

KIDEM SEVİYELERİNE GÖRE İŞGÜCÜ ÇİZELGELEME PROBLEMİ: HİZMET SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA¹

Gülçin BEKTUR*
Servet HASGÜL*

ÖZET

Servis sistemlerinin ekonomide artan önemiyle işgücü, işletmelerin en önemli kaynaklarından biri haline gelmiştir. İşgücünün etkin kullanımıyla hizmet kalitesi artmakta ve rekabet avantajı sağlanmaktadır. Çizelgeleme faaliyetleri işgücünün etkin kullanımında önemli bir paya sahiptir. İşletme ve çalışan memnuniyeti için çizelge oluşturulurken birçok faktör göz önüne alınmalıdır. Bu çalışmada çalışanların becerileri, kıdem seviyeleri, tercihleri ve sistemin talepleri dikkate alınarak işgücünün görevlere, vardiyalara ve izin günlerine hedef programlama modeli ile atanması amaçlanmıştır. Modelin amaç fonksiyonu kıdem seviyelerine göre gevşek kısıtlardan sapmanın en küçüklenmesidir. Önerilen model bir servis sisteminde uygulanmıştır. Sonuçta manuel hazırlanan çizelgeye göre çözüm kalitesi açısından daha iyi çizelgeler çok kısa sürelerde elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İşgücü Çizelgeleme, Hedef Programlama, Kıdem Seviyeleri.

Jel Kodları: C61, J24, O15

WORKFORCE SCHEDULING PROBLEM ACCORDING TO SENIORITY LEVELS: AN APPLICATION FOR A SERVICE SYSTEM

ABSTRACT

With the increasing importance of the service systems in the economy, workforce has become one of the most important source of enterprises. Using workforce effectively increases service quality and provides competitive advantage. Scheduling activities has a significant share in the effective use of the workforce. Many factors should be considered when creating a timetable for satisfaction of management and employees. In this study, employees' skills, preferences, seniority levels and demands of the system taking into account for assigning employee to tasks, days- off and shifts via goal programming model. The objective function is

¹ Bu çalışma yazarın “Kıdem Seviyelerine Göre İşgücü Çizelgeleme Problemine Hedef Programlama Yaklaşımı”, başlıklı yüksek lisans tezinin bir bölümüne dayanmaktadır.

* Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, M.M.F, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Meşelik Kampüsü, 26480 Eskişehir, {gcol@ogu.edu.tr, shasgul@ogu.edu.tr}

minimizing deviations from soft constraints according seniority levels. The proposed model applied for a service system. As a result high quality solutions obtained within short times compared to manually prepared schedules.

Keywords: Workforce Scheduling, Goal Programming, Seniority Levels.

Jel Classification: C61, J24, O15

GİRİŞ

Günümüz ekonomisinde işgücü yoğunluğunun fazla olduğu hizmet sektörünün hızla önem kazanmasıyla işletmeler en önemli ve pahalı kaynak olan işgücünün etkin kullanımına giderek daha fazla önem vermeye başlamışlardır.

İşgücü çizelgeleme personele uygun çalışma çizelgelerinin oluşturulması olarak tanımlanabilir. Servis sistemlerinde işgücü çizelgeleme ile iş hukukuna ve talebe uygun olarak, çalışan memnuniyeti göz önünde bulundurularak çalışanların temel olarak vardiyalara atanması amaçlanır. Organizasyonların birbirinden farklı çalışma kurallarından ötürü modeller ve çözüm teknikleri birbirinden farklı olmaktadır (Topaloğlu, 2009: 943).

İşgücü çizelgeleme problemleri gerekli işgücü miktarının belirlendiği problemler, vardiya çizelgeleme, izin günü çizelgeleme, tur çizelgeleme, yeniden çizelgeleme, çalışanların görev ve vardiyalara atandığı problemler ve rotasyon çizelgeleme olarak sınıflandırılabilir. İşgücü çizelgeleme problemi farklı problem tiplerinin bir arada kullanımını gerektirebilmektedir. Bazı çalışmalarda başlangıçta gerekli personel sayısının belirlenmesi ve sonrasında çalışanların vardiyalara atanması (Maenhout ve Vanhoucke, 2012:485-499; Rong ve Grunow, 2009:725-739) ya da önce vardiyaların başlangıç bitiş saatlerinin belirlenip, çalışanların vardiyalara atanması şeklinde bütünleşik yaklaşımlar söz konusudur (Hojati ve Patil, 2011:37-50; Ertogral ve Bamuqabel, 2008:118-127).

Vardiya çizelgeleme (Wright ve Mahar, 2012: 1042- 1052) her bir vardiyada talebi karşılayacak miktarda çalışanın uygun vardiyalara atanması problemidir. Tur çizelgeleme (Bard ve Binici, 2003: 745- 771) hem izin günü çizelgeleme hem de vardiya çizelgeleme ve mola zamanlarının belirlendiği problemlerdir. Böylece işgücü hem günlük vardiyalara atanmakta hem de izin günleri ve mola zamanları belirlenmektedir. Yeniden çizelgeleme (Moz ve Pato, 2007: 667- 691) mevcut çizelgenin beklenmedik durumlar sonucu uygulanabilirliğini yitirdiği durumlarda çizelgenin yeni koşullarda olabildiğince mevcut çizelgeye bağlı kalarak güncellenmesidir.

Rotasyon çizelgeleme ise (Seçkiner ve Kurt, 2005: 161- 169) işçi sağlığının korunması, işin gerektirdiği ergonomik koşulların sağlanması ve

farklı becerilere sahip işgücünün elde edilmesi gibi amaçlarla çalışanların farklı görevlere atanmasını sağlayacak çizelgelerin oluşturulmasıdır.

