



HEMŞİRE ÇİZELGELEME PROBLEMİNDE TAM SAYILI HEDEF PROGRAMLAMA MODELİ VE ÇOCUK ACİL BÖLÜMÜNDE BİR UYGULAMA¹

Emrah BAYRAKTAR ²

Esra AYTAÇ-ADALI ³

Öz

İşgücü çizelgeleme, işletmelerin faaliyetlerini etkin bir şekilde yürütmelerini sağlayan bir kavram olup özellikle, sağlık sektörü gibi insan gücünün yoğun kullanıldığı sektörlerde oldukça önemlidir. Sayı, bilgi, yetenek gibi sağlık çalışanlarına ilişkin özellikler, sağlık sektöründe planlamayı ve çizelgelemeyi zorunlu kılmaktadır. Bu çalışmada hemşire çizelgeleme problemi üzerinde durulmuş ve Denizli’de bir hastanenin çocuk acil bölümünde görevli hemşirelerin vardiya çizelgeleme problemi için önerilen matematiksel model, tam sayılı hedef programlama yöntemi kullanılarak çözülmüştür. Önerilen modelin temel amacı; adaletli bir çizelge oluşturabilmek adına hemşirelerin atandığı toplam vardiya sayıları arasındaki farkı minimize etmek ve hemşirelerin talepleri de göz önüne alınarak hafta sonu ve gece vardiyalarını mümkün olduğunca eşit dağıtmaktır. Problemin önerilen model ile çözümünden elde edilen vardiya çizelgesi ile sorumlu hemşireye yüklenen manuel çizelgelemeden kaynaklı iş yükü azaltılmış ve hemşireler arasında iş yükü dengelenmiştir. Önerilen modelin uygulamaya geçirilmesinin, sadece hemşireler arasındaki iş yükü adaletini iyileştirmek ile kalmayacağı aynı zamanda iş gücü planlama sürecinden memnuniyeti ve hemşirelerin performanslarını da arttıracığı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler : Tam Sayılı Programlama, Hedef Programlama, Hemşire Vardiya Çizelgeleme, Çocuk Acil Bölümü.

Jel Sınıflandırması : M12, C61.

¹ Bu çalışma; Emrah BAYRAKTAR’ın Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü’nde 2019 yılında tamamladığı “Tamsayılı Hedef Programlama ve Hemşire Çizelgeleme Problemi İçin Bir Uygulama” başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

² Doktora Öğrencisi, Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Genel İşletme Doktora Programı, byrktremrah20@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5919-7248.

³ Doç. Dr., Pamukkale Üniversitesi, İ.İ.B.F., İşletme Bölümü, eaytac@pau.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8836-9878.

Atıf/Citation (APA 6):

Bayraktar, E., & Aytaç-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. <http://doi.org/10.25287/ohuiibf.855824>.

INTEGER GOAL PROGRAMMING MODEL IN NURSE SCHEDULING PROBLEM AND AN APPLICATION IN THE PEDIATRIC EMERGENCY DEPARTMENT

Abstract

Manpower scheduling is a concept that enables businesses to carry out their activities effectively, and it is especially important in sectors where human power is used intensely, such as the health sector. Characteristics of health employees such as number, knowledge, and skills make the planning and scheduling activities in the health sector mandatory. In this study, the nurse scheduling problem has been emphasized, and the proposed mathematical model for the shift scheduling problem of nurses working in the pediatric emergency department of a hospital in Denizli has been solved by performing the integer goal programming method. The main purpose of the proposed model is minimizing the difference between the total number of shifts nurses are assigned and distributing the weekend and night shifts as evenly as possible by taking into account the demands of the nurses to create a justice schedule. As a result of the solution of the problem with the proposed model, workload due to manual scheduling imposed on the nurse has been reduced, and workload among nurses has been balanced with the obtained shift schedule. It is thought that the implementation of the proposed model will not only improve the workload justice among nurses, but also will increase their performances and their satisfaction from planning process.

Keywords : Integer Programming, Goal Programming, Nurse Scheduling Problem, Pediatric Emergency Department.

Jel Classification : M12, C61.

GİRİŞ

Makineleşme, üretim ve hizmet sektörlerinde insan gücü gereksinimini her ne kadar azaltmış görünse de hala çoğu sektörde, insan gücüne ihtiyaç duyulmakta ve işgücü maliyetleri, işletme maliyetleri kalemleri arasında önemli bir yer tutmaktadır (Pan, Suganthan, Chua, Cai, 2010: 1229). Bu nedenle işletmeler tarafından işgücünün; özenle yönetilmesi, planlanması ve çizelgelendirilmesi gerekmektedir (Sabar, Montreuil, Frayret, 2009: 1080; Bektur & Hasgül, 2013: 385). İşgücü çizelgeleme; çalışanların, belirli bir zaman periyodunda organizasyonel, yasal ve sosyal kısıtlamalar altında belirli işlere atanmasıdır (Pan ve ark., 2018: 334). Etkin biçimde planlanan işgücü; maliyet düşüşünü sağladığı gibi, üretim miktarlarının artışı ve ürün ya da hizmet kalitesinin yükselmesini sağlayabilmektedir. Tam tersine işgücünün etkin yönetilmemesi ise maddi sonuçları dışında personel memnuniyetsizliğine, aile içi problemlere ve hatta hastalar için olumsuz sonuçlara sebep olabilmektedir (Karaatlı, 2010: 2113).

Sunulan hizmetin doğası gereği insan gücüne bağımlı ve iş yükünün yoğun olduğu sektörlerden biri, sağlık sektörüdür (Erat, Korkmaz, Çimen, Yahyaoğlu, 2011: 4). Sağlık sektöründe, işe özgü teknik bilgi ve yeteneklere sahip işgücü sınırlıdır. Bu nedenle hizmette sürekliliği sağlamak ve hizmet seviyesini üst düzeyde tutabilmek için işgücü planlaması ve çizelgelemesi, bir zorunluluktur (Kılıç & Tunç, 2004: 40; Lapègue, Prot, Bellenguez-Morineau, 2012: 94). Sağlık sektöründe işgücünün çizelgenmesi, işgücü arz-talep dengesini oluşturacak yöntemler geliştirilmesi, başka bir tanımla belirli hedeflere ulaşmak için gerekli tutum, davranış, bilgi ve yeteneğe sahip personel sayısının önceden tahmin edilmesidir (Şantaş, Özer, Çıraklı, 2012: 46; Avcı & Terzioğlu, 2015: 111). Literatürde sağlık çalışanlarının iş planlamalarına ve çizelgelenmelerine ilişkin çok sayıda yapılmış ve

özellikle hemşire çizelgeleme problemleri üzerinde sıklıkla durulmuş olup bu probleme, farklı yöntemler ile çözümler sunulmuştur (Ağralı, Taşkın, Ünal, 2017: 160).

