



Metro İstasyon İşletme Şeflerinin Vardiyalarının Hedef Programlama ile Çizelgelenmesi

Ayşe YELEK, Tamer EREN*, Şeyda GÜR, Hacı Mehmet ALAKAŞ

*Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 71450,
Kırıkkale, Türkiye*

**tamereren@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5282-3138*

(Alınış/Received: 23.01.2019, Kabul/Accepted: 26.02.2019, Yayımlama/Published: 31.07.2019)

Özet: Personel çizelgeleme problemi işletmeler için önemli bir sorundur. Doğru personele doğru görevin doğru zamanda verilmesi ve işgücünün verimli kullanılması, üretimin veya hizmetin aksamadan yapılmasını doğrudan etkiler. Aynı zamanda personel için adaletli bir çalışma planının oluşturulması ve personel haklarının korunması personel memnuniyetini artırır. Raylı sistemlerde ise personellerin çizelgelenmesi hizmetin sürekliliğini ve güvenliğini sağladığı için hem çalışan hem de sistemin kullanıcıları olan yolcular için büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada da ANKARAY metrosunda çalışan istasyon işletme şefleri için çalışma planının oluşturulması amaçlanmıştır. Problemin çözümünde hedef programlama yöntemi kullanılmıştır. Hedef programlama ile oluşturulan matematiksel modelin çözümünde ise ILOG Cplex Optimizasyon programı kullanılmıştır. Yirmi personel için iki ana ve iki ek vardiya ile tatil günlerinin dikkate alındığı otuz bir günlük bir çizelge oluşturulmuştur.

Anahtar kelimeler: Personel Çizelgeleme, Hedef Programlama, Raylı Sistemler

Scheduling of Metro Station Operation Chiefs' Shifts with Goal Programming

Abstract: The staff scheduling problem is an important problem for businesses. Proper staffing at the right time and the efficient use of the labor force directly affect the production or service without interruption. At the same time, creating a fair work plan for the staff and protecting the rights of the personnel increase the satisfaction of the personnel. In rail systems, the staff scheduling is of great importance for the passengers who are both the employees and the users of the system, as they ensure the continuity and security of the service. In this study, it is aimed to create a work plan for station operating chiefs working in ANKARAY subway. The goal programming method is used to solve the problem. ILOG Cplex Optimization program is used to solve mathematical model created with goal programming. A thirty-one-day schedule has been created for twenty personnel with two main and two additional shifts and holidays.

Key words: Staff Scheduling, Goal Programming, Rail Systems

1. Giriş

Günümüzde her bir kurum veya kuruluşta çalışan personellerin iyi bir çalışma çizelgelerinin yapılması hem ilgili işletmenin verimli bir şekilde faaliyetlerini sürdürmesi hem de çalıştırdığı personelin memnuniyeti açısından çok önemli bir unsurdur. Personellerin verimliliklerinin ve iş tecrübelerinin artırılması, fiziksel ve zihinsel açıdan kendilerini iyi hissetmeleri gibi unsurlar dikkate alınmak istendiğinde personel vardiyalarının doğru ve istenilene uygun planlanması çok büyük bir öneme sahiptir [1].

Raylı sistemlerde çalışan personeller için çizelgeleme, iş ve personel arasındaki dengenin sağlanması açısından önem taşımaktadır [2]. Bir raylı sistemdeki hizmetin istenilen zaman aralığında aksama olmadan sağlanması gerekmektedir. İstasyon işletme şefleri bu kesintisiz hizmetin verilebilmesi için çalışmaktadır. ANKARAY metro hattında toplam yirmi adet personel

A. Yelek, T. Eren, Ş. Gür, H. M. Alakaş, "Metro istasyon işletme şeflerinin vardiyalarının hedef programlama ile çizelgelenmesi," *Demiryolu Mühendisliği*, no. 10, pp. 17-30, July 2019.

Demiryolu Mühendisliği

bu görevi vardiyalı olarak yapmaktadır. Bu çalışmada hem hizmetin kesintisiz sağlanması hem de personellerin eşit ve dengeli bir vardiya planına sahip olduğu bir sistem oluşturulması amaçlanmıştır.