Literatür taraması sonucu oluşturulan modellerin amaç fonksiyonları genel olarak personel maliyetlerinin (Castillo vd., 2009:162-170; Rong ve Grunow, 2009:725-739), çalışan personel sayısının (Barrera vd., 2012:802-812), yarı- zamanlı çalışan personel sayısının (Glover ve McMillan, 1986:563-573), iş yükü miktarlarının (Seçkiner ve Kurt, 2005:161-169) her bir çalışanın toplam çalışma saatinin (Hojati ve Patil, 2011:37-50), çeşitli durumlarda oluşan ceza katsayısının en küçüklenmesi (He ve Qu, 2012:3331-3343), çalışan memnuniyetinin (Mohan, 2008:1806-1813) ve hizmet kalitesinin ise (Castillo vd., 2009:162-170) en büyüklenmesidir. Çizelgeleme problemlerinde son yıllarda hedef programlama sıklıkla kullanılan bir yöntem olmuştur. Hedef programlamada amaç gevşek kısıtlardan sapmanın en küçüklenmesidir (Azaiez ve Sharif, 2005:491-507; Topaloğlu, 2009:943-957; Lin vd., 2012:483-493).

Çözüm yöntemleri olarak matematiksel modelleme ve sezgisellerden yararlanılmaktadır. Ayrıca iki aşamalı optimizasyon yöntemleri de tercih edilmektedir. Çözüm süresinin uzunluğundan ötürü model alt modellere ayrılabilir (Valouxis vd., 2012:425-433). Böylece farklı iki karar problemi oluşturulmaktadır. Sütun türetme yöntemi (Restrepo vd., 2012:466-472), kısıt programlama (Wong ve Chun, 2004:599-610), dal sınır algoritması ve sütun türetme yönteminin bütünleşik kullanımı (Beddoe ve Petrovic, 2006:649-671), tamsayı modelleme (Seçkiner vd., 2007:694-699), şebeke modelleri (Restrepo vd., 2012), dal sınır algoritması (Gamache vd., 2007:2384-2395), 0-1 hedef programlama, lineer olmayan matematiksel programlama (Sadjadi vd., 2011:699-710), bulanık mantık (Lin vd., 2012:483-493), vaka tabanlı muhakeme (Beddoe ve Petrovic, 2006:649-671) kullanılan yöntemler arasındadır. Ayrıca benzetim (Kabak vd., 2008:76-90), kuyruk modelleri (Ertogral ve Bamuqabel, 2008:118-127), Taguchi yöntemi (Akjiratıkarl vd., 2007:559-583) bazı çalışmalarda kullanılmıştır. Bu yöntemler de sezgisel ve matematiksel yöntemlere ek olarak tercih edilmektedir.

Büyük boyutlu problemlerin NP-zor olmasından ötürü çoğunda sezgisel yöntemlerden yararlanılmıştır. Genetik algoritmalar (Puente vd., 2009:1232-1242), tabu arama algoritması (Bellanti vd., 2004:28-40), dağınık arama (Maenhout ve Vanhoucke, 2010:155-167), tavlama benzetimi (Thompson ve Goodale, 2006:376-90), parçacık sürüsü optimizasyonu (Akjiratıkarl vd., 2007:559-583), değişken komşu arama yöntemi (Burke vd., 2010:484-493), yerel arama yöntemleri (Bellanti vd., 2004:28-40), ve önerilen yeni sezgiseller ile (Li vd., 2012:283-293) işgücü çizelgeleme problemlerine çözüm bulunmaktadır. Son yıllarda özellikle melez sezgisel yöntemlerin kullanımı artış göstermiştir (Carroasco, 2010:191-199).

Literatürde ele alınan problemlerde çalışan çeşitleri incelendiğinde heterojen çalışanlar yani farklı becerilerde (Krishnamoorthy vd., 2012:34-48) veya kıdem seviyeleri birbirinden farklı (Sungur, 2009:23-31), tam zamanlı ve yarı zamanlı çalışanların bir arada olduğu problemler incelenmeye başlanmıştır. Çalışanların aynı özelliklerde olduğu homojen işgücü çizelgeleme problemleri uygulama alanı daha kısıtlıdır.

Servis sistemlerinde müşteri memnuniyeti sistemin devamlılığı için çok önemlidir. Müşterilerine hızlı cevap veremeyen, kaynaklarını etkin kullanamayan sistemler rekabet ortamında devamlılığı sağlayamamaktadır. Müşteri memnuniyetinin sağlanmasında çalışanların payı büyüktür. Çalışanların tercihlerinin dikkate alındığı sistemlerde personel daha verimli olmakta ve hizmet kalitesi artmaktadır. Bu yüzden işgücünün uygun vardiyalara ve görevlere atanması sistemler için kritiktir.

Ekonomik kaygılar nedeniyle vardiyalar, geçmişte personel isteklerini göz ardı ederek planlanmıştır. İşgücü çizelgeleme ile sadece gerekli personel, gerekli zamanda minimum maliyeti verecek biçimde çizelgelenmemeli, çeşitli faktörler göz önünde bulundurulmalıdır (Seçkiner ve Kurt, 2005: 162).

Bu çalışmada çalışanlar, becerilerine uygun görevlere, tercihlerine uygun vardiyalara ve izin günlerine ağırlıklandırılmış hedef programlama yaklaşımıyla atanmaktadır. Çalışanlar farklı becerilerde ve kıdem seviyelerinde olup heterojen işgücü söz konusudur. Amaçların ağırlıklandırılmasında kıdem seviyeleri dikkate alınmıştır. Ağırlıklandırılmış hedef programlama ve manuel hazırlanmış çizelge çözüm kalitesi açısından karşılaştırılmıştır. Bu çerçevede çalışmanın birinci bölümünde problem tanımlanmıştır. İkinci bölümde önerilen matematiksel model verilmiştir. Üçüncü bölümde gerçek bir problem üzerinden model çözülmüş ve manuel hazırlanan çizelge ile karşılaştırılmıştır. Son bölüm ise sonuç ve öneriler bölümüdür.