Bu çalışmada ise hemşire çizelgeleme probleminin, tam sayılı hedef programlama yöntemi ile çözümüne ilişkin bir matematiksel model önerilmiştir. Doğrusal programlama, yöneylem araştırması problemlerinin çözümünde kullanılan yöntemlerden biridir (Taha, 2007: 11). Bir problemin, doğrusal programlama yöntemi ile modellenmesi ve çözülebilmesi için problemin bazı varsayımları sağlaması gerekmektedir. Ancak bu varsayımlar her zaman geçerli değildir. Bu nedenle, problemlere uygun yöntemler kullanılmalıdır. Bu yöntemlerden biri, tam sayılı programlama yöntemidir. Tam sayılı programlama, doğrusal programlamada sürekli değerler alan karar değişkenlerinin bir kısmının veya tümünün kesikli değerler aldığı personel programlama, beslenme, sırt çantası problemleri, sabit yük problemleri gibi problemlerin çözümünde kullanılmaktadır (Patr, 2009: 193; Öztürk, 2016: 304). Öte yandan, doğrusal programlama modellerinde sadece bir amaç optimize edilmeye çalışılmaktadır. Ancak, gerçek yaşam problemlerinde kimi zaman birbiri ile çelişen birden çok amaç bulunabilmektedir. Bu anlamda, hedef programlama ise bir ya da birden fazla amacı bulunan problemlerin modellenmesinde kullanılmaktadır (Özcan & Toklu, 2009: 1958). Hedef programlama modelinde, hedeflerden sapmaları ifade değişkenler hem kısıtlarda hem de amaç fonksiyonunda yer almaktadır (Taha, 2007: 349). Çalışmada, Denizli ilindeki bir hastanenin çocuk acil bölümünde görevli hemşirelerin vardiya çizelgeleme problemi için önerilen model, karar değişkenlerinin kesikli değerler alması ve birden fazla amaç içermesi nedeniyle tam sayılı hedef programlama yöntemi ile çözülmüştür. Çizelgelemenin bilimsel bir yöntem kullanılarak yapılması, uygulamanın yapıldığı ilgili hastane birimi için bir ilk olma özelliği taşımaktadır. Vardiya çizelgelemesine ilişkin model oluşturulurken yasal kısıtlar, hemşirelerin ve hastane yönetiminin ortak kararları değerlendirilmiş ve ele alınan zaman periyodunda her gün için kesintisiz hizmet sağlanması, fazla mesaiden kaynaklanacak maliyetlerin düşürülmesi, toplam mesai saatleri, gece-gündüz vardiya sayıları ve hafta sonu vardiya sayıları açısından mümkün olan en adaletli çizelgeleme oluşturularak hemşire motivasyonunu da yüksek tutmak amaçlanmıştır. Ayrıca çizelge oluşturulurken, önceki ayın son gününe ait veriler de modele bir kısıt olarak eklenerek çizelgelemenin belirlenen kurallara uygun, adaletli ve dinamik bir şekilde devam etmesi amaçlanmıştır. Genel olarak modelin oluşturulması için; çizelgelemenin yapılacağı sağlık kurumunun ilgili bölümünün genel kurallarına (vardiyaların başlangıç ve bitiş zamanları, hemşirelerin görev yapabileceği aylık maksimum vardiya sayısı), çizelgelemenin yapılacağı sağlık kurumunun ilgili bölümündeki mevcut hemşireler hakkındaki verilere (toplam hemşire sayısı, yasal olarak maksimum çalışma saatleri) ve çizelgelemenin yapılacağı aya ait detaylı bilgilere (çizelgelemenin yapılacağı aydaki gün sayısı, hafta içi ve hafta sonu günleri vb.) ihtiyaç duyulmaktadır. Önerilen matematiksel modeldeki karar değişkenlerinin tam sayılı değer alması gerekliliği modeli, tam sayılı programlama modeli haline getirmiştir. Öte yandan birden fazla amacı aynı anda sağlamak ise modelin, hedef programlama modeli olarak kurulmasını gerektirmiştir.

Bu çalışmanın literatüre sağlaması beklenen katkıları şu şekilde özetlenebilir:

- Çalışmada hem yasal gerekliliklerin sağlandığı hem de hemşirelerin iş yüklerini eşit bir şekilde dağıtıldığı bir model oluşturulmuştur. Bu modelde birden çok amaç, aynı anda optimize edilmeye çalışılmıştır. Bu anlamda hastane gereklilikleri, adaletli bir iş dağılımı ve hemşire istekleri amaçlar ve kısıtlar olarak ifade edilmiş ve bu bilgiler, tam sayılı hedef programlama modeli olarak formüle edilmiştir.
- Çalışma, 2 aylık periyodu içerecek şekilde oluşturulmuştur. Bu anlamda, ilk ay için elde edilen çizelgenin sonuçları, bir sonraki ayın çizelgesine veri olarak aktarılmak suretiyle dinamik bir model oluşturulmuştur. Bu durum, aynı zamanda adaletli bir çizelgelemeyi de sağlamıştır.
- Oluşturulan model, hemşirelerin özel durumlarını kapsayacak şekildedir. Gerekliğinde özel durumlara ilişkin kısıtlar, modele eklenebilmektedir. Bu durum, oluşturulan modelin esnek olmasını sağlamıştır.

- Oluşturulan çizelgelerle maliyetler düşürülmüştür. Aynı zamanda çizelgelemeyi manuel bir şekilde gerçekleştiren hemşirenin iş yükü azaltılmış ve tüm kısıtları aynı anda sağlayan bir çizelge elde edilebilmiştir.
- Oluşturulan modelin temel amacı, iş yükünün adaletli olmasıdır. Bu şekilde hemşirelerin iş tatminlerinin artacağı dolayısı ile sağlık gibi oldukça önem arz eden bir sektördeki kalitenin daha da yükseleceği beklenmektedir.

Bu çalışma, şu şekilde düzenlenmiştir: Giriş bölümünde işgücü çizelgeleme kavramına değinilmiş, çizelgeleme problemlerine sıklıkla konu olan hemşire çizelgeleme kavramından bahsedilmiştir. Birinci bölümde hemşire çizelgeleme problemlerinin çözümüne ilişkin literatür taraması verilmiştir. İkinci bölümde ele alınan problemin çözümü için önerilen model detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Aynı bölümde önerilen model, gerçek bir hemşire çizelgeleme probleminin çözümünde uygulanmıştır. Sonuç bölümünde ise bu uygulamanın sonuçları tartışılmış ve gelecek çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

I. LİTERATÜR TARAMASI

Sağlık işletmelerinin veya hastanelerin diğer organizasyonlardan farklı olması nedeniyle sağlık hizmetlerinde çözülmesi gereken en karmaşık problemlerden biri, hemşire çizelgeleme problemleridir. Bu farklılıklar, farklı çözüm yöntemlerinin ve yaklaşımlarının kullanılmasını gerektirir (Al-Hinai, Al-Yazidy, Al-Hooti, Al-Sherei, 2018: 100). Bu nedenle literatürde hemşire çizelgeleme problemlerinin çözümüne ilişkin birçok çalışma bulunmaktadır. Farklı kısıtlar ve yöntemler kullanılarak ele alınan bu çalışmalarda sıklıkla kullanılan yöntemlerin başında matematiksel programlamanın birer çeşidi olan doğrusal programlama, tam sayılı programlama ve hedef programlama yöntemleri gelmekte olup bu bölümde, sadece bu çalışmaların bir özetine yer verilmiştir.

Wolfe & Young (1965), hemşire çizelgeleme probleminin matematiksel modelini oluşturmuştur. Bu modelde amaç, hemşireleri farklı görevlere atarken maliyeti de minimize etmektir. Güngör (2002), iki basamaklı 0-1 tam sayılı programlama modeli oluşturmuştur. İlk aşamada ilgili kısıtları ve kesintisiz hizmeti sağlayacak hemşire sayısı belirlenmiş, ikinci aşamada ise belirlenen hemşire sayısının iki haftalık dönemde vardiya planlaması yapılmıştır. Azaiez ve Al Sharif (2005), 6 aylık bir periyotta çizelgeleme için 0-1 tam sayılı programlama modeli oluşturmuştur. Hemşireleri yeteneklerine göre farklı görevlere atarken aynı zamanda fazla mesaiden kaynaklanacak ekstra maliyetten kaçınılmak istenmektedir. Ayrıca modelde hemşire talepleri de dikkate alınarak gece vardiyası ve hafta sonu izinleri için eşit dağılım sağlanmaya çalışılmıştır. Atmaca, Pehlivan, Aydoğdu ve Yakıcı (2012), 0-1 tam sayılı hedef programlama kullanmıştır. Model, uygulamanın yapıldığı hastanenin yönetsel kararları, sabit ve değişken koşullar dikkate alınarak hazırlanmış ve 4 haftalık periyot için çizelgeleme yapılmıştır. Öztürkoğlu & Çalışkan (2014), arı 0-1 tam sayılı programlama yöntemi ile esnek bir çizelgeleme modeli oluşturmuştur. Vardiya ve günlük çizelgeleme yöntemleri birlikte ele alınarak haftalık çizelgeler elde edilmiştir. Esnek yapı kullanılarak vardiya başlangıç saatleri, çalışma ve dinlenme sürelerinde farklı seçenekler oluşturulmuştur. Lin, Kang, Chiang ve Chen (2015), hemşire memnuniyetini maksimum seviyede sağlamak için hemşireleri, tercih ettikleri vardiyalara atamaya çalışmış ve izin günlerini de hemşire tercihleriyle belirlemeye çalışmıştır. Tam sayılı programlama ve genetik algoritmalar ile iki model oluşturulup sonuçları incelenmiştir. Legrain, Bouarab ve Lahrichi (2015), sürekli ve ihtiyaç durumunda çalıştırılan iki hemşire grubunu çizelgelemeye yönelik çok amaçlı bir sezgisel model önermiştir. Önerilen model, CPLEX altyapısıyla çözülerek manuel çizelge ve matematiksel modelden elde edilen çizelgelerle; eşitlik, zorunlu kısıtların sağlanması, hemşire tercihlerinin karşılanması, çizelgeleme süresi gibi başlıklar altında karşılaştırılmıştır. Jafari, Bateni, Daneshvar, Bateni ve Mahdioun (2016), hemşire taleplerini göz önünde tutarak, hemşireleri mümkün olduğunca tercih ettikleri vardiyalara atarken fazla mesaiyi de minimize etmenin amaçlandığı, çeşitli belirsizliklere karşı çözüm üretebilen 4 farklı bulanık matematiksel model önermiştir. Önerilen modellerde amaç fonksiyonunu oluşturan birden fazla

hedefin ağırlıklarını belirlemek için analitik hiyerarşi süreci yöntemi kullanılmıştır. Bagheri, Devin ve Izanloo (2016), hemşirelerle ilgili bilgilerin belirsizliği, hemşire tercihleri, hasta sayıları, hastaların hastanede kalma süreleri, beklenmeyen durumlar gibi farklı belirsizliklere cevap verebilmek ve temel amaç olarak maliyeti düşürmek için bir stokastik model önermiştir. Önerilen model, ortalama yaklaşım yöntemi kullanılarak çözülmüştür. Varlı, Ergişi ve Eren (2017), hedef programlama yöntemini kullanmış ve günde 3 vardiya sistemiyle hastanede 2 farklı birimin bir aylık vardiya çizelgesini oluşturmuştur. Nasiri & Rahvar (2017), 2 adımlı bir yaklaşımda bulunmuş, ilk adımda Augmecon2 adı verilen epsilon tekniği kullanılarak çok amaçlı matematiksel model oluşturmuştur. İkinci aşamada ise planlayıcılar ve yönetim tarafından kilit unsur olarak görülen faktörler karşılaştırılarak çizelgeler oluşturulmuştur. Ang, Lam, Pasupathy ve Ong (2017), performans ölçütünü temel alarak 142.564 katılımcının dahil edildiği 1 yıllık çalışma planı oluşturmaya çalışmıştır. Yasal kısıtlar ve geleneksel kurallara ek olarak hemşire hasta oranı, hemşire tercihleri ve izin günleri de dikkate alınarak çok amaçlı bir karma tam sayılı hedef programlama modeli önerilmiştir. Al-Hinai ve ark. (2018), bir hastanenin acil birimindeki hemşirelere iş yükünün, eşit ve adil biçimde dağıtılarak hemşirelerin memnuniyetinin artırılmasını amaçlamıştır. Üç farklı kategorideki hemşireler, hastane yönetiminin planlama politikasına uygun biçimde çizelgelenirken; fazla mesai ücretlerinden de kaçınılmaya çalışılarak bir matematiksel model oluşturulmuştur. Zanda, Zuddas ve Seatzu (2018) çalışmalarında bir hastanenin bir bölümdeki eksikliği diğer bölümlerden karşılama durumunu olabildiğince en aza indirecek bir çözüm arayan ve tam sayılı programlamaya dayanan bir model önermiştir. Çalışmada hemşireler; doğum hemşiresi, yarı zamanlı hemşireler ve özel durumlardan yararlanan hemşireler olmak üzere üçe ayrılmıştır. Ayrıca hemşireler için günler; normal, icapçı ve izin günü olmak üzere üçe ayrılmıştır. Çalışmada belirli bir dönemin sonunda iş yükü hesaba katılmakta ve bu bilgi, bir sonraki dönemde zamanlamaya girdi olarak aktarılmaktadır. Çalışmanın bu özelliği, bu çalışmada önerilen modelin dinamik yapıda kurulması konusunda katkı sağlamıştır. Hamid, Barzinpour, Hamid ve Mirzamohammadi (2018), ilk adımda hemşire maliyetlerini düşürürken, iş yükünün dengeli dağılımını ve hemşirelerin iş tatminini arttırmaya yönelik çok amaçlı matematiksel bir model önermiş ve Augmecon yöntemiyle çözmüştür. İkinci adımda ise elde edilen çözümler arasından en iyisini seçmek için karar verme yöntemlerinden yararlanılmış ve optimal çözümü araştırmıştır. Ho ve ark. (2018), kullanıcıların görevlendirme koşullarını ve kısıtlarını değiştirebileceği, gerçek yaşam problemlerine uygun bir tam sayılı programlama modeli önermiştir. Bu modelde 36 hemşire, 23 farklı birime atanmaya çalışılmış ve elde edilen çizelge, manuel olarak oluşturulan çizelge ile karşılaştırılmıştır. Karpuz & Batun (2020), talep belirsizliği altında hemşire çizelgeleme problemini dikkate almış ve problemi, iki aşamalı stokastik programlama modeli olarak ifade etmiştir. İlk aşamada, çizelgeler oluşturulurken, ikinci aşamada ise yeni gelen talep bilgisine göre birinci aşamadaki kararlarda değişiklikler yapılmıştır. Keskin, Kılıç-Delice ve Akkaya (2020), bir araştırma hastanesinin acil ve yoğun bakım servislerinde görev yapan hemşirelerin aylık çalışma çizelgelerini oluşturmak amacıyla karma tam sayılı programlama modeli geliştirmiş ve model, Gurobi çözücüsü ile çözülmüştür. Geçici ve Güler (2020), bir hastanenin kardiyovasküler cerrahi servisinde görev yapan hemşirelerin nöbet çizelgeleme probleminin çözümüne ilişkin bir karma tam sayılı programlama modeli önermiştir. Önerilen modelin kullanımının sürdürülebilir olması amacıyla model, bir karar destek sistemine dönüştürülmüştür. Arslan & Özcan (2022) bir sağlık kuruluşunun filyasyon ekibinde çalışan hemşirelerin çizelge problemini, hedef programlama modeli olarak kurmuş ve modeli, GAMS 33.2.0 paket programının CPLEX çözücüsü ile çözmüştür. Yasan ve ark. (2022), bir özel hastanede görev yapan hemşirelerin vardiyalarının planlanmasına ilişkin bir karma tam sayılı programlama modeli kurmuştur ve kurulan model, GAMS optimizasyon programı ile çözülmüştür.