Personel çizelgeleme probleminin çözümünde matematiksel modellemeden çokça yararlanılmaktadır. Hedef programlamanın temel mantığı hedef kısıtlarına eklenen negatif ve pozitif sapmaların minimize edildiği bir amaç fonksiyonuna sahip olmasıdır. Bu çalışmada problemin hedef programlama yöntemi ile çözülmesi hedeflenmiştir. Matematiksel model oluşturulmuştur. Parametreler belirlenmiş, karar değişkeni tanımlanmış, kısıtlar oluşturulmuş, son olarak da hedefler belirlenmiştir. Amaç fonksiyonunda bu hedeflerdeki negatif ve pozitif saplamalar en küçüklenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde personel çizelgeleme problemi anlatılmıştır. Üçüncü bölümde ise hedef programlama yöntemine yer verilmiştir. Dördüncü bölümde personel çizelgeleme ile ilgili yapılan çalışmaların olduğu literatür taraması bulunmaktadır. Beşinci bölümde istasyon işletme şeflerinin çizelgelenmesi için oluşturulan model ve sonuçları yer almaktadır. Son bölüm olan altıncı bölümde yapılan çalışmanın sonuçları verilmiş ve gelecekte yapılabilecek çalışmalar hakkında önerilerde bulunulmuştur.

2. Personel Çizelgeleme

Personel çizelgeleme günümüzde işletmeler için dikkate alınması gereken önemli bir çizelgeleme çalışmasıdır. İş çizelgelemesinin, işin zamanında teslim edilmesini, beklemlerin azaltılmasını sağlaması gibi personelin çizelgelenmesi de işin veya hizmetin zamanında yerine getirilmesini, sistemin kullanıcılarının beklemlerini azaltılmasını sağlamaktadır. Tüm sektörlerde olduğu gibi raylı sistemlerde de personel çizelgelenmesi büyük bir önem arz etmektedir. Raylı sistemlerde çalışan personellerin çizelgelenmesi personelin verimini artırmakla beraber bu sistemin sürekliliğini ve sistemin kullanıcıları olan yolcuların güvenliliğini, hizmetten daha kısa sürede yararlanmasını sağlamaktadır.

Fabrikalar veya işletmeler personelleri için bir çalışma planı yaparak personel memnuniyeti, verimliliği, işletme giderleri ve zaman gibi konularda iyileştirmeler yapabilmeyi hedeflerler [2].

- Hizmetlerin sıralanması ve zamanlaması,
- Personel ve iş arasındaki denge,
- Hizmetin gecikmesiz olarak gerçekleşmesi,
- Personelin yasal haklarının korunması
- İş güvenliği gibi konular iyi bir çizelge ile çözülebilir [3].

Vardiya çizelgelemesi ise personel çizelgelemesinin özel bir halidir. Vardiya çizelgeleme çalışması birbirinden farklı alanlarda çalışan güvenlik personeli, ulaşım personeli, sağlık personeli ve fabrika işçileri gibi hizmet ya da üretimin ekonomik ve kamusal açıdan sürekliliği olan alanlarda çalışan personellerin çizelgelenmesinde sıklıkla kullanılan bir sistemdir. Bir kurum ya da kuruluşta çalışan personel için kurumun çalışma koşullarını ve yasal düzenlemeleri dikkate alarak belirlenmiş vardiyalara adaletli ve sistemli bir şekilde çalışma planı oluşturulması vardiya çizelgeleme problemi olarak tanımlanabilir. Bir kurum ve kuruluşta aylık, haftalık veya yıllık şekillerde vardiya çizelgelemesi yapılabilir. Bu çizelgelemelerde bazen çalışan personellerin özel izin ve istekleri yerine getirilerek, bazen de personelleri uzman oldukları iş kollarına atayarak çalışma planlarına ek olarak değerlendirilebilmektedir.

3. Literatür Araştırması

Personel çizelgeleme problemleri son yıllarda üzerinde en çok çalışılan çizelgeleme problemi türlerinden biridir. Yapılan literatür taramasında incelenen ve bu makaleye katkısı bulunan çalışmalar bu bölümde verilmiştir.

Bard vd. [4] ABD Posta Servisi'nin devir planlama problemini çözmek için çalışmışlardır. İşgücünün azaltılmasının amaçlandığı birden fazla senaryo hazırlamış ve problemin çözümünde CPLEX'den yararlanmışlardır. Lee ve Chen [5], Tayvan Demiryolunda çalışan sürücüler için çizelge oluşturmuşlardır. Genetik algoritma kullanarak iki farklı çözüm yaklaşımı sunmuşlardır. Ayrıca problemi gezgin satıcı problemi modeli ile modelleyerek sonuçları kıyaslamışlardır. Kurt ve Seçkiner [6] minimum zorlanma ile maksimum hizmeti sağlamak için bir tamsayılı programlama modeli önermiş ve modelin geçerliliğini denemişlerdir. Bozbura vd. [7] kritik görev sorumlulukları olan işçilerin nöbet planlaması problemini ele almışlardır. NP-zor problem sınıfına giren bu problemin çözümünde sezgisel yaklaşım yöntemlerinden genetik algoritması kullanmışlardır. Çetin vd. [8] uçuş ekibi planlanması için tam sayılı programlama ile çözüm önermişlerdir. Ekip atama problemi küme bölme modeline dönüştürülmüş ve tamsayılı programlama yöntemiyle çözümü aranmıştır. Günther ve Nissen [9], lojistik firmasının çalışanlarını meta-sezgisel optimizasyon yöntemlerinden parçacık sürüm optimizasyonu ile çizelgelemişlerdir. Bektur ve Hasgöl [10] restoranda çalışan personellerin çizelgenmesini ele almıştır. Problemin çözümünde hedef programlama modeli geliştirilerek çalışanların görevlere, vardiya ve tatillere atanması sağlanmıştır. Louly [11] hedef programlama ile telekomünikasyon merkezinde çalışan personellerin vardiya çizelgeleme problemi için bir çözüm geliştirmiştir. Modelde hafta sonları tatillerinin ve gece vardiyalarının adil olması, yoğunluk olan günler dikkate alınmıştır. Todovic vd. [12] Bosna-Hersek'te bulunan polis karakolundaki polis memurlarının çizelgeleme problemini hedef programlama ile çözmüşlerdir. Çalışmalarının amacı polis memurlarının emeğin bölüşümü ve düzenlenmesine uygun olarak en uygun şekilde tahsis edilmesini otomatik olarak belirleyen bir metodoloji geliştirmektir. Çetin vd. [13] Kredi ve Yurtlar Kurumunda bulunan güvenlik görevlilerinin vardiya planlarını optimize etmek için tamsayılı doğrusal programlama modeli kullanmıştır. Optimal çözüm ile daha az işgücü maliyeti ortaya çıkmıştır. Eren ve Ünlüsoy [14] Kırıkkale Üniversitesinde çalışan temizlik personelinin çizelgenmesi problemini ele almıştır. Atama modeli kullanarak temizlik personellerine görevler dağıtılmıştır. Ünal ve Eren [15] kamu kurumunda nöbet çizelgeleme problemini ele almışlardır. Ağırlıklı hedef programlama modeli ile oluşturulan yeni çizelgede personelin özel istekleri dikkate alınmıştır. Çözümde GAMS 22.5 paket programından yararlanmışlardır. Varlı vd. [16] raylı sistemlerde çalışan vatmanların çizelgenmesi problemini ele almışlardır. Ankara Metrosu M1 (Kızılay-Batıkent) hattında çalışan vatmanlar için vardiya çizelgelemesi yapmışlardır. Problemin çözümü için hedef programlama modeli geliştirmişlerdir. Ciritoğlu vd. [17] yapmış oldukları çalışmada Kırıkkale Üniversitesi güvenlik görevlileri için vardiya çizelgeleme problemini ele almış, kadrolu erkek, sözleşmeli erkek ve sözleşmeli kadın güvenlik görevlilerinin çalışma koşulları farklı açılardan ele almıştır. Chen [18] çalışmasında demiryolunda ekip halinde çalışan personelin çizelgenmesi problemini ele almıştır. Problemin çözümünde tamsayılı programlama modelinden yararlanmışdır. Hatta verimin arttırıldığı yeni bir vardiya planı hazırlamıştır. Bedir vd. [19] çalışmalarında ergonomik koşulları dikkate alan vardiya çizelgeleme problemini ele almıştır. Problemin çözümünde analitik hiyerarşi süreci ve hedef programlama yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışma 5 görev biriminde 39 personel için aylık olarak yapılmıştır. Eren ve Varlı [20] vardiya sistemiyle çalışan fabrikadaki şeflerin çizelgenmesi problemini ele almışlardır. Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemini kullanarak belirlenen kriterler ile şefleri kıdem seviyelerine ayırmışlardır ve bu kıdem seviyelerini dikkate alarak personel çizelgesi oluşturmuşlardır. Çalışmanın çözümü için tam sayılı programlama ve hedef programlama kullanmışlardır. Özcan vd. [21] hidroelektrik santrallerinde görevli personelin çizelgenmesi problemini ele almışlardır. Hedef programlama ile oluşturulan modelle vardiyalara kıdem seviyelerine göre atamalar gerçekleştirerek personelin daha verimli çalışacağı yeni bir çizelge

elde etmişlerdir. Varlı [1], yüksek lisans tezinde, rulman sektöründe faaliyette olan bir fabrikada çalışan formenlerin fabrikanın çalışma kurallarını dikkate almıştır. Mevcut çalışma durumu ve ilerleyen zamanlarda oluşabilecek farklı problemler ve özel istekleri dikkate alınarak matematiksel modeller geliştirilmiştir. Matematiksel modellerin çözümünde ILOG Cplex Optimizasyon programından yararlanmıştır. Eren ve Gencer [22] çalışmalarında Ankara M1 (Kızılay-Batıkent) metro hattı için yolcu yoğunluğunu dikkate alan bir çizelge hazırlamışlardır. Talep tahmin yöntemleri ile hata ortalamalarını hesaplamış elde ettikleri sonuçları kıyaslamış en az hata ortalamasına sahip talep tahmin yöntemini kullanarak gelecek dönem için tahmin yapmışlardır. Demirel vd. [2] çalışmalarında ANKARAY metro hattındaki dört istasyonda çalışan kırk üç güvenlik personeli için çalışma planının oluşturulması amaçlamışlardır. Problemin çözümünde hedef programlama yöntemi kullanmışlardır. Gültekin ve Eren [23] demiryolu çizelgeleme problemi için matematiksel modelleme yaklaşımı geliştirmişlerdir. Koçtepe vd. [24] bir Bölge Bayii Toplantı Organizasyonu için personel planlaması problemini ele almıştır. Organizasyon yöneticisi ile personel yetkinlikleri belirlemişler ve belirledikleri yetkinlik değerlerini dikkate alarak 0-1 tam sayılı model kurmuşlardır. 7 gün, 2 vardiya ile 80 personelin bulunduğu organizasyonun planı oluşturmuşlardır. Tapkan vd. [25] çalışmalarında Kayseri Ulaşım A.Ş.'nin raylı sistem planlama sürecinde yer alan görev çizelgeleme problemini, tüm operasyonel ve yasal kısıtları dikkate alarak, çok amaçlı 0-1 karma tamsayı matematiksel modeli kurmuşlardır. Yelek vd. [26] çalışmalarında Kırıkkale Üniversitesi Merkez Kütüphanesinde kısmi zamanlı çalışan kırk öğrencinin bir aylık periyotta vardiya düzeninin belirlenmesi problemini ele almıştır. Öğrencilerin özel istekleri de dikkate alınarak, problemin çözümünde hedef programlama yöntemi kullanılmıştır. Özder vd. [27] doğalgaz kombine çevrim santrallerinde hedef programlama yöntemini analitik ağ süreci yöntemi ile entegre ederek personel çizelgeleme için kullanmışlardır.

4. Hedef Programlama

Optimizasyon yöntemleri arasında, hedef programlama yöntemi genellikle karar vericilerin başarmak istedikleri çok sayıda hedef olduğunda kullanılır. Çizelgeleme ve planlama problemlerinin başarılması istenen çok sayıda amacı olduğundan, hedef programlama yöntemi, araştırmacıya bu hedefler arasındaki çelişkili durumlarda yardımcı olur. [28].

Hedef programlama da amaç fonksiyonu tek bir amacı sağlamaktan çok birden çok hedefi sağlamaya çalışmaktadır. Amaç fonksiyonunda hedef kısıtlarına eklenen sapma değişkenlerinin toplamının en küçüklenmesi istenilmektedir.

Hedef programlamada sapma değişkenleri her bir hedef kısıtı için en az bir en fazla iki tane olmakla beraber genellikle d_i^+ ve d_i^- simgesiyle gösterilir. Bir sapma değişkeni sıfırdan küçük olamamaktadır. Aynı anda bir hedeften hem pozitif hem negatif sapma olması mümkün olmadığı için değişkenlerden biri daima sıfır değerini alır. Hedef kısıtlarına bağlı olarak negatif ve pozitif sapma değişkenleri istenen veya istenmeyen değişken olarak ifade edilebilmektedir. Hedef programlamada amaç fonksiyonu hedeften sapmayı en küçüklediği için pozitif ve negatif sapma değişkeninin sıfıra oldukça yakın değerler olması beklenmektedir [29]. Bu çalışmada hedef programlama yönteminin sağladığı avantajlardan faydalanılmaktadır. Modelde sağladığı esneklik ile gerçekleştirilmesi istenilen hedefleri aynı anda modele yansıtılabilmektedir.