1. PROBLEMİN TANIMLANMASI

Bu çalışmada bir restoranda personelin çizelgelenmesi problemi incelenmiştir. Çalışanların vardiyalara, tatil günlerine ve görevlere atanması için hedef programlama modeli geliştirilmiştir. Modelde çalışan istekleri ve becerileri göz önünde bulundurulmuştur.

Uygulama yapılan servis sisteminde farklı kıdem seviyelerinde 30 personel çalışmaktadır. Kurulmuşta sabah, öğlen ve akşam olmak üzere ayrıntıları aşağıda verilen üç ayrı vardiya planı uygulanmaktadır:

Sabah vardiyası: 4 saat (08:00-12:00)

Öğlen vardiyası: 6 saat (12:00-18:00)

Akşam vardiyası: 5 saat (18:00-23:00)

İş gücü belirli görevlerde uzmanlaşmıştır. Bu görevler, mutfak, servis ve kasadır. Bazı çalışanlar iki farklı görevde uzmanlaşmıştır. Fakat zorunlu durumlarda çalışanların vardiyalardaki her bir görevi yapması beklenmektedir. Yani lobide uzmanlaşmış bir personel gerekli durumlarda kasa görevine atanabilmektedir.

Personelin kıdem seviyesi işletmede çalıştığı yıl sayısına göre belirlenmekte olup, 1 ile 5 yıl arasında kıdem seviyeleri tanımlanmıştır. 5 kıdem seviyesi en kıdemli çalışanları göstermektedir. Tablo 1.'de kıdem seviyeleri ve çalışanların dağılımı gösterilmektedir. Kıdem seviyeleri dikkate alınarak çalışanlar olabildiğince istediği görev, tatil günü ve vardiyalara atanmaktadır.

Tablo 1. Çalışanlar ve Kıdem Seviyeleri

<i>Kıdem Seviyesi</i>	<i>Mevcut Çalışanlar</i>
5	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
4	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15
3	16, 17, 18, 19, 20
2	21, 22, 23, 24
1	25, 26, 27, 28, 29, 30

Çalışan tercihlerine ise aşağıdaki durumlarda başvurulmaktadır:

1) *İzin günü:* Kıdem seviyesi 4 ve üzeri olan çalışanlar haftanın iki günü izinlidir ve bu kıdem seviyelerine sahip çalışanların bir haftalık çizelgeleme periyodu için iki günü tercih etmeleri istenmektedir. Diğer çalışanlar haftanın tek günü izinlidir. Bu çalışanlardan da sadece bir günü tercih etmeleri beklenmektedir. Ek 1'de çalışanların izin almak istedikleri günler verilmiştir.

2) *Vardiyalar:* Her bir çalışandan, çalışmak için uygun olmadığı vardiyayı belirlemesi beklenmektedir. Çalışanların uygun olmadıkları vardiyalarda çalışması durumu engellenmektedir. Her çalışmak istedikleri vardiyada çalışmaları iş hukuku gereği mümkün değildir. Bu yüzden çalışmak istedikleri vardiyalar değil, çalışmak istemedikleri vardiyalar dikkate alınarak model kurulmuştur. Ek 2'de çalışanların çalışmak için uygun olmadığı gün ve vardiyalar verilmiştir.

Mevcut durumda çizelgeler el ile hazırlanmaktadır. Bu durum çizelge hazırlama süresinin uzamasına ve personel istekleriyle örtüşmeyen çizelgelere neden olmaktadır. Sistemde çizelge hazırlanırken kıdem seviyeleri, vardiya ve izin günü tercihleri, çalışan becerileri ve sistemin talepleri gibi pek çok faktör göz önüne alındığından artan çizelgeleme periyodu ve çalışan sayısı ile çizelge hazırlama süreci uzamakta ve istenilen kalitede çizelgeler oluşturulamamaktadır. Matematiksel bir yaklaşımla çizelge hazırlama süreci kısalmakta ve yüksek kalitede çizelgeler oluşturulmaktadır. Fakat tüm personelin tercihlerinin karşılanması mümkün

olmamaktadır. Bu durumda tercihlerden bir miktar sapmaya izin verilmekte ve bu sapma değeri enküçüklenmektedir. Bu yüzden hedef programlama yöntemi tercih edilmiştir. Hedef programlama yöntemiyle kıdem seviyeleri dikkate alınarak bir miktar sapmaya izin verilen kısıtlardan (gevşek kısıtlar) sapmalar enküçüklenmektedir.

2. ÖNERİLEN MATEMATİKSEL MODEL

Sıkı ve gevşek kısıtlardan oluşan hedef programlama modeli ile çalışanlar vardiyalara, izin günlerine ve görevlere atanmaktadır. Amaç fonksiyonu ise gevşek kısıtlardan sapmanın kıdem seviyelerine göre en küçüklenmesidir. Modelde kullanılan indis, küme, parametre ve karar değişkenleri şu şekildedir:

İndisler ve Kümeler:

- n : Çalışan sayısı ($n=30$)
 m : Planlama periyodundaki gün sayısı ($m=1, \dots, 7$)
 v : Sapma değişkeni sayısı ($v= 1, \dots, 4$)
 i : Çalışanlar indisi ($i= 1, \dots, n$)
 j : Günler indisi ($j= 1, \dots, m$)
 k : Vardiya indisi ($k= 1, 2, 3$)
 l : Görev indisi ($l=1, 2, 3$)
 w : Haftalar indisi ($w= 1, \dots, m/7$)
 s : i . Personelin kıdem seviyesi ($s= 1, 2, 3, 4$ ve 5)
 P : Tüm çalışan personel kümesi
 P_s : s yıl çalışan personel kümesi
 h_w : w haftasındaki günlerin kümesi

Parametreler:

- b_{jkl} : j . gün k . vardiya l . görev tipinde çalışması gereken personel sayısı
 t_k : Vardiya uzunluğu
 a_{ijk} : i . çalışanın j . gün k . vardiyada çalışma uygunluğu ($a_{ijk}=1$ ise çalışan o günkü ilgili vardiyada çalışmak istiyor, $a_{ijk}=0$ ise çalışan ilgili gün ve vardiyada çalışmak istemiyor.)
 h_{ij} : i . çalışan j . gün için izin isteme durumu ($h_{ij}=1$ ise çalışan o gün izinli olmak istiyor, $h_{ij}=0$ ise çalışan o gün izin almayı düşünmüyor.)
 z_{il} : i . çalışanın l . görevde çalışabilme durumu ($z_{il}=1$ ise o görevi gerçekleştirmek için yeterli beceriye sahip, $z_{il}=0$ ise çalışan o görevi gerçekleştirmek için yeterli beceriye sahip değil.)
 D_{enb} : Bir çalışanın bir gün boyunca çalışabileceği en fazla saat
 W_{enb} : Bir çalışanın bir hafta boyunca çalışabileceği en fazla saat
 W_{vs} : v . sapma değişkeninin s . kıdem seviyesi için ağırlığı

Karar değişkenleri:

$$y_{ijkl} = \begin{cases} 1 & i. \text{ \u00e7alışan } j. \text{ g\u00fcn } k. \text{ vardiya } l. \text{ g\u00f6rev tipine atanırsa} \\ 0 & d. d. \end{cases}$$
$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & i. \text{ \u00e7alıřan } j. \text{ g\u00fcn izinliyse} \\ 0 & d. d. \end{cases}$$
$$v_{ij}^{+1} = 1. \text{ gevşek kısıtın pozitif y\u00f6nde sapma değişkeni}$$
$$v_{ij}^{-1} = 1. \text{ gevşek kısıtın negatif y\u00f6nde sapma değişkeni}$$

Diğer gevşek kısıtlardan sapma değişkenleri de benzer şekilde d\u00fcş\u00fcn\u00fclm\u00fcşt\u00fcr. Bu bilgiler ışığında geliştirilen hedef programlama modeli řu şekildedir:

Model:

$$\begin{aligned} \text{Min } F(x) = & \sum_{i \in P_s} \sum_j W_{1s} \times v_{ij}^{+1} + \sum_{i \in P_s} \sum_j \sum_k \sum_l W_{2s} \times v_{ij}^{+2} + \\ & \sum_{i \in P_s} \sum_j \sum_k \sum_l W_{3s} \times v_{ijkl}^{+3} + \sum_{i \in P_s} \sum_j \sum_k \sum_l W_{4s} \times v_{ij}^{+4} + \\ & \sum_{i \in P_s} \sum_j \sum_k \sum_l W_{4s} \times v_{ij}^{-4} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\sum_i y_{ijkl} = b_{jkl} \quad \forall (j, k, l) \quad (2)$$

$$\sum_l y_{ijkl} \leq 1 \quad \forall (i, j, k) \quad (3)$$

$$\sum_k \sum_l y_{ijkl} \leq 3(1 - x_{ij}) \quad \forall (i, j) \quad (4)$$

$$\sum_{j \in hw} \sum_k \sum_l y_{ijkl} t_k \leq W_{enb} \quad \forall (i, w) \quad (5)$$

$$\sum_{j \in hw} x_{ij} = 1 \quad \forall (i \in P_s, w) \quad s=1, 2 \text{ ve } 3 \quad (6)$$

$$\sum_{j \in hw} x_{ij} = 2 \quad \forall (i \in P_s, w) \quad s=4 \text{ ve } 5 \quad (7)$$

$$\sum_k \sum_l y_{ijkl} t_k \leq D_{enb} \quad \forall (i, j) \quad (8)$$

$$\sum_{i \in P_{4,5}} \sum_l y_{ijkl} \geq 1 \quad \forall (j, k) \quad (9)$$

$$\sum_l y_{ij1l} + \sum_l y_{ij3l} \sum_l y_{ij2l} + v_{ij}^{-1} - v_{ij}^{+1} = 1 \quad \forall (i, j) \quad (10)$$

$$y_{ijkl} + v_{ijkl}^{-2} - v_{ijkl}^{+2} = z_{il} \quad \forall (i, j, k, l) \quad (11)$$

$$y_{ijkl} + v_{ijkl}^{-3} - v_{ijkl}^{+3} = a_{ijk} \quad \forall (i, j, k, l) \quad (12)$$

$$x_{ij} + v_{ij}^{-4} - v_{ij}^{+4} = h_{ij} \quad \forall (i, j) \quad (13)$$

$$x_{ij}, y_{ijkl} \in \{0, 1\} \quad (14)$$

$$v_{ij}^{-1}, v_{ij}^{+1}, v_{ijkl}^{-2}, v_{ijkl}^{+2}, v_{ijkl}^{-3}, v_{ijkl}^{+3}, v_{ij}^{-4}, v_{ij}^{+4} \geq 0 \quad (15)$$

Denklem (1) modelin amaç fonksiyonu olup, gevşek kısıtlardan sapmaların kıdem seviyelerine göre en küçüklenmesidir. Birinci, ikinci ve üçüncü gevşek kısıttan pozitif sapmalar, dördüncü gevşek kısıttan negatif ve pozitif sapmalar en küçüklenmektedir. Denklem (2) her gün ve vardiyada belirlenen görev tipi için gerekli çalışan sayısının karşılanmasını sağlar. Denklem (3) bir çalışanın aynı zamanda en fazla bir göreve atanmasını sağlar. Denklem (4) bir çalışan izin alacaksa, ilgili gündeki vardiyalarda çalışmamasını sağlar. Bir günde üç vardiya olduğu için $(I-x_{ij})$ üç ile çarpılmıştır. Denklem (5) bir çalışanın bir hafta boyunca çalışabileceği maksimum süreden fazla çalışmasını engeller. Denklem (6) ve (7) sırasıyla kıdem seviyesi 4 den düşük olan çalışanların haftada 1 gün, kıdem seviyesi 4 ve üzeri olan çalışanların ise haftada 2 gün izinli olmasını sağlar. Denklem (8) bir çalışanın bir gün boyunca çalışabileceği maksimum süreden fazla çalışmasını engeller. Denklem (9) ile her vardiyaya kıdem seviyesi 4 ve üzeri olan bir çalışanın atanması sağlanır. Denklem (10), (11), (12) ve (13) gevşek kısıtlardır. Denklem (10) ile vardiyalar arası boşluk olabildiğince engellenmektedir. Denklem (11) çalışanların olabildiğince profesyonelleştiği görev tipine atanmasını sağlar. Denklem (12) çalışanların ilgili günde istemedikleri vardiyalara atanmalarını engellemektedir. Çalışanların çalışmak istedikleri vardiyalar dikkate alınmamaktadır. Sadece pozitif yöndeki sapma amaç fonksiyonunda en küçüklenmektedir. Denklem (13) çalışanların tercih ettikleri günde izinli olmalarını sağlamaktadır. Bu kısıtta pozitif ve negatif yöndeki sapmalar en küçüklenmektedir. Denklem (14) ve (15) karar değişkenlerine ait işaret kısıtlarıdır.

3. BİR SERVİS SİSTEMİNDE UYGULAMA

Geliştirilen model otuz çalışanı bulunan bir restoranda uygulanmıştır. Servis sisteminden elde edilen veriler doğrultusunda geliştirile model çözülmüştür. İşletmede yedi günlük zaman periyodu için çizelgeleme yapılmıştır. Sapma değişkenlerinin kıdem seviyelerine göre ağırlık değerleri, çalışanların ortak kararıyla, Tablo 2'deki gibi belirlenmiştir.

Tablo 2: Kıdem Seviyelerine Göre Sapma Değişkeni Ağırlıkları

<i>Sapma Değişkenleri (W_{vs})</i>	<i>Kıdem Seviyeleri (s)</i>				
	1	2	3	4	5
1.sapma değ. (W_{1s})	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
2.sapma değ. (W_{2s})	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
3.sapma değ. (W_{3s})	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
4.sapma değ. (W_{4s})	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30

Tablo 2'de verilen 1. ve 2. sapma değişkenleri kıdem seviyesi düşük çalışanlar için daha önemlidir. 3. ve 4. sapma değişkenleri ise kıdem seviyesi

yüksek olan çalışanlar açısından daha önemlidir. 1. sapma değişkeni ise vardiyalar arası boşluğu engelleyen kısıt için kullanılmaktadır. Vardiyalar arası boşluk, çalışma performansını ve işi öğrenme sürecini negatif yönde etkilediği gerekçesiyle, kıdem seviyesi düşük olan çalışanlar için daha önemlidir. 2. sapma değişkeni ise çalışanların uzmanlaştığı göreve atanmasını sağlamaktadır. Bu kısıttan sapmalar yine kıdem seviyesi düşük olan çalışanlar açısından daha önemlidir. 3. ve 4. sapma değişkenleri ise çalışanların tercihleriyle ilgilidir.

Modelin çözümünde “Intel (R) Core (TM) i5-2410 M CPU@2.30 GH” işlemcisi, 8 GB belleği ve Windows 7 işletim sistemine sahip bilgisayar kullanılmıştır. İlgili verilerin girilmesiyle model GAMS 23.7 programında kodlanmış ve CPLEX çözücüsü ile çözülmüştür. Modelde kullanılan diğer parametreler ise Ek-3 ve Ek-4’te verilmiştir.

Tablo 3’de ağırlıklandırılmış hedef programlama yöntemi sonucu elde edilen sapma değerleri ve mevcut yöntem ile elde edilen çizelgenin sapma değerleri verilmiştir. Ek 5’te ise elde edilen çizelge ayrıntılı olarak verilmiştir. Tablo 3’te verilen sapma değişkenlerinin değerleri ne kadar küçükse çizelge o oranda kalitelidir.

Tablo 3: Ağırlıklandırılmış Hedef Programlama Yöntemlerine Göre Elde Edilen Sapma Değişkeni Değerleri

Sapma Değişkenleri	v_{ij}^{+1}	v_{ijkl}^{+2}	v_{ijkl}^{+3}	v_{ij}^{+4}	v_{ij}^{-4}
Model Sapma Değerleri	8	0	6	3	3
Manuel Sapma Değerleri	14	9	8	5	5

Çizelge kalitesi gevşek kısıtlardan sapma miktarları dikkate alınarak belirlenmiştir. Gevşek kısıtlara eklenen karar değişkenlerinin 0 değerini alması ilgili kısıttan sapmanın olmadığını göstermektedir. Modelin çözümüyle ikinci sapma değişkeni olan v_{ijkl}^{+2} sıfır değerini almıştır. Bu durum çalışanların uzmanlaşmadığı bir göreve atanmadığını gösterir. Fakat uzman olduğu bütün görevlere atanmasını sağlayan v_{ijkl}^{-2} karar değişkeni sıfırdan farklı değer almıştır. Fakat amaç fonksiyonunda yer olmadığından tabloda verilmemiştir.

Probleme ait manuel çözüm takım lideri tarafından oluşturulmuştur. Modelin çalıştırılmasıyla oluşturulan çizelge takım lideri tarafından değerlendirilmiştir. Problemlere ait çözüm tatmin edici bulunmuştur. Özellikle çalışan sayısı ve çizelgeleme periyodu arttıkça el ile çizelgeleme zorlaşmaktadır. Modelin kurulmasıyla elde edilen çizelgeler mevcut durumda hazırlanan çizelgelere göre amaçları daha iyi karşılamakta hem de el ile çözümün getirdiği iş yükünü ortadan kaldırmaktadır.

Otuz çalışanın olduğu yedi günlük çizelgeleme periyodu için oluşturulan manuel çizelgede sapma değerleri Tablo 3’te sırasıyla

verilmiştir. Bütün değişkenler için önerilen modelin kullanımıyla manuel hazırlanan çizelgeden daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

SONUÇ

Literatürde işgücü çizelgeleme ile ilgili pek çok çalışma olmasına rağmen çalışan tercihlerini, becerilerini ve kıdem seviyelerini bir arada dikkate alan hedef programlama modeline rastlanmamıştır. Bu çalışmada farklı kıdem seviyelerindeki çalışanlar incelenmiştir. Çalışanlar olabildiğince uygun oldukları vardiyalara, istedikleri izin günü ve becerilerine uygun görevlere atanmaktadır.

Geliştirilen hedef programlama modelinde kıdem seviyeleri dikkate alınarak gevşek kısıtlardan sapmalar en küçüklenmiştir. Çalışanların becerilerine uygun görevlere atanmasını sağlayan, tercih ettikleri günde izinli olmalarını sağlayan, uygun oldukları gün ve vardiyada çalışmalarını sağlayan ve vardiyalar arası boşluğu engelleyen kısıtlar gevşek kısıtlardır.

Model 30 çalışanın olduğu bir servis sisteminde 7 günlük çizelgeleme periyodu için ağırlıklandırılmış hedef programlama yöntemiyle çözülmüştür. Ayrıca çözülen problem için işletmeden her zaman hazırladıkları gibi çizelgelerini hazırlamaları istenmiştir. Manuel olarak hazırlanan çizelge ve modelin çözümüyle elde edilen çizelge karşılaştırılmıştır. Sonuçta modelin çözümü ile elde edilen çizelge çözüm kalitesi açısından daha iyidir. Ayrıca önerilen modelin kullanımıyla çizelge hazırlama süresi büyük oranda azalmaktadır.

Daha sonraki çalışmalarda her bir çalışan için mola saatlerinin de belirlendiği ve işyükü dengesinin sağlandığı çizelgeler için model geliştirilebilir. Ayrıca her bir görev için gerekli çalışan sayısı benzetimle belirlenip, sonrasında çizelgeleme yapılabilir. Gerekli düzenlemelerle kıdem seviyeleri dikkate alınarak geliştirilen model farklı alanlarda uygulanabilir. Problem boyutunun artmasıyla çözüm süresinin uzamasından dolayı metasezgisel yöntemler geliştirilebilir ve kullanım kolaylığı için karar destek sistemi tasarlanabilir.

KAYNAKÇA

AKJIRATIKARL, Chananee, YENRADEE, Pisal and DRAKE, Paul (2007) "PSO- based algorithm for home care worker scheduling in the UK," in Dessouky, Mohamed (ed.) *Computers & Industrial Engineering*, 53, 4, pp.559- 583

AZAIKIEZ, M. and SHARIF, S. (2005) "A 0-1 goal programming model for nurse scheduling," in Nickel, Stefan (ed.) *Computers & Operation Research*, 32, 3, pp. 491- 507.

BARD, Jonathan, BINICI, Canan (2003) "Staff scheduling at the United State Postal Service," in Nickel, Stefan (ed.) *Computers & Operation Research*, 30, 5, pp. 745- 771

BARRERA, David, VELASCO, Nubia and AMAYA, Ciro. (2012) "A network- based approach to the multi- activity combined timetabling and crew scheduling problem: Workforce scheduling for public health policy implementation," in Dessouky, Mohamed (ed.) *Computers & Industrial Engineering*, 63, 4, pp. 802- 812

BEDDOE, Gareth and PETROVIC, Sanja (2006) "Selecting and weighting features using a genetic algorithm in a case- based reasoning approach to personnel rostering," in Slowinski R. (ed.) *European Journal of Operational Research*, 175, 2, pp.649- 671

BELLANTI, F., CARELLO, G., CROCE, F. and TADEI, R. (2004) "A greedy based neighborhood search approach to a nurse rostering problem," in Slowinski R. (ed.) *European Journal of Operational Research*, 153, 1, 28- 40

BURKE, Edmund, LI, Jingpeng and QU, Rong (2010) "A hybrid model of integer programming and variable neighbourhood search for highly- constraint nurse rostering problems," in Slowinski R. (ed.) *European Journal of Operational Research*, 203, 2, pp.484- 493

CARROSCO, Rafael (2010) "Long- term staff scheduling with regular temporal distribution," *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 100, 2, pp.191- 199

CASTILLO, Ignacio, JORO, Tarja and LI, Yong (2009). "Workforce scheduling with multiple objectives," in Slowinski R. (ed.) *European Journal of Operational Research*, 196, 1, pp.162- 170

ERTOGRAL, Kadir and BAMUQABEL, Bader (2008) "Developing staff schedules for a bilingual telecommunication call center with flexible workers," in Dessouky, Mohamed (ed.) *Computers & Industrial Engineering*, 54, 1, pp.118- 127

GAMACHE, Michel, HERTZ, Alain and OULLET, Jerome (2007) "A graph coloring model for a feasibility problem in monthly crew scheduling with preferential bidding," in Nickel, Stefan (ed.) *Computers and Operations Research*, 34, 8, pp.2384- 2395

GLOVER, Fred and MCMILLAN, Claude (1986) "The general employee scheduling problem: An integration of MS and AI," in Nickel, Stefan (ed.) *Computers & Operations Research*, 13, 5, pp.563- 573

HE, F. and QU, R. (2012) "A constraint programming based column generation approach to nurse rostering problems," in Nickel, Stefan (ed.) *Computers and Operations Research*, 39, 12, pp.3331- 3343

HOJATI, Mehran and PATIL, Ashok (2011) "An integer linear programming- based heuristic for scheduling heterogeneous, part- time service employees," in Slowinski R. (ed.) *European Journal of Operational Research*, 209, 1, pp.37- 50

KABAK, Özgür, ULENGİN, Füsün, AKTAS, Emel, ONSEL, Şule and TOPCU, İlker (2008) "Efficient shift scheduling in the retail sector through two- stage optimization," in Slowinski R. (ed.) *European Journal of Operational Research*, 184, 1, pp.76- 90 .

KRISHNAMOORTHY, M., ERNST, A. and BAATAR, D. (2012) "Algorithms for large scale shift minimisation personnel task scheduling problems," in Slowinski R. (ed.) *European Journal of Operation Research*, 219, 1, pp.34- 48 .

LIN, Hung- Tso, CHEN, Yeng- Ting, CHOU, Tsung- Yu and LIAO, Yi- Chun (2012) "Crew rostering with multiple goals: An empirical study," in Dessouky, mohamed (ed.) *Computers & Industrial Engineering*, 63, 2, pp.483- 493

MAENHOUT, Broos and VANHOUCKE, Mario (2010) "A hybrid scatter search heuristic for personalized crew rostering in the airline industry," in Slowinski R. (ed.) *European Journal of Operational Research*, 206,1, pp.155- 167 .

MAENHOUT, Broos and VANHOUCKE, Mario (2011) "An evolutionary approach for the nurse rerostering problems," in Nickel, Stefan (ed.) *Computers & Operations Research*, 38, 10, pp.1400- 1411

MOHAN, Srimathy (2008) "Scheduling part- time personnel with availability restrictions and preferences to maximize employee satisfaction," *Mathematical and Computer Modelling*, 48, 11-12, pp.1806- 1813

MOZ, Margarita and PATO, Margarita Vaz (2007) "A genetic algorithm approach to a nurse rostering problem," in Nickel, Stefan (ed.) *Computers & Operation Research*, 34, 3, pp.667- 691

PUENTE, Javier, GOMEZ, Alberto, FERNANDEZ, Isabel and PRIORE, Paolo (2009) "Medical doctor rostering problem in a hospital emergency department by means of genetic algorithms," in Dessouky, mohamed (ed.) *Computers & Industrial Engineering*, 56, 4, pp.1232- 1242

RESTREPO, Maria, LOZANO, Leonardo and MEDAGLIA, Andres (2012) "Constrained network- based column generation for the multi-activity shift scheduling problem," *Int. J. Production Economics*, 140, 1, pp. 466- 472

RONG, Aiyong and GRUNOW, Martin (2009), "Shift designs for freight handling personnel at air cargo terminals," *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 45, 5, pp.725- 739

SADJADI, S., SOLTANI, R., IZADKHAH, M., SABERIAN, F. and DARAYI, M. (2011) "A new nonlinear stochastic staff scheduling model," *Scientia Iranica*, 18, 3, pp.699- 710

SEÇKİNER, Serap ve KURT, Mustafa (2005) "Bütünleşik tur-rotasyon çizelgeleme yaklaşımı ile iş yükü minimizasyonu," *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* , 20, 2, ss. 161-169

SEÇKİNER, Serap, GÖKÇEN, Hadi and KURT, Mustafa (2007) "An integer programming model for hierarchical workforce scheduling problem," in Slowinski R. (ed.) *European Journal of Operational Research*, 183, 2, pp.694- 699

SUNGUR, Banu (2009) "Hiyerarşik işgücü çizelgeleme problemi için tamsayılı programlama modeli," *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi* , 24, 2, ss.23- 31

THOMPSON, Gary and GOODALE, John (2006) "Variable employee productivity in workforce scheduling," in Slowinski R. (ed.) *European Journal of Operational Research*, 170, 2, pp.376- 390

TOPALOGLU, Şeyda (2006) "A multi- objective programming model for scheduling emergency medicine residents," in Dessouky, mohamed (ed.) *Computers & Industrial Engineering*, 51, 3, pp.375- 388

TOPALOGLU, Şeyda (2009) "A shift scheduling model for employees with different seniority levels and an application in healthcare," in Slowinski R. (ed.) *European Journal of Operational Research*, 198, 3, pp.943- 957 .

VALOUXIS, Christos, GOGOS, Christos, GOULAS, George, ALEFRAGIS, Panayiotis and HOUSOS, Efthymios (2012) "A systematic two phase approach for the nurse rostering problem," in Slowinski R. (ed.) *European Journal of Operational Research*, 219, 2, pp.425- 433

WONG, G. and CHUN, A. (2004) "Constraint- based rostering using meta level reasoning and probability based ordering," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 17, 6, pp.599- 610

WRIGHT, Daniel and MAHAR, Stephan (2012) "Centralized nurse scheduling to simultaneously improve schedule cost and nurse satisfaction," *Omega*, 41, 6, pp.1042- 1052

Ek 1. Çalışanların İzin Almak İstedikleri Günler

İlgili hücrede 1 olması çalışanın ilgili günde izin istediğini göstermektedir.

Çalışanlar	İzin istenen günler						
	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma	Cumartesi	Pazar
	1	2	3	4	5	6	7
1		1					1
2				1		1	
3			1		1		
4		1					1
5				1			1
6			1			1	
7			1				1
8		1			1		
9	1			1			
10		1			1		
11	1				1		
12		1					1
13		1		1			
14	1				1		
15		1			1		
16				1			
17	1						
18							1
19					1		
20	1						
21	1						
22				1			
23					1		
24				1			
25				1			
26				1			
27							1
28	1						
29							1
30				1			

Ek 2. Çalışanların Çalışmak için Uygun Olmadığı Gün ve Vardiyalar

İlgili hücrede 0 olması çalışanın o gün ve vardiyada çalışmak istemediğini göstermektedir.

Çalışanlar	Çalışanların Uygun Olmadığı Günler ve Vardiyalar																				
	Pazartesi			Salı			Çarşamba			Perşembe			Cuma			Cumartesi			Pazar		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	0	0					0	0		0		0	0				0		0		
2	0						0		0	0									0	0	
3			0		0			0	0						0	0			0		
4				0	0			0	0				0				0			0	
5				0			0				0					0			0		
6				0				0			0	0			0	0					
7	0						0		0			0	0			0					
8				0	0			0					0			0	0				
9				0	0				0		0	0				0	0			0	
10			0	0	0					0			0				0			0	
11				0	0				0	0						0		0		0	
12		0			0				0							0	0			0	
13				0				0	0				0						0		
14		0	0	0						0					0		0			0	
15		0					0	0				0	0						0	0	
16							0	0			0				0	0					
17										0	0			0			0	0			
18		0	0			0	0				0				0		0				
19				0	0			0				0	0						0	0	
20		0	0				0						0	0				0		0	
21		0		0							0					0					
22			0	0				0					0	0			0		0	0	
23		0	0			0	0				0					0	0				
24		0	0			0	0					0		0		0				0	
25		0	0			0	0			0					0		0				
26	0						0		0			0	0				0	0	0		
27				0					0		0		0	0				0	0	0	
28		0	0			0				0		0		0					0		
29							0	0			0				0	0	0			0	
30		0	0		0				0	0		0			0	0		0			

Ek 3. Haftalık Gerekli Çalışan Sayısı

Görev yerleri için ilgili gün ve vardiyada gerekli çalışan sayısı

Günler		Pazartesi			Salı			Çarşamba			Perşembe			Cuma			Cumartesi			Pazar		
Vardiyalar		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Görevler	1. görev	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6
	2. görev	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
	3. görev	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4

Ek 4. Çalışan Becerileri

Tabloda her bir çalışanın ilgili görev için becerisi verilmiştir. Hücrede 1 olması çalışanın ilgili görevi gerçekleştirebilecek beceriye sahip olduğunu göstermektedir. 1. görev kasa, 2. görev mutfak ve 3. görev servis içindir.

	1. Görev	2. Görev	3. Görev		1. Görev	2. Görev	3. Görev
1. Çalışan	1			16. Çalışan			1
2. Çalışan			1	17. Çalışan	1		
3. Çalışan	1	1		18. Çalışan	1		
4. Çalışan	1		1	19. Çalışan		1	1
5. Çalışan			1	20. Çalışan		1	
6. Çalışan	1	1		21. Çalışan	1		
7. Çalışan	1	1	1	22. Çalışan	1		
8. Çalışan		1		23. Çalışan		1	
9. Çalışan		1	1	24. Çalışan			1
10. Çalışan	1	1		25. Çalışan	1		
11. Çalışan	1			26. Çalışan			1
12. Çalışan		1		27. Çalışan	1		
13. Çalışan	1			28. Çalışan		1	
14. Çalışan			1	29. Çalışan	1		
15. Çalışan		1		30. Çalışan	1	1	

Ek 5. Ağırlıklandırılmış Hedef Programlama Yaklaşımının Kullanılmasıyla Elde Edilen Çizelge

Çalışanlar	Çalışanların Atandığı Gün, Vardiya ve Görev Yerleri																										
	Pzt.			Salı			Çarşamba			Perşembe			Cuma			Cumartesi			Pazar								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3						
1			K				K			K		K			K	K	K										
2		S	S	S	S			S						S	S												S
3	M	K		K						K	K							K		K	K						
4		S	S				S			S		S		K	K	S		S									
5		S	S			S		S					S		S		S	S									
6		K	K		K	M				K			M	M						K		K					
7			K			K				S	K			K	M		M	K									
8		M	M				M			M	M							M	M								
9						M	S	M					S	M				S	S	S							
10	M	M					K	K			K	M				K			M	M							
11						K	K	K			K	K					K		K								
12			M				M	M		M	M		M	M				M									
13			K				K							K	K	K	K									K	K
14					S	S			S		S	S				S			S			S			S		S
15			M						M	M						M	M										M
16	S			S				S					S	S			S	S	S	S							
17				K	K				K			K	K			K			K						K	K	
18	K			K	K			K	K			K	K	K				K									
19	S	M				M	S			S	S					M	S										S
20				M	M				M			M			M	M	M		M	M		M					M
21				K						K				K	K		K	K		K	K						K
22	K	K			K	K			K				K			K	K		K	K		K					
23	M			M	M			M	M			M					M	M				M	M	M			
24	S			S	S			S	S					S		S			S			S			S	S	
25	K			K	K			K	K				K						K	K					K	K	K
26						S						S	S			S	S	S				S			S	S	
27			K	K			K				K					K	K	K									K
28				M	M		M				M				M	M									M	M	
29	K	K						K		K	K	K							K	K	K				K	K	K
30	K					K	K	K					M					M	M	K	M						

K Kasa **M** Mutfak **S** Servis İzimli