Yapılan literatür taraması sonucunda hemşire çizelgeleme probleminin çözülmesi gereken önemli bir problem olması nedeniyle araştırmacılar tarafından sık bir şekilde ele alındığı görülmüştür. Problem, genel itibarıyla yapısı başka bir deyişle içerdiği amaçlar, kısıtlar ve karar değişkenleri bakımından çoğu zaman doğrusal programlamanın varsayımlarını sağlamaması nedeniyle doğrusal programlama modelleri ile ifade edilememektedir. Bu nedenle problemler; doğrusal programlama problemlerinin uzantıları olan tam sayılı programlama, hedef programlama, stokastik programlama gibi optimizasyon yöntemleri ile çözülmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada ise hemşire çizelgeleme

probleminin çözümüne ilişkin tam sayılı hedef programlama modeli oluşturulmuştur. Bu çalışmada ele alınan problemin yapısı düşünüldüğünde, problemin çözümü için kullanılan yöntem literatür ile uyumludur.

II. METODOLOJİ

II.I. Problemin Tanımı

Bu çalışma, Denizli’de bir hastanenin çocuk acil bölümünde gerçekleştirilmiş olup çalışmada, bu bölümde görevli 20 hemşirenin 2019 yılının Haziran ve Temmuz aylarındaki vardiya çizelgesinin oluşturulması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda oluşturulan çizelgeleme modelinin temel amaçları şu şekilde ifade edilebilir:

- Her vardiyada eksik sayıda hemşire bulunmayacak biçimde hizmet kalitesini korumak,
- Mümkün olan en adaletli çizelgeyi oluşturarak hemşirelerin atandığı toplam vardiya sayıları arasındaki farkı minimize etmek,
- Hemşirelerin talepleri de göz önüne alınarak hafta sonu ve gece vardiyalarını mümkün olduğunca eşit dağıtmak,
- Hemşirelerin çalışma ve dinlenme günlerinin atamalarını yapmak.

Çalışmada ele alınan problem için oluşturulan matematiksel modelde, şu kurallar ve düzenlemeler dikkate alınmıştır:

- Hastanede hemşirelerin sunduğu hizmet, kesintisiz olarak 24 saat devam edecek biçimde planlama yapılmalıdır.
- 657 Sayılı Devlet Kanunu’na göre devlet memuru statüsündeki hemşirelerin, haftada 40 saat, İş Kanunu’na göre ise haftada en çok 45 saat çalışması gerekmektedir. Buna göre her bir hemşirenin ayda en fazla sayıda atanabileceği 12 saatlik vardiya sayısının maksimum değeri belirlenmelidir.
- Hemşireler, gündüz (08:00-20:00) ya da gece (20:00-08:00) vardiyaları olmak üzere 2 vardiyada çalışmalıdır.
- Her vardiyada en az 4 hemşire bulunmalıdır.
- Adaletli çalışma sistemini sağlamak adına her hemşire, ayda en az ortalama sayı kadar hafta içi gündüz vardiyasında çalışmalıdır.
- Her hemşire, ayda en az ortalama sayı kadar hafta içi gece vardiyasında çalışmalıdır.
- Her hemşire, ayda en az ortalama sayı kadar hafta sonu gündüz vardiyasında çalışmalıdır.
- Her hemşire, ayda en az ortalama sayı kadar hafta sonu gece vardiyasında çalışmalıdır.
- Hemşireler, aynı gün içinde en fazla bir vardiyada görevlendirilmelidir.
- Gece vardiyasında görev yapan hemşire, takip eden gündüz ve gece vardiyalarında dinlendirilmelidir.

II.II. Hemşire Çizelgeleme Problemi için Önerilen Matematiksel Model

Bu çalışmada acil biriminde görevli sorumlu hemşire ve hastane yönetiminden alınan veriler kullanılarak oluşturulan 0-1 tam sayılı doğrusal programlama modeli, hastane yönetimi ve hemşirelerin birden çok amacına uygun olacak biçimde hedef programlama modeline dönüştürülmüştür.

Bu çalışmada önerilen modelde kullanılan notasyonlar (indisler ve kümeler), Zanda ve ark. (2018) tarafından verilen notasyonların gösterim olarak uyarlanması ve genişletilmesiyle oluşturulmuş olup şu şekildedir:

- d , planlanan aydaki gün sayısı
- $J = \{1, \dots, d\}$ planlanan aydaki günlerin kümesi
- $J^* = \{1, \dots, d-1\}$
- J_{hs} Planlanan aydaki hafta sonu günlerinin kümesi
- J_{hi} Planlanan aydaki hafta içi günlerinin kümesi
- $j \in J$ gün indeksi
- $I = \{1, \dots, n\}$ hemşire kümesi
- $i \in I$ hemşire indeksi
- $K = \{1, \dots, v\}$ vardiya kümesi
- $k \in K$ vardiya indeksi
- $K^* = \{k+1, \dots, v\}$, $k+1 \leq v$
- $k^* \in K^*$ vardiya indeksi

Modelin parametreleri şu şekildedir:

ort_{ay} : Hemşirelerin 1 aylık periyotta atanabileceği vardiya sayısının maksimum değeridir.

ort : Planlanan ayda her hemşire için ortalama vardiya sayıları toplamının en küçük değeridir. Buna göre hesaplanan ortalama değere eşit ya da bu değerden küçük en yakın tamsayı değeri, ort değeri olarak alınmaktadır.

ort_{hs} : Planlanan ayda her hemşire için ortalama hafta sonu vardiya sayısının en küçük değeridir. Buna göre hesaplanan ortalama değere eşit ya da bu değerden küçük en yakın tamsayı değeri, ort_{hs} değeri olarak alınmaktadır.

ort_{hi} : Planlanan ayda her hemşire için ortalama hafta içi vardiya sayısının en küçük değeridir. Hesaplanan ortalama değere eşit ya da bu değerden küçük en yakın tamsayı değeri, ort_{hi} değeri olarak alınmaktadır.

Önerilen modelde kullanılan karar değişkenleri ise şu şekildedir:

$x_{i,j,k} \in \{0,1\}$: i . hemşire j . günde k . vardiyada çalışıyorsa 1; çalışmıyorsa 0 değerini almaktadır.

p_i^+ : Planlanan ayda her $i \in I$ hemşire için ortalama vardiya sayısından pozitif yönlü sapması

p_i^- : Planlanan ayda her $i \in I$ hemşire için ortalama vardiya sayısından negatif yönlü sapması

h_i^+ : Planlanan ayda her $i \in I$ hemşiresinin atandığı toplam hafta sonu vardiya sayısının, ortalama hafta sonu vardiya sayısından (ort_{hs}) pozitif yönlü sapması

h_i^- : Planlanan ayda $i \in I$ hemşiresinin atandığı toplam hafta sonu vardiya sayısının, ortalama hafta sonu vardiya sayısından (ort_{hs}) negatif yönlü sapması

dn_{i,k,k^*}^+ : Planlanan ayda her $i \in I$ hemşiresinin atandığı $k \in K$ vardiyası sayısının, her bir $k^* \in K^*$ vardiyası sayısından farkını ifade eden pozitif yönlü sapması

dn_{i,k,k^*}^- : Planlanan ayda her $i \in I$ hemşiresinin atandığı $k \in K$ vardiyası sayısının, her bir $k^* \in K^*$ vardiyası sayısından farkını ifade eden negatif yönlü sapması

Önerilen modelde amaç fonksiyonu, minimizasyon tipinde olup aşağıda belirtilen 3 ana hedefi içermektedir:

- Her hemşirenin atandığı vardiya sayısının toplamı, minimize edilmelidir. Bu durum, amaç fonksiyonunda $\sum_{i \in I} p_i^+$ şeklinde gösterilmiştir.
- Her hemşirenin atandığı hafta sonu toplam vardiya sayısı, minimize edilmelidir. Bu durum, amaç fonksiyonunda $\sum_{i \in I} h_i^+$ şeklinde gösterilmiştir.
- Her hemşirenin atandığı toplam $k \in K$ vardiyası sayısından her $k^* \in K^*$ için toplam vardiya sayıları farkı, minimize edilmelidir. Bu durum, amaç fonksiyonunda $\sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{k^* \in K^*} (dn_{i,k,k^*}^+ + dn_{i,k,k^*}^-)$ şeklinde gösterilmiştir. Tüm hedefler bir araya getirilerek amaç fonksiyonu, Eşitlik (1)'deki gibi ifade edilmiştir:

$$\text{Min } z = \sum_{i \in I} p_i^+ + \sum_{i \in I} h_i^+ + \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{k^* \in K^*} (dn_{i,k,k^*}^+ + dn_{i,k,k^*}^-) \quad (1)$$

Modelin kısıtlayıcıları ise şu şekildedir:

- İlk kısıt olan Eşitlik (2)'ye göre her $j \in J$ gününde her $k \in K$ vardiyasında çalışan toplam hemşire sayısı en az $S \in Z^+$ kadar olmalıdır.

$$\sum_i x_{i,j,k} \geq S, \quad \forall i \in I, \quad \forall j \in J, \quad \forall k \in K \quad (2)$$

- Eşitlik 3'e göre her hemşirenin atandığı toplam hafta sonu vardiyası sayısı, her $j \in J_{hs}$ için en az ortalama hafta sonu vardiya sayısı kadar olmalıdır.

$$\sum_j x_{i,j,k} \geq \text{ort}_{hs}, \quad \forall i \in I, \quad \forall j \in J_{hs}, \quad \forall k \in K \quad (3)$$

- Eşitlik 4'e göre her hemşirenin atandığı toplam hafta içi vardiyası sayısı, her $j \in J_{hi}$ için en az ortalama hafta içi vardiya sayısı kadar olmalıdır.

$$\sum_j x_{i,j,k} \geq \text{ort}_{hi}, \quad \forall i \in I, \quad \forall j \in J_{hi}, \quad \forall k \in K \quad (4)$$

- Eşitlik 5'e göre, her $j \in J^*$ günü için v vardiyasına atanan her $i \in I$ hemşire, v vardiyasını takip eden gün dinlendirilmelidir. Dolayısıyla $(j+1)$ gününde her $k \in K$ vardiyalarına atanmamalıdır. Bu kısıtta J^* gösterimi, ilgili ayın son günü için yapılan hesaplamaların daha anlamlı olmasını sağlamıştır.

$$v * x_{i,j,v} + \sum_k x_{i,(j+1),k} \leq v, \quad \forall i \in I, \quad \forall j \in J^* \quad (5)$$

- Eşitlik 6'ya göre her $i \in I$ hemşire, her $j \in J$ günü için, aynı gün içinde birden fazla vardiyaya atanmamalıdır.

$$\sum_k x_{i,j,k} \leq 1, \quad \forall i \in I, \quad \forall j \in J \quad (6)$$

- Eşitlik 7'ye göre her hemşirenin atandığı toplam vardiya sayısı, her $j \in J$ ve her $k \in K$ için en fazla yasaların izin verdiği aylık ortalama vardiya sayısı kadar olmalıdır.

$$\sum_j \sum_k x_{i,j,k} \leq \text{ort}_{ay}, \quad \forall i \in I, \quad \forall j \in J, \quad \forall k \in K \quad (7)$$

- Eşitlik 8'e göre her hemşirenin atandığı toplam vardiya sayısı, mümkün olduğunca ortalama vardiya sayısına yakın olmalıdır.

$$\sum_j \sum_k x_{i,j,k} - p_i^+ + p_i^- = \text{ort}, \quad \forall i \in I, \quad \forall j \in J, \quad \forall k \in K \quad (8)$$

- Eşitlik 9'a göre her hemşirenin atandığı toplam hafta sonu vardiyası sayısı, mümkün olduğunca ortalama hafta sonu vardiya sayısına yakın olmalıdır.

$$\sum_j \sum_k x_{i,j,k} - h_i^+ + h_i^- = v * \text{ort}_{hs}, \quad \forall i \in I, \quad \forall j \in J_{hs}, \quad \forall k \in K \quad (9)$$

- Eşitlik 10'a göre her hemşire, her $k \in K$ vardiyasına mümkün olduğunca eşit sayıda atanmalıdır.

$$\sum_j x_{i,j,k} - \sum_j x_{i,j,k^*} - dn_{i,k,k^*}^+ + dn_{i,k,k^*}^- = 0, \quad \forall i \in I, \quad \forall j \in J, \quad \forall k \in K, \quad \forall k^* \in K^* \quad (10)$$

- Eşitlik 11'e göre karar değişkenlerinin tamamı, pozitif olma kısıtını sağlamalıdır.

$$p_i^+, p_i^-, h_i^+, h_i^-, dn_{i,k,k^*}^+, dn_{i,k,k^*}^- \geq 0 \quad (11)$$

Modeldeki ana 9 kısıt dışında, çizelgelemeyi sonraki aylarda da doğru ve adaletli biçimde devam ettirmek ve Eşitlik 5'i sağlayabilmek için önceki ayın son vardiyasına ait veriler, bir sonraki ayın modeline eklenmelidir. Örneğin $i=3$ numaralı hemşire Haziran ayının 30. günü gece vardiyasında çalışmış ise Temmuz ayının ilk günü her $k \in K$ vardiyasında dinlendirilmelidir, dolayısıyla Temmuz ayı için $x_{3,1,1} + x_{3,1,2} + \dots + x_{3,1,v} = 0$ olmalıdır.

Bu modelde $|I|$ eleman sayılarını göstermek üzere, $|I|.|J|.|K| + 3|I| + |I|.|K^*|.|K|$ adet karar değişkeni, $|K|.|J| + |I|.|J^*| + 2|I|.|K| + |I|.|J| + 3|I| + |I|.|K^*|.|K|$ adet kısıt bulunmaktadır (Zanda ve ark., 2018: 342).

II.III. Uygulama Sonuçları

Bu bölümde Denizli'de bir hastanenin çocuk acil bölümünde yapılan bu çalışmada, ilgili birimde çalışan 20 hemşirenin 2019 yılının Haziran ve Temmuz olmak üzere 2 aylık vardiya çizelgesi, II.II. numaralı bölümde önerilen matematiksel model ile oluşturulmuştur. Bu model, matematiksel modelleme ve optimizasyon programı olan Genetic Algebraic Modelling System (GAMS) paket programı ile modellenmiş ve Wisconsin-Madison Üniversitesi'nin hazırladığı çeşitli optimizasyon alt yapılarına erişim olanağı sağlayan internet tabanlı optimizasyon sitesi, neos-server.org 'da Gurobi alt yapısı kullanılarak çözülmüştür.

Haziran ayı için kurulan model, 1320 adet karar değişkeni ve 800 adet kısıt içermekte olup 1625 iterasyon ile çözülmüştür. Çözümde elde edilen haziran ayı çizelgesi, Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Haziran Ayı Hemşire Çizelgesi

Gün	Vardiyası	Hemşire																				Toplam
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	1						x		x			x	x					x				4
	2									x										x		4
2	1	x	x						x									x				4
	2			x							x						x					4
3	1	x				x					x	x										4
	2		x									x		x			x					4
4	1	x						x											x		x	4
	2				x			x										x			x	4
5	1									x		x	x				x					4
	2	x			x										x	x						4
6	1				x				x					x	x				x			4
	2					x	x			x											x	4
7	1				x			x				x			x							4
	2								x								x		x	x		4
8	1	x			x							x				x						4
	2			x				x							x						x	4
9	1				x	x				x			x				x	x				4
	2							x				x				x	x					4
10	1	x	x							x									x			4
	2			x					x			x			x							4
11	1									x							x	x			x	4
	2			x									x						x			4
12	1			x						x			x						x			4
	2	x						x			x					x						4
13	1				x	x	x														x	4
	2			x						x									x			4
14	1						x	x								x					x	4
	2				x			x														4
15	1					x		x				x										4
	2	x								x			x	x								4
16	1			x				x								x	x					4
	2				x	x				x									x			4
17	1	x													x	x					x	4
	2		x										x								x	4
18	1								x					x	x				x			4
	2									x	x						x		x			4
19	1		x			x	x				x											4
	2	x						x	x												x	4
20	1			x			x									x				x		4
	2				x	x		x														4
21	1										x	x				x				x		4
	2											x		x							x	4
22	1						x						x		x					x		4
	2	x								x									x		x	4
23	1				x					x	x											4
	2			x		x									x							4
24	1				x						x											4
	2					x									x					x		4
25	1				x						x									x		4
	2					x										x	x					4
26	1			x	x						x										x	4
	2					x						x	x								x	4
27	1						x									x	x				x	4
	2	x			x												x					4
28	1					x										x	x				x	4
	2											x	x							x		4
29	1				x						x							x			x	4
	2					x						x								x		4
30	1																				x	4
	2																				x	4
Top. vard. say.		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Oluşturulan çizelgede “x” işareti, ilgili hemşirenin ilgili vardiyaya atandığını göstermektedir. Örneğin, Haziran ayının ilk günü gündüz vardiyasına 8, 12, 13 ve 17 numaralı hemşireler, gece vardiyasına ise 6, 9, 11 ve 19 numaralı hemşireler atanmıştır. Modelin çözümünden elde edilen sonuçlara göre ay boyunca her hemşire, 12 adet vardiyaya atanarak toplam 240 vardiyaya ataması ile bütün kısıtlar doyorulmuş böylece aylık ortalama vardiyaya sayısından sapmayı ifade eden p_i^+ sapma değişkenlerinin değerleri, 0 olmuştur. Her hemşire için bu 12 vardiyanın 6 tanesi gündüz, 6 tanesi ise gece vardiyalarıdır. Hemşirelerin atandığı toplam gündüz ve toplam gece vardiyaya sayısı farkını ifade eden dolayısıyla atama yapılan gece ve gündüz vardiyası sayılarının mümkün olduğunca eşit dağılmasını sağlayan dn_i^+ ve dn_i^- sapma değerleri de 0 bulunmuştur.

Hemşirelerin her biri, toplam 4 hafta sonu vardiyasına atanmış, hemşirelerin mümkün olduğunca eşit sayıda hafta sonu vardiyasına atanmasını talep eden h_i^+ ve h_i^- sapma değişkenlerinin değerleri de 0 bulunmuştur. Ayrıca bu hafta sonu vardiyaları; 2 gündüz, 2 gece vardiyası olacak biçimde dağıtılmıştır. Böylece haziran ayı için amaç fonksiyonun değeri, $z = 0$ bulunarak optimal çizelge oluşturulmuştur.

Benzer şekilde önerilen model kullanılarak temmuz ayı vardiya ataması yapılmıştır. Temmuz ayı modeli oluşturulurken Eşitlik 5 gereği, temmuz ayının ilk gününe atama yapılamayacak olan hemşireler için haziran ayının son günü olan 30. gününün gece vardiyasına atanan hemşirelerin (2, 11, 13 ve 16 numaralı hemşireler) verileri, bir kısıt olarak modele eklenmiştir. Bu kısıt şöyle yazılmıştır:

$$x_{2,1,1} + x_{2,1,2} + x_{11,1,1} + x_{11,1,2} + x_{13,1,1} + x_{13,1,2} + x_{16,1,1} + x_{16,1,2} = 0$$

Temmuz ayı için model, Gurobi altyapısında 37714 iterasyonla çözülmüş ve temmuz ayı çizelgesi, Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Temmuz Ayı Hemşire Çizelgesi

Biy.	Köşme	Hemşire																				Toplam
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	1				x		x			x					x							x
	2			x												x		x				x
2	1		x							x				x				x				
	2				x		x						x						x			
3	1					x			x	x		x										
	2		x	x									x						x			
4	1						x		x	x		x									x	x
	2	x														x						
5	1		x												x					x		
	2			x			x			x									x			
6	1						x							x			x	x				
	2				x								x						x		x	
7	1		x	x							x			x				x				
	2	x					x			x							x					
8	1					x							x	x					x			
	2						x	x		x											x	x
9	1	x	x																x		x	
	2						x						x	x								
10	1							x						x								
	2				x			x							x					x	x	
11	1		x			x					x	x				x						
	2									x	x								x			
12	1			x		x									x	x						
	2		x									x									x	
13	1										x								x	x		
	2			x			x			x									x			
14	1										x	x	x									
	2		x								x								x		x	
15	1	x		x	x	x																
	2						x						x	x	x							
16	1		x	x				x													x	x
	2	x	x				x															
17	1																					
	2			x							x	x	x								x	x
18	1														x							
	2	x			x			x								x						
19	1		x	x																	x	x
	2					x		x														
20	1	x				x			x													
	2												x			x					x	
21	1			x		x															x	
	2				x			x					x	x								
22	1																					
	2		x	x																		
23	1																					
	2	x																				
24	1				x																	
	2																					
25	1	x																				
	2		x			x	x															
26	1	x																				
	2																					
27	1				x																	
	2					x																
28	1		x																			
	2	x																				
29	1																					
	2																					
30	1																					
	2																					
31	1	x																				
	2																					
Top.Var. Say.		25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
p_i^+		-	1	1	-	-	1	1	-	-	-	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-
p_i^-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
dn_i^+		-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-
dn_i^-		-	-	1	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-

Temmuz ayı için hazırlanan modelin çözümünden elde edilen sonuçlara göre 2, 3, 6, 7, 11, 13, 15 ve 16 numaralı hemşireler ay boyunca 13 adet vardiyaya, diğer hemşireler ise 12 adet vardiyaya atanarak toplam 248 vardiya ataması gerçekleştirilmiştir. Aylık ortalama vardiya sayısından sapmayı ifade eden p_i^+ sapma değişkenlerinin değerleri 2, 3, 6, 7, 11, 13, 15 ve 16 numaralı hemşireler için 1; diğer hemşireler için ise p_i^+ ve p_i^- sapmaları 0 olarak bulunmuştur.

Hemşirelerin atandığı toplam gündüz ve toplam gece vardiya sayısı farkının sapmasını ifade eden dolayısıyla atama yapılan gece ve gündüz vardiyaları sayılarının mümkün olduğunca eşit dağılmasını sağlayan sapma değerleri (dn_i^+); 2, 11, 13 ve 16 numaralı hemşireler için 1 olarak

bulunmuştur. Ayrıca dn_i^- sapma değerleri ise 3, 6, 7 ve 15 numaralı hemşireler için 1, diğer hemşireler için ise 0 olarak bulunmuştur.

Her bir hemşirenin temmuz ayında atandığı toplam hafta sonu vardiyası sayısı, 3 ve 4 olarak hesaplanmıştır. Tablo 3'te her hemşire için atama yapılan hafta sonu vardiyası sayısı, bunların dağılımları ve sapma değerleri verilmiştir.

Tablo 3. Temmuz Ayı Hafta Sonu Vardiya Dağılımları ve Sapma Değerleri

Vardiya	Hemşire																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1	2	2	2	1	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1
2	2	1	1	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2	2	2
Toplam	3	3	3	4	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3
h_i^+	'	'	'	1	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	'	'	'	'	'
h_i^-	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'

Hemşirelerin mümkün olduğunca eşit sayıda hafta sonu vardiyasına atanmasını sağlayan ve ortalama hafta sonu vardiya sayısından pozitif sapmayı gösteren h_i^+ sapma değişkenlerinin değerleri 4, 6, 10 ve 15 numaralı hemşireler için 1; diğer hemşireler için ise negatif sapmayı ifade eden h_i^- sapma değerleri 0 olarak bulunmuştur. Bu şekilde hemşirelere, toplam 64 hafta sonu vardiyası ataması gerçekleştirilmiştir. Böylece amaç fonksiyonunun değeri, $z = 20$ olarak bulunarak temmuz ayı için optimal çizelge oluşturulmuştur.

SONUÇ

İşgücü çizelgelemenin oldukça önemli olduğu sektörlerin başında, sağlık sektörü gelmektedir. Bu çalışmada, Denizli'de bir hastanenin çocuk acil bölümünde çalışan hemşirelerin 2019 yılının Haziran ve Temmuz aylarındaki vardiya çizelgesi, tam sayılı hedef programlama modeli ile oluşturulmuştur. Ülkemizde çizelgeleme faaliyetlerinin herhangi bir teknolojik araç ve yöntem kullanılmaksızın sorumlu hemşireler tarafından manuel olarak yapıldığı görülmektedir. Bu çalışma ile manuel planlamadan kaynaklı bu sorunların önüne geçilerek, birkaç günlük ya da haftalık döngüsel vardiya sistemi kurmak yerine her bir hemşirenin çizelgesinin farklı oluşturulduğu, adaletli çizelgeleme adına takip eden aylarda önceki ayın verilerinin kullanıldığı, gerektiğinde hemşirelerin mazeret durumları ya da yıllık izinleri gibi faktörlerin modele dahil edilebileceği esnek ve dinamik bir sistem kurulmuştur. Oluşturulan çizelgeler sonucunda hem maliyetler düşürülmüş hem de sorumlu hemşireye yüklenen manuel çizelgelemeden kaynaklı iş yükü azaltılmıştır.

Gelecek çalışmalarda çizelgelemenin kapsamı genişletilerek kurum boyutunda gerçekleştirilebilir. Böylelikle birimler arasındaki ilişkiler dikkate alınabilir ve bir çalışanın iş yükü, tam olarak tespit edilip tek çizelgede iş yükleri dengeli bir şekilde dağıtılabilir. Diğer yandan çizelgeleme, farklı sektörlerde ve işletmelere uygulanabilir. Oluşturulan modele, işletmenin yapısının gerektirdiği farklı kısıtlar eklenebilir. Model, işletmelerin ya da kurumların ihtiyacına göre zaman periyodu olarak genişletilebilir. Ayrıca karar değişkeni ve kısıt sayısı arttığında ortaya çıkan karmaşık

problem, genetik algoritmalar, sezgisel algoritmalar ya da simülasyon yöntemi gibi farklı yöntemler ile yeniden modellenebilir.

KAYNAKÇA

- Ağralı, S., Taşkın, Z. C., & Ünal, A. T. (2017). Employee scheduling in service industries with flexible employee availability and demand, *Omega*, 66, 159–169.
- Al-Hinai, N., Al-Yazidy, N., Al-Hooti, A., & Al-Shereiqi, 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., & Ong, M. E. H. (2017). Nurse workforce scheduling in the emergency department: a sequential decision support system considering multiple objectives. *Journal of Nursing Management*, 26(4), 432–441.
- Arslan, M., & Özcan, B. (2022). Hemşire çizelgeleme problemi ve bir sağlık kuruluşunda uygulama. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(1), 335–348.
- Atmaca, E., Pehlivan, C., Aydoğdu, B. C., & Yakıcı, M. (2012). Hemşire çizelgeleme problemi ve uygulaması. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 28(4), 351–358.
- Avcı, K., & Terzioğlu, F. (2015). Hastanelerde hemşire işgücü planlaması. *Uluslararası Hakemli Akademik Spor Sağlık ve Tıp Bilimleri Dergisi*, 14(5), 110–123.
- Azaiez, M. N., & Al Sharif, S. S. (2005). A 0-1 goal programming model for nurse scheduling. *Computers and Operations Research*, 32(3), 491–507.
- Bagheri, M., Devin, A. G., & Izanloo, A. (2016). A two-stage stochastic programming approach for nurse scheduling problem in a real word hospital. *Computers and Industrial Engineering*, 3(1), 192–200.
- Bayraktar E. (2019). *Tamsayılı hedef programlama ve hemşire çizelgeleme problemi için bir uygulama*. (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Bektur, B. & Hasgöl, S. (2013). Kıdem seviyelerine göre işgücü çizelgeleme problemi: Hizmet sektöründe bir uygulama. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi*, 15(2), 385–402.
- Erat, Ş., Korkmaz, M., Çimen, V., & Yahyaoglu, G. (2011). Hemşirelerin iş yaşam kalitesinin motivasyona etkisi. *Uluslararası Hakemli Akademik Spor Sağlık ve Tıp Bilimler Dergisi*, 1(1), 1–29.
- Geçici, E., & Güler, M. G. (2020). Hemşire çizelgeleme problemi için bir karar destek sistemi uygulaması. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(4), 749–757.
- Güngör, İ. (2002). Hemşire görevlendirme ve çizelgeleme sorununa bir model önerisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(2), 77–94.
- Hamid, M., Barzinpour, F., Hamid, M., & Mirzamohammadi, S. (2018). A Multi-objective mathematical model for nurse scheduling problem with hybrid DEA and augmented ϵ -constraint method: A case study. *Journal Of Industrial And Systems Engineering*, 11, 98–108.
- Ho, T. W., Yao, J. S., Chang, Y. T., Lai, F., Lai, J. F., Chu, S. M., Liao, W.C., & Chiu, H. M. (2018). A platform for dynamic optimal nurse scheduling based on integer linear programming along with multiple criteria constraints. *AICCC '18 Proceedings of the 2018 Artificial Intelligence and Cloud Computing Conference*, 145–150.
- Jafari, H., Bateni, S., Daneshvar, P., Bateni, S., & Mahdioun, H. (2016). Fuzzy mathematical modelling approach for the nurse scheduling problem: A case study. *International Journal of Fuzzy Systems*, 18(2), 320–332.
- Karaatlı, M. (2010). *Bulanık ortamda çok amaçlı işgücü çizelgeleme: hemşireler için bir uygulama*. (Basılmamış Doktora Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Karpuz, E., & Batun, S. (2020). Nurse scheduling and rescheduling under uncertainty. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 38(1), 75–95 .
- Keskin, M. E., Kılıç-Delice, E., & Akkaya, G. (2020). Birden fazla bölüm için adil hemşire çizelgeleme. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 24(4), 1705–1720.

- Kılıç, M., & Tunç, Ş. (2004). İnsan kaynakları planlaması açısından doğu ve güneydoğu anadolu bölgelerinde çalışan hekimlerin sorunları ve memnuniyet durumlarının değerlendirilmesi. *Sağlık İdaresi Dergisi*, 7(1), 39–65.
- Lapègue, T., Prot, D., & Bellenguez-Morineau, O. (2012). A tour scheduling problem with fixed jobs: Use of constraint programming. *Practice And Theory Of Automated Timetabling*, (PATAT 2012), 29–31 August, Norway, 94–113.
- Legrain, A., Bouarab, H., & Lahrichi, N. (2015). The nurse scheduling problem in real life. *J Med Syst*, 39, 160–171.
- 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.
- Nasiri, M. M., & Rahvar, M. (2017). A two-step multi-objective mathematical model for nurse scheduling problem considering nurse preferences and consecutive shifts. *International Journal of Services and Operations Management*, 27(1), 83–101.
- Neos-server (2019). *Linear programming*. Retrieved from: www.neos-server.org (09.06.2019)
- Özcan, U., & Toklu, B. (2009). Multiple-criteria decision-making in two-sided assembly line balancing: A goal programming and a fuzzy goal programming models. *Computers and Operations Research*, 36(6), 1955–1965.
- Öztürk, A. (2016). *Yöneylem Araştırması*. Bursa: Ekin Yayınları.
- Öztürkoğlu, Y., & Çalışkan, F. (2014). Hemşire çizelgelemesinde esnek vardiya planlaması ve hastane uygulaması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 115–133.
- Pan, Q. K., Suganthan, P., Chua, T. J., & Cai, T. X. (2010). Solving manpower scheduling problem in manufacturing using mixed-integer programming with a two-stage heuristic algorithm. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 46, 1229–1237.
- Pan, S., Akplogan, M., Touati, N., Létocart, L., Calvo, R. W., & Rousseau, L. M. (2018). A hybrid heuristic for the multi-activity tour scheduling problem. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 69, 333–340.
- Patır, S. (2009). Tam sayılı programlama ve Malatya Maksan transformator işletmesinde bir uygulama. *İnönü Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(1), 193–206.
- Sabar, M., Montreuil, B., & Frayret, J. M. (2009). A Multi-agent-based approach for personnel scheduling in assembly centers. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 22, 1080–1088.
- Şantaş, F., Özer, Ö. & Çıraklı, Ü (2012). Türk kalkınma planlarında sağlık insan gücü planlaması. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2(2), 45–59.
- Taha, H. (2007). *Operation Research*. New York: Pearson Prentice Hall.
- 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.
- 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, E., 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 (Eds.) *Digitizing Production Systems. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham.
- 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.

Etik Beyanı : Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara uyulmuştur. Aksi bir durumun tespiti halinde ÖHÜİBF Dergisinin hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk çalışmanın yazar(lar)ına aittir. Çalışmada kullanılan veriler 2019 yılında toplanmış ve veriler analiz edilmiştir. Veriler 2020 yılı öncesi toplandığından etik kurul kararı gerekmemektedir.

Yazar Katkıları : 1. yazarın katkı oranı: % 50, 2. yazarın katkı oranı: % 50

Çıkar Beyanı : Yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

Not : Bu çalışma, Emrah BAYRAKTAR'ın Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü'nde 2019 yılında tamamladığı "Tamsayılı Hedef Programlama ve Hemşire Çizelgeleme Problemi İçin Bir Uygulama" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Teşekkür (Varsa) : Yayın sürecinde çalışmaya katkı sağlayan hakemlere ile editör kuruluna teşekkür ederiz.

Ethics Statement : The principles of ÖHÜİBF Journal's research and publication ethics were taken into consideration in all processes of the article. The data used in this study were collected in 2019 and the data were analyzed. Since the data were collected before 2020, an ethical committee decision was not required.

Author Contributions : In this study, the contribution rate of the first author is 50%, and the contribution rate of the second author is 50%.

Conflict of Interest : There is no conflict of interest among the authors.

Note : This study was generated from Emrah BAYRAKTAR's master's thesis titled "Integer Goal Programing And An Application For Nurse Scheduling Problem" which he completed at the Institute of Social Sciences of Pamukkale University in 2019.

Acknowledgement : We would like to thank the referees and editorial board who contributed to the study during the publication process.