Matematiksel modelin gösterimi şu şekildedir:

x_j : j. Karar değişkeni	$j=1, \dots, n$
d_i^+ : i. hedefin pozitif sapma değişkeni	$i=1, \dots, k$
d_i^- : i. hedefin negatif sapma değişkeni	$i=1, \dots, k$
a_{ij} : i. hedefin j. karar değişkeni katsayısı	$i=1, \dots, k \quad j=1, \dots, n$
b_i : i. Hedef için ulaşılmak istenen değer	$i=1, \dots, k$

Genel gösterimi ise şu şekildedir:

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

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - d_i^+ + d_i^- = b_i$$

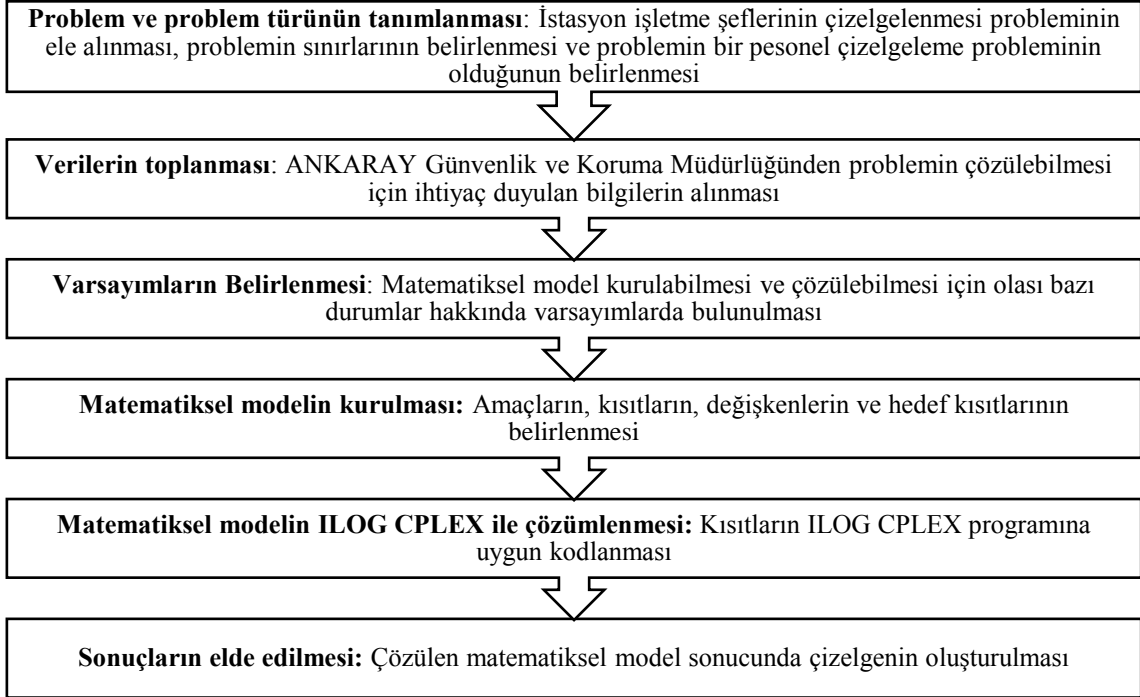
$$i=1, \dots, k$$

$$x_j, d_i^+, d_i^- \geq 0$$

$$i=1, \dots, k \quad j=1, \dots, n$$

5. Uygulama

Bu çalışma ile Ankara ilinde bulunan ANKARAY Hafif Raylı Toplu Taşıma İşletmesi'nde görev almakta olan istasyon işletme şeflerinin bir aylık çalışma çizelgesini oluşturmak amaçlanmıştır. Uygulamada izlenen adımlar Şekil 1'deki akış şemasında verilmiştir.



Şekil 1. Uygulama akış şeması

5. 1. Problem ve problem türünün tanımlanması

İstasyon işletme şefi emrindeki istasyon personelini, yolcu ve yük taşıma hizmetlerinin güvenli ve eksiksiz bir şekilde yapılabilmesi için sevk ve idare eden kişidir. İstasyon faaliyetlerini planlamak, trenlerin trafiğini izlemek, geciktirmeyi önleyici tedbirler almak, gelen giden trenleri denetlemek gibi birçok yönetