil servis tüm alanlarda iş yoğunluğu düşünüldüğünde; takip süresi uzayan hastaların sayısına ve durumuna göre sağlık personelinin iş yükü artmakta dolayısıyla vardiyaların yoğunluğu sürekli değişiklik gösterebilmektedir. Ayrıca Covid-19 pandemisinden dolayı 08:00 ile 17:00 saatleri arasında acil serviste Covid-19 PCR testi yapıldığı için triyaj alanı, diğer alanlara göre biraz daha yoğun olmaktadır.

III.I. Problemin Tanımı

Uygulama için belirlenen devlet hastanesinde acil servis tüm alanlardaki sağlık personelinin (hemşire, ATT, ebe) 2021 yılının Şubat ayı nöbet çizelgesi acil servisteki sorumlu hemşireden alınmıştır. Hastanede her sağlık personelinin toplam vardiya sayısı herkese eşit olacak şekilde paylaştırılmaya özen gösterilse de 2021 Şubat ayı çizelgesi (tablo 1) incelendiğinde sağlık personelinin nöbetlerinin eşit dağılmadığı görülmektedir. Ayrıca Şubat 2021’de bir aylık izin alan sağlık personeli bulunmamaktadır. 2021 yılı Şubat ayı nöbet çizelgesindeki bilgiler (acil servis tüm alanlardaki vardiyalar ve sağlık personelinin sayısı) ve hastanenin yasal çalışma koşullarına göre model kurulmuş, kurulan modelin çözümü sonucunda sağlık personelinin optimum nöbet çizelgesi oluşturulmuştur. Bu model sayesinde ilerleyen süreçlerdeki nöbet çizelgeleme problemleri için oluşturulabilecek benzer modeller ile acil servisteki ve hatta benzer modeller ile hastanenin diğer birimlerindeki sağlık personeline adil nöbet çizelgeleri oluşturulabilecektir.

Uygulama için belirlenen devlet hastanesinde acil servis tüm alanlardaki sağlık personeli (hemşire, ATT, ebe) için hastanenin çalışma prensipleri aşağıda verilmektedir:

- Vardiyaya göre sağlık personelinin sayısı değişiklik göstermektedir. Yasal kısıtlarda sağlık personelinin bir haftada en az 40 saat çalışması gerekmektedir. Şubat ayı için acil servis tüm alanlardaki her sağlık personeli en az $20 \times 8 = 160$ saat (2021 yılı Şubat ayında hafta içi 20 gün vardır. 8 saat, sarı mesaideki (hafta içi gündüz) vardiya süresidir.) çalışmalıdır. Tablo 1'den 2021 yılı Şubat ayında belirledikleri günlerde izin alan personelin en az çalışma süreleri; 2. ve 6. personel için 120 saat, 5. ve 7. personel için 128 saat, 23. personel için 96 saat olmalıdır.
- Bir aylık dönemde her sağlık personelinin atandığı vardiya sayıları toplamının mümkün olduğunca eşit olması gerekmektedir.
- Her sağlık personeli, çalışma planında günlük belirlenen vardiyalardan yalnızca birinde çalışmalıdır.
- Acil serviste; sarı mesaide en az 3 en fazla 4, sarı nöbette 3, triyaj 24 saatte 1, triyaj nöbette 2, 24 (sarı) nöbette en az 3 en fazla 4 sağlık personeli çalışmalıdır.
- Acil serviste sağlık personeli; sarı mesaiden sonra nöbet tutabilir veya hafta içi 5 günde 8 saatlik sarı mesai yapabilir, diğer vardiyaların yani sarı nöbetin, triyaj 24 saat, triyaj nöbetin, 24 (sarı) nöbetin ertesi günü çalışmamalıdır.
- 8 saatlik sarı mesaiden sonra sağlık personeline en fazla 3 gün mesai veya nöbet yazılmayabilir. 16 saatlik nöbetlerden (sarı nöbet, triyaj nöbet) veya 24 saatlik nöbetlerden (triyaj 24 saat, 24 (sarı) nöbet) sonra sağlık personelinin nöbetinin bittiği gün en az 24 saat izinlidir ve olağanüstü durumlar haricinde hastaneye çağrılmaz. Bu nöbet sonrası izinler, nöbet çizelgesinin durumuna göre en fazla 3 gün olabilmektedir.

III.II. Problem İçin Önerilen 0-1 Tamsayılı Hedef Programlama Modeli

Hastanenin acil servis tüm alanlardaki çalışma prensipleri, acil servisteki tüm alanlar ve bu alanlardaki vardiyalar, vardiyalardaki sağlık personelinin sayısı göz önünde bulundurularak acil servis tüm alanlardaki sağlık personelinin nöbet çizelgesinin optimal olmasını sağlayacak 0-1 tamsayılı hedef programlama modeli önerisinde bulunulmuştur. Önerilen model aşağıda verilmektedir.

Problemdeki İndisler ve Kümeler:

i: Hastanede acil servis tüm alanlardaki sağlık personeli, $i = 1, 2, \dots, 23$

j: 2021 yılı Şubat ayındaki günler, $j = 1, 2, \dots, 28$

A: Hafta içi günler kümesi $A = \{1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26\}$

B: Hafta sonu günler kümesi $B = \{6, 7, 13, 14, 20, 21, 27, 28\}$

k: Hastanede acil servis tüm alanlardaki vardiyalar, $k = 1, 2, 3, 4, 5$ (Burada vardiyalar hastane nöbet çizelgesine göre sırasıyla; 1: sarı mesai (hafta içi gündüz 08:00-16:00), 2: sarı nöbet (hafta içi gece 16:00-08:00), 3: triyaj 24 saat (her tam gün 08:00-08:00), 4: triyaj nöbet (her yarım gün 08:00-24:00), 5: 24 (sarı) nöbet (hafta sonu tam gün 08:00-08:00) ile gösterilmektedir.)

Problemdeki Karar Değişkenleri:

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1, & i. \text{ personel } j. \text{ günde } k. \text{ vardiyada çalışırsa,} & i = 1, 2, \dots, 23 \\ 0, & \text{diğer durumda,} & j = 1, 2, \dots, 28, k = 1, 2, \dots, 5 \end{cases}$$
$$t_{ij} = \begin{cases} 1, & i. \text{ sağlık personeli } j. \text{ günde izinli ise} & i = 1, 2, \dots, 23 \\ 0, & \text{diğer durumda,} & j = 1, 2, \dots, 28 \end{cases}$$

Problemdeki Hedef Sapma Değişkenleri:

Modelde sapmaları en aza indirmek için üç adet hedef kısıtı belirlenmiş ve bu hedeflere ait sapma değişkenlerinin açıklamaları aşağıda verilmektedir.

d_i^- : 2021 Şubat ayı için i. sağlık personelinin sarı mesailerindeki toplam mesai sayısının hedeften negatif sapması

d_i^+ : 2021 Şubat ayı için i. sağlık personelinin sarı mesailerindeki toplam mesai sayısının hedeften pozitif sapması

e_i^- : 2021 Şubat ayı için i. sağlık personelinin sarı nöbetlerindeki ve triyaj nöbetlerindeki toplam nöbet sayısının hedeften negatif sapması

e_i^+ : 2021 Şubat ayı için i. sağlık personelinin sarı nöbetlerindeki ve triyaj nöbetlerindeki toplam nöbet sayısının hedeften pozitif sapması

f_i^- : 2021 Şubat ayı için i. sağlık personelinin triyaj 24 saat nöbetlerindeki ve 24 (sarı) nöbetlerindeki toplam nöbet sayısının hedeften negatif sapması

f_i^+ : 2021 Şubat ayı için i. sağlık personelinin triyaj 24 saat nöbetlerindeki ve 24 (sarı) nöbetlerindeki toplam nöbet sayısının hedeften pozitif sapması

olarak belirlenmiştir.

Problemin Matematiksel Modeli:

Amaç Fonksiyonu:

$$Z_{min} = \sum_{i=1}^{23} (d_i^- + d_i^+ + e_i^- + e_i^+ + f_i^- + f_i^+) \quad (4)$$

Kısıtlar:

1. Kısıt: Acil serviste her sağlık personeli Şubat ayında en az 160 saat çalışmalıdır. (1: sarı mesai vardiyası 8 saat, 2: sarı nöbet vardiyası 16 saat, 3: triyaj 24 saat vardiyası 24 saat, 4: triyaj nöbet vardiyası 16 saat, 5: 24 (sarı) nöbet vardiyası 24 saattir.)

$$8 \sum_{j=1}^{28} x_{ij1} + 16 \sum_{j=1}^{28} x_{ij2} + 24 \sum_{j=1}^{28} x_{ij3} + 16 \sum_{j=1}^{28} x_{ij4} + 24 \sum_{j=1}^{28} x_{ij5} \geq 160, i = 1, 2, \dots, 23 \quad (5)$$

2. Kısıt: Acil serviste her sağlık personeli, nöbet çizelgesinde günlük belirlenen vardiyalardan yalnızca birinde çalışmalıdır.

$$\sum_{k=1}^5 x_{ijk} \leq 1, i = 1, 2, \dots, 23, j = 1, 2, \dots, 28 \quad (6)$$

3. Kısıt: Acil serviste her sarı mesaide (hafta içi gündüz 08:00-16:00) en az 3 en fazla 4 sağlık personeli çalışmalıdır.

$$\sum_{i=1}^{23} x_{ij1} \geq 3, j \in A \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^{23} x_{ij1} \leq 4, j \in A \quad (8)$$

4. Kısıt: Acil serviste her sarı nöbette (hafta içi gece 16:00-08:00) 3 sağlık personeli çalışmalıdır.

$$\sum_{i=1}^{23} x_{ij2} = 3, j \in A \quad (9)$$

5. Kısıt: Acil serviste her triyaj 24 saatte (her tam gün 08:00-08:00) 1 sağlık personeli çalışmalıdır.

$$\sum_{i=1}^{23} x_{ij3} = 1, j = 1, 2, \dots, 28 \quad (10)$$

6. Kısıt: Acil serviste her triyaj nöbette (her yarım gün 08:00-24:00) 2 sağlık personeli çalışmalıdır.

$$\sum_{i=1}^{23} x_{ij4} = 2, j = 1, 2, \dots, 28 \quad (11)$$

7. Kısıt: Acil serviste her 24 (sarı) nöbette (hafta sonu tam gün 08:00-08:00) en az 3 en fazla 4 sağlık personeli çalışmalıdır.

$$\sum_{i=1}^{23} x_{ij5} \geq 3, j \in B \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^{23} x_{ij5} \leq 4, j \in B \quad (13)$$

8. Kısıt: Acil servisteki sağlık personeli, sarı nöbetin, triyaj 24 saatin, triyaj nöbetin ve 24 (sarı) nöbetin ertesi günü çalışmamalıdır.

$$x_{ij2} + \sum_{k=1}^5 x_{i(j+1)k} \leq 1, i = 1, 2, \dots, 23, j = 1, 2, \dots, 27 \quad (14)$$

$$x_{ij3} + \sum_{k=1}^5 x_{i(j+1)k} \leq 1, i = 1, 2, \dots, 23, j = 1, 2, \dots, 27 \quad (15)$$

$$x_{ij4} + \sum_{k=1}^5 x_{i(j+1)k} \leq 1, i = 1, 2, \dots, 23, j = 1, 2, \dots, 27 \quad (16)$$

$$x_{ij5} + \sum_{k=1}^5 x_{i(j+1)k} \leq 1, i = 1, 2, \dots, 23, j = 1, 2, \dots, 27 \quad (17)$$

9. Kısıt: Acil servisteki sağlık personeli, izinli olduğu gün çalışmamalıdır.

$$t_{ij} + \sum_{k=1}^5 x_{ijk} = 1, i = 1, 2, \dots, 23, j = 1, 2, \dots, 28 \quad (18)$$

10. Kısıt: Acil servisteki sağlık personeli, ard arda en fazla 3 gün çalışmayabilir. (Başka bir ifadeyle herhangi bir mesai ve nöbet yazılmayabilir.)

$$t_{ij} + t_{i(j+1)} + t_{i(j+2)} + t_{i(j+3)} \leq 3, i = 1, 2, \dots, 23, j = 1, 2, \dots, 25 \quad (19)$$

11. Kısıt: 23. sağlık personeli 1-10 günlerinde herhangi bir vardiyada olmamalıdır.

$$\sum_{k=1}^5 x_{23jk} = 0, j = 1, 2, \dots, 10 \quad (20)$$

12. Kısıt: 6. sağlık personeli 8-12 günlerinde herhangi bir vardiyada olmamalıdır.

$$\sum_{k=1}^5 x_{6jk} = 0, j = 8, 9, \dots, 12 \quad (21)$$

13. Kısıt: 5. sağlık personeli 16-19 günlerinde herhangi bir vardiyada olmamalıdır.

$$\sum_{k=1}^5 x_{5jk} = 0, j = 16, 17, 18, 19 \quad (21)$$

14. Kısıt: 7. sağlık personeli 16-19 günlerinde herhangi bir vardiyada olmamalıdır.

$$\sum_{k=1}^5 x_{7jk} = 0, j = 16, 17, 18, 19 \quad (22)$$

15. Kısıt: 2. sağlık personeli 22-28 günlerinde herhangi bir vardiyada olmamalıdır.

$$\sum_{k=1}^5 x_{2jk} = 0, j = 22, 23, \dots, 28 \quad (23)$$

Hedefler:

Önerilen modeldeki sapmaları en aza indirmek için üç adet hedef kısıtı belirlenmiştir.

1. Hedef: Sağlık personelinin sarı mesailerinde (8 saat) çalışma süreleri mümkün olduğunca eşit olmalıdır.

$$8 \sum_{j=1}^{28} x_{ij1} + d_i^- - d_i^+ = 16, i = 1, 2, \dots, 23 \quad (24)$$

2. Hedef: Sağlık personelinin sarı nöbetlerinde (16 saat) ve triyaj nöbetlerinde (16 saat) toplam çalışma süreleri mümkün olduğunca eşit olmalıdır.

$$16 \sum_{j=1}^{28} x_{ij2} + 16 \sum_{j=1}^{28} x_{ij4} + e_i^- - e_i^+ = 80, i = 1, 2, \dots, 23 \quad (25)$$

3. Hedef: Sağlık personelinin triyaj 24 saat nöbetlerinde (24 saat) ve 24 (sarı) nöbetlerinde (24 saat) toplam çalışma süreleri mümkün olduğunca eşit olmalıdır.

$$24 \sum_{j=1}^{28} x_{ij3} + 24 \sum_{j=1}^{28} x_{ij5} + f_i^- - f_i^+ = 48, i = 1, 2, \dots, 23 \quad (26)$$

İşaret Kısıtı:

Hastanenin mevcut nöbet çizelgesi olan tablo 1 ile hastaneye önerilen modelin çözümü sonucunda bulunan optimal nöbet çizelgesi olan tablo 2 karşılaştırıldığında acil servisteki sağlık personelinin;

- 8 saatlik vardiya olan sarı mesailerinde çalışma süreleri mümkün olduğunca dengeli bir şekilde dağıtılmıştır.
- 16 saatlik vardiyalar olan sarı nöbetlerinin ve triyaj nöbetlerinin toplam çalışma süreleri mümkün olduğunca dengeli bir şekilde dağıtılmıştır.
- 24 saatlik vardiyalar olan triyaj 24 saat nöbetlerinin ve 24 (sarı) nöbetlerinin toplam çalışma süreleri mümkün olduğunca dengeli bir şekilde dağıtılmıştır.

Böylece hastane tarafından manuel olarak hazırlanan nöbet çizelgesindeki (tablo 1) dengeli olmayan dağıtımların optimal nöbet çizelgesinde (tablo 2) ortadan kalktığı görülmektedir. Ayrıca tablo 2'deki 2., 5., 6., 7. ve 23. sağlık personelinin 8 saatlik vardiyadaki çalışma süreleri, 16 saatlik vardiyalardaki toplam çalışma süreleri ve 24 saatlik vardiyalardaki toplam çalışma süreleri incelendiğinde; 4 gün izin alan 5. ve 7. sağlık personelinin, 5 gün izin alan 6. sağlık personelinin 8, 16 ve 24 saatlik vardiya sayıları izin almayan sağlık personelinin 8, 16 ve 24 saatlik vardiya sayılarına benzer, 7 gün izin alan 2. sağlık personelinin ve 10 gün izin alan 23. sağlık personelinin 8 ve 16 saatlik vardiya sayıları izin almayan sağlık personelinin 8 ve 16 saatlik vardiya sayılarına benzer, 7 gün izin alan 2. sağlık personelinin ve 10 gün izin alan 23. sağlık personelinin 24 saatlik vardiya sayıları izin almayan sağlık personelinin 24 saatlik vardiya sayılarına mümkün olduğunca yakın olacak şekilde dağıtım yapılmıştır.

Yukarıdaki sonuçlara ek olarak tablo 2'de, nöbet çizelgesindeki vardiyalarda olması gereken sağlık personeli sayıları da karşılanmıştır. Oluşturulan optimal çizelge ile hem hastanenin acil servis tüm alanlar için belirlediği çalışma şartları sağlanmış, hem de sağlık personeli için daha dengeli bir atama yapılarak nöbet çizelgesi oluşturulmuştur. Üstelik bu optimal çizelge ile acil servis tüm alanlarda Covid-19 pandemi dönemindeki yoğunlukta vardiyalarda fazla sayıda nöbet tutan sağlık personelinin verimliliğinin artması, bedenindeki ve zihnindeki negatif baskının azaltılması sağlanacaktır. Bu durum hastayı da pozitif yönde etkileyecektir. İleride yaşanabilecek yoğun dönemlerde, bu çalışmada önerilen modele benzer şekilde kurulacak modellerin çözümü sonucunda oluşturulacak optimal nöbet çizelgeleri ile bu yoğun dönemlerin bile iyi bir şekilde yönetilmesi sağlanacaktır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Hastanelerde sağlık personelinin verimli ve etkin olabilmesi için planlı bir şekilde çalışması önemlidir. Bu planlama sadece sağlık personelinin memnun olması için değil aynı zamanda hasta memnuniyeti için de gereklidir. Hastanelerin planlamalarında, sağlık personelinin vardiyalara adil bir şekilde dağıtımının yapılması gerekmektedir. Sağlık personelinin vardiyalara atanmaları için hazırlanan çizelgeler birçok kısıtı içeren ve birden fazla hedefi olan karmaşık problemlerdir. Tüm kısıtlar ve hedefler göz önünde bulundurularak çizelgelerin manuel olarak hazırlanması, üstelik bu çizelgelerin dengeli olmasının yanı sıra her haftada ya da ayda bu işlemin tekrarlanması hazırlayan personel için yorucu bir süreç olmakta ve zaman kaybına yol açmaktadır. Personel çizelgelerinin manuel yerine matematiksel modeller kullanılarak hazırlanması çizelgelerin optimal hale gelmesini sağlamaktadır.

Artan nüfus hastanelerde yoğunluk yaşanmasına neden olmaktadır. Bu durum hastanelerin planlamalarında aksaklıkların oluşmasına, sağlık personelinin bedensel ve zihinsel olarak yorulmasına, hastaların aldıkları sağlık hizmetinden memnun kalmamasına, hastanelerin yönetimlerinde memnuniyetsizliğe yol açabilmektedir. Diğer yandan bazen dönemsel olarak bazı bölgelerde yaşanan salgınlar hastanelerdeki yoğunluğu artırmaktadır. Hatta yakın bir zamanda küresel olarak yaşanan Covid-19 pandemisi hastanelerdeki yoğunluğu daha da artırmıştır. Böyle dönemlerde de hastanelerdeki personel çizelgelerinde matematiksel modellerin kullanılarak optimal planlanması, sürecin en iyi şekilde yürütülmesini sağlayacaktır.

Bu çalışmada, Covid-19 pandemi döneminde hastanelerde yoğun bir birim olan acil serviste nöbet çizelgesinin optimal planlanması amaçlanmıştır. Çalışmada hastane olarak Gümüşhane'deki bir devlet hastanesi belirlenmiştir. Optimal planlama için bu devlet hastanesinin acil servis tüm alanlarındaki işleyiş ve buradaki sağlık personelinin 2021 yılının Şubat ayı nöbet çizelgesi sorumlu hemşireden alınmıştır. Bu nöbet çizelgesindeki verilere ve alınan bilgilere göre 0-1 tamsayılı hedef programlama modeli kurulmuştur. Model, GAMS 39.3.0 programında kodlanılarak çözülmüştür. Modelin çözümü sonucunda, uygulama için belirlenen devlet hastanesinin acil servis tüm alanlardaki sağlık personelinin Covid-19 pandemi dönemindeki bir aylık optimal nöbet çizelgesi elde edilmiştir. Optimal çizelgede (tablo 2) sağlık personelinin acil servis alanlarından; 8 saatlik vardiya olan sarı mesailerde çalışma süreleri, 16 saatlik vardiyalar olan sarı nöbetlerde ve triyaj nöbetlerde toplam çalışma süreleri, 24 saatlik vardiyalar olan triyaj 24 saat nöbetlerde ve 24 (sarı) nöbetlerde toplam çalışma süreleri mümkün olduğunca dengeli dağıtılmıştır. Başka bir ifade ile hastane çizelgesindeki (tablo 1) acil servis tüm alanlardaki sağlık personelinin dengesiz vardiya durumu 0-1 tamsayılı hedef programlama yöntemi kullanılarak yapılan optimal çizelgeleme sonucunda dengeli (tablo 2) bir hale getirilmiştir. Ayrıca optimal çizelgede, acil servisteki tüm alanlarda günlük çalışması gereken sağlık personeli sayıları da sağlanmıştır. Böylece hastanelerde yoğun dönemler için nöbet çizelgelemesi problemine model önerisinde bulunularak bu dönemlerin de sağlık personeli, hastane ve özellikle hasta için iyi bir şekilde yönetilebileceği gösterilmiştir. Ek olarak, çalışmada elde edilen optimal çizelge için hastane ile iletişime geçilerek sorumlu hemşireye modelin nasıl kurulduğu ve çözümlendiği hakkında bilgi verilecektir.

Her problemin kendi içerisinde farklı dinamikleri bulunmaktadır. Çalışma Covid-19 pandemi döneminde bir hastanenin acil servisinde hemşire çizelgesinin optimal planlamasıyla amacıyla yapıldığından, ileride bölgesel yaşanabilecek salgın durumlarında hastanenin yasal çalışma şartlarına, acil servisin çalışma koşulları, sağlık personelinin sayısı, sağlık personelinin vardiyaları, izinleri, tercihleri vb. oluşturulacak kısıtlar ve belirlenecek hedefler için bu çalışmadaki hedef programlama modeli düzenlenerek yeni çalışmalar yapılabilir. Yapılan çalışmada zorunlu ve esnek kısıtlar belirlenmemiştir. Bu çalışmaya zorunlu ve esnek kısıtlar eklenerek çalışma geliştirilebilir. Ayrıca çalışmada, 8, 16 ve 24 saatlik vardiyalardaki toplam çalışma sürelerinin ayrı ayrı eşit olması şeklinde belirlenen hedef kısıtlarının yanı sıra veya bu kısıtlar yerine örneğin 8 saatlik sarı mesainin diğer vardiyalardan fazla sayıda olması, her personel için izinlerin eşit sayıda olması, her bir sağlık personelinin bir aylık çalışma süresinde x saate (Sorumlu hemşire ile konuşularak belirlenebilir.) çalışma süresini tamamlaması gibi hedef kısıtları eklenebilir. Benzer şekilde bu çalışmadaki kısıtlar ve hedefler, normal dönemlerde nüfus yoğunluğu fazla olan illerdeki üniversite, şehir veya devlet hastanelerinin acil servisleri için belirlenecek hedeflere ve kısıtlara göre düzenlenerek hedef programlama modeli kurulabilir ve kurulan modellerin çözümlenmesi sonucunda hemşire çizelgelerinde optimal planlamalar yapılabilir.

İleride yapılacak çalışmalarda, hastanenin farklı birimlerinde veya hastanenin tüm birimlerinde görev yapan sağlık personeli veya doktorlar için hedef programlama modelleri kurulabilir. Kurulacak modellerde hastanenin çalışma şartları, sağlık personelinin veya doktorlardan hangi grubun vardiya veya nöbet çizelgeleri optimal planlanacaksa bu grubun çalışma günleri, izin günleri, tercihleri, personelin kıdem, hamilelik, engelli olması vb. kısıtlar dikkate alınabilir. Kısıtlar, zorunlu ve esnek kısıtlar olarak oluşturulacak şekilde hedef programlama modelleri kurulabilir. Hedef programlama modellerinde hedef kısıtları; öncelikli, ağırlıklı veya ağırlıklı- öncelikli olacak şekilde oluşturulabilir. Hemşire çizelgeleme problemlerinde yalnızca hemşire çizelgelerinin optimal planlanması için değil hastane maliyetlerini minimize edecek çalışmalar yapılabilir. Ayrıca hedef programlama, birden fazla hedefe sahip karar verme problemlerinde kullanılmasından dolayı diğer matematiksel yöntemlere göre her ne kadar avantaj olsa da her bir belirlenecek hedef ve her bir eklenecek kısıt için problem daha da karmaşık hale gelecektir. Bir diğer durum da hedef programlama yönteminde hedef değerlerinin karar verici tarafından belirlenmesinden dolayı subjektif bir duruma neden olmasıdır. Bu durumda hedef değerlerin bulunması için AHP veya ANP gibi çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılabilir. Hedef programlama yönteminin uygulanacağı problemleri kurarken bu durumların göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Daha sonraki çalışmalarda, hedef programlama yönteminin yanı sıra sezgisel yöntemler veya karar destek sistemleri kullanılarak hibrit yöntemler ile hemşire çizelgeleme problemleri için çalışmalar yapılabilir. Ek olarak geçmişte yapılan çalışmalardaki modeller hedef

programlama yöntemiyle geliştirilerek veya birden fazla çalışmadaki modeller birleştirilerek veya birleştirilip geliştirilerek hemşire çizelgeleme problemlerinin çözümünde kullanılabilir. Çalışmalarda problemler için kurulacak hedef programlama modellerinin kodlanması ve çözümü için farklı paket programlar kullanılabilir.

KAYNAKÇA

- Agyei, W., Obeng-Denteh, W., & Andaam, E. A. (2015). Modeling nurse scheduling problem using 0-1 goal programming: A case study of Tafo Government Hospital, Kumasi-Ghana. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 4(3), 5–10.
- Alp, S. (2008). Doğrusal hedef programlama yönteminin otobüsle kent içi toplu taşıma sisteminde kullanılması. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(13), 73–91.
- Ang, B. Y., Lam, S. S. W., Pasupathy, Y., & Ong, M. E. H. (2018). Nurse workforce scheduling in the emergency department: A sequential decision support system considering multiple objectives. *Journal of Nursing Management*, 26(4), 432–441. DOI: 10.1111/jonm.12560
- 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*, 1096, IOP Publishing. DOI: 10.1088/1757-899x/1096/1/012022
- Arthur, J. L., & Ravindran, A. (1981). A multiple objective nurse scheduling model. *AIIE Transactions*, 13(1), 55–60. DOI: 10.1080/05695558108974536
- Atmaca, E., Pehlivan, C., Aydoğdu, C. B., & Yakıcı, M. (2012). Hemşire çizelgeleme problemi ve uygulaması. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 28(4), 351–358.
- Azaiez, M. N., & Al Sharif, S. S. (2005). A 0-1 goal programming model for nurse scheduling. *Computers & Operations Research*, 32(3), 491–507. DOI: 10.1016/S0305-0548(03)00249-1
- 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.
- Bayraktar, E., & Aytac Adalı, E. (2022). Hemşire çizelgeleme probleminde tam sayılı hedef programlama modeli ve çocuk acil bölümünde bir uygulama. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(2), 246–260. DOI: 10.25287/ohuiibf.855824
- Berrada, I., Ferland, J. A., & Michelon, P. (1996). A multi-objective approach to nurse scheduling with both hard and soft constraints. *Socio-Economic Planning Sciences*, 30(3), 183–193. DOI: 10.1016/0038-0121(96)00010-9
- Charnes, A., & Cooper, W. W. (1961). *Management models and industrial applications of linear programming*. New York: John Wiley and Sons.
- Charnes, A., & Cooper, W. W. (1977). Goal programming and multiple objective optimizations: Part 1. *European Journal of Operational Research*, 1(1), 39–54. DOI: 10.1016/S0377-2217(77)81007-2
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Ferguson, R. O. (1955). Optimal estimation of executive compensation by linear programming. *Management Science*, 1(2), 138–151. DOI: 10.1287/mnsc.1.2.138
- Chiang, A. J., Jeang, A., Chiang, P. C., Chiang, P. S., & Chung, C. P. (2019). Multi-objective optimization for simultaneous operating room and nursing unit scheduling. *International Journal of Engineering Business Management*, 11, 1–20. DOI: 10.1177/1847979019891022
- Cürebil, A., & Eren, T. (2021). COVID-19 pandemi riski durumunda yetkinlik bazlı güvenlik personeli vardiya çizelgeleme probleminin çözümü. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 36(3), 1483–1497. DOI: 10.17341/gazimmfd.769547
- Girginer, N., & Kaygısız, Z., (2009). İstatistiksel yazılım seçiminde analitik hiyerarşi süreci ve 0-1 hedef programlama yöntemlerinin birlikte kullanımı. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1), 211–233.
- Güngör, İ. (2002). Hemşire görevlendirme ve çizelgeleme sorununa bir model önerisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(2), 77–94.
- Ignizio, J. P. (1985). *Introduction to linear goal programming*. Beverly Hills: Sage Publications.

- Ismail, W. R., & Jenal, R. (2013, April). Master plan nurse duty roster using the 0-1 goal programming technique. In *AIP Conference Proceedings*, 1522, 1394–1400, AIP Publishing. DOI: 10.1063/1.4801292
- Jafari, H., Bateni, S., Daneshvar, P., Bateni, S., & Mahdioun, H. (2016). Fuzzy mathematical modeling approach for the nurse scheduling problem: A case study. *International Journal of Fuzzy Systems*, 18, 320–332. DOI: 10.1007/s40815-015-0051-2
- Jaumard, B., Semet, F., & Vovor, T. (1998). A generalized linear programming model for nurse scheduling. *European Journal of Operational Research*, 107(1), 1–18. DOI: 10.1016/s0377-2217(97)00330-5
- Jenal, R., Ismail, W. R., Yeun, L. C., & Oughalime, A. (2011). A cyclical nurse schedule using goal programming. *ITB Journal of Science*, 43A(3), 151–164. DOI: 10.5614/itbj.sci.2011.43.3.1
- Kaya, S. (2022). Özel kısıtlı hemşire çizelgeleme probleminin çözümü için hedef programlama model önerisi. *International Journal of Engineering Research and Development*, 14(2), 895–906. DOI: 10.29137/umagd.1095873
- Khalil, S., & Modibbo, U. M. (2023). Multiobjective optimization for hospital nurses scheduling problem using binary goal programming. In S. D. Jabeen, J. Ali, & O. Castillo (Ed.), *Soft Computing and Optimization: SCOTA 2021* (pp. 255–270), Springer Proceedings in Mathematics & Statistics, Vol. 404, Singapore: Springer. DOI: 10.1007/978-981-19-6406-0_21
- Koçak, M., Calku, F., Gündaş, M., Poyraz, Z., Yazıcı, E., & Alakaş, H. M. (2022). Ekip çizelgeleme problemi: Filyasyon ekibi çizelgeleme. *Journal of Turkish Operations Management*, 6(2), 1314–1326. DOI: 10.56554/jtom.1101762
- Leung, S. C. H., Wu, Y., & Lai, K. K. (2003). Multi-site aggregate production planning with multiple objectives: A goal programming approach. *Production Planning & Control*, 14(5), 425–436. DOI: 10.1080/0953728031000154264
- 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. DOI: 10.5923/j.mm.20120205.03
- Musa, A. A., & Saxena, U. (1984). Scheduling nurses using goal-programming techniques. *IIE Transactions*, 16(3), 216–221. DOI: 10.1080/07408178408974687
- Nasir, D. S. M., Bahrom, 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. DOI: 10.24191/jcrinn.v6i1.175
- Nobil, A. H., Sharifnia, S. M. E., & Cárdenas-Barrón, L. E. (2022). Mixed integer linear programming problem for personnel multi-day shift scheduling: A case study in an Iran hospital. *Alexandria Engineering Journal*, 61(1), 419–426. DOI: 10.1016/j.aej.2021.06.030
- Ozkarahan, I., & Bailey, J. E. (1988). Goal programming model subsystem of a flexible nurse scheduling support system. *IIE Transactions*, 20(3), 306–316. DOI: 10.1080/07408178808966185
- Öztürk, A. (2009). *Yöneylem araştırması*. 12. Baskı, Bursa: Ekin Yayınevi.
- 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*, 1–11. DOI: 10.1155/2020/2379091
- Rifai, A. K. (1996). A note on the structure of the goal-programming model: Assessment and evaluation. *International Journal of Operations & Production Management*, 16(1), 40–49. DOI: 10.1108/01443579610106355
- Safitri, E., Basriati, S., & Putri, R. E. (2021). Optimasi penjadwalan perawat menggunakan integer linear programming (studi kasus: RS. Aulia Hospital Pekanbaru). *Jurnal Fourier*, 10(1), 45–56. DOI: 10.14421/fourier.2021.101.45-56
- Sulak, H., & Bayhan, M. (2016). A model suggestion and an application for nurse scheduling problem. *Journal of Research in Business, Economics and Management*, 5(5), 755–760.
- Supçiller, A. A., & Erbilek, P. (2021). Analitik hiyerarşi prosesi ve hedef programlama ile bir üniversite kütüphanesindeki kısmi zamanlı personellerin çizelgelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(1), 1-12.
- T.C. Sağlık Bakanlığı (2021). <https://www.saglik.gov.tr/TR,79465/koronavirus-bilim-kurulu-toplantısına-iliskin-aciklama-03032021.html> Erişim Tarihi: 10.09.2022

- Taylor, A. M. (1940). A staff nurse program. *The American Journal of Nursing*, 40(2), 137–145. DOI: 10.2307/3414625
- Tayyab, A., Ullah, S., Mahmood, T., Ghadi, Y. Y., Latif, B., & Aljuaid, H. (2023). Modeling of multi-level planning of shifting bottleneck resources integrated with downstream wards in a hospital. *Applied Sciences*, 13(6), 3616. DOI: 10.3390/app13063616
- Topaloglu, S. (2006). A multi-objective programming model for scheduling emergency medicine residents. *Computers & Industrial Engineering*, 51(3), 375–388. DOI: 10.1016/j.cie.2006.08.003
- Topaloglu, S., & Selim, H. (2010). Nurse scheduling using fuzzy modeling approach. *Fuzzy Sets and Systems*, 161(11), 1543–1563. DOI: 10.1016/j.fss.2009.10.003
- Trivedi, V. M. (1981). A mixed-integer goal programming model for nursing service budgeting. *Operations Research*, 29(5), 1019–1034. DOI: 10.1287/opre.29.5.1019
- Türkiye Bilimler Akademisi (2020). *Covid-19 pandemi değerlendirme raporu*. Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları, TÜBA Raporları No: 34, Ankara. <https://www.tuba.gov.tr/files/images/2020/kovidraporu/Covid-19%20Raporu-Final+.pdf> Erişim Tarihi: 15.10.2022
- Uludağ, N. (2010). *Bulanık optimizasyon ve doğrusal hedef programlama yaklaşımları ile otobüs hatlarının modellenmesi*. (Doktora Tezi). Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Varlı, E., & Eren, T. (2017). Hemşire çizelgeleme problemi ve hastanede bir uygulama. *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, 5(1), 34–40. DOI: 10.21541/apjes.73975
- Uslu, B., Bedir, N., Gür, Ş. & Eren, T. (2018). 0-1 hedef programlama yöntemi kullanılarak hemşire çizelgeleme probleminin çözümü. *Sağlık Akademisi Kastamonu*, 3(3), 148-170. DOI: 10.25279/sak.383756
- Wang, S. P., Hsieh, Y. K., Zhuang, Z. Y., & Ou, N. C. (2014). Solving an outpatient nurse scheduling problem by binary goal programming. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 31(1), 41–50. DOI: 10.1080/21681015.2014.881425
- Warner, D. M. (1976). Scheduling nursing personnel according to nursing preference: A mathematical programming approach. *Operations Research*, 24(5), 842–856. DOI: 10.1287/opre.24.5.842
- Wolfe, H., & Young, J. P. (1965). Staffing the nursing unit: Part I. Controlled variable staffing. *Nursing Research*, 14(3), 236–243.
- Wolfe, H., & Young, J. P. (1965). Staffing the nursing unit: Part II. The multiple assignment technique. *Nursing Research*, 14(4), 299–303.
- Yasan, E., Cesur, T., Aslan, T. N., Köse, R. E., Konyalıoğlu, A. K., Beldek, T., & Çebi, F. (2022). A nurse scheduling case in a Turkish hospital. In N. M. Durakbasa, & M. G. Gençyılmaz (Ed.), *Digitizing Production Systems. Lecture Notes in Mechanical Engineering* (pp. 467–475), Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-90421-0_39
- Yılmaz, E. (2012). A mathematical programming model for scheduling of nurses' labor shifts. *Journal of Medical Systems*, 36, 491–496. DOI: 10.1007/s10916-010-9494-z

Etik Beyanı : Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara uyulduğunu yazar(lar) beyan eder. Aksi bir durumun tespiti halinde ÖHÜİBF Dergisinin hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk çalışmanın yazar(lar)ına aittir. İlgili çalışmada; 26.10.2022 tarih ve 2022/6 sayılı Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'ndan ve 28.11.2022 tarih ve E-51020271-771 sayılı Gümüşhane İl Sağlık Müdürlüğü'nden gerekli izinler alınmıştır.

Teşekkür : Yayın sürecinde katkısı olan hakemlere ve editör kuruluna teşekkür ederim.

Ethics Statement : The author(s) declare that ethical rules are followed in all preparation processes of this study. In case of detection of a contrary situation, ÖHÜİBF Journal does not have any responsibility and all responsibility belongs to the author(s) of the study.

Necessary permissions were obtained from the Scientific Research and Publication Ethics Committee of Gümüşhane University, dated 10.26.2022 and numbered 2022/6, and Gümüşhane Provincial Directorate of Health, dated 11.28.2022 and numbered E-51020271-771 in the related study.

Acknowledgement : I thank the referees and editorial board who contributed to the publication process.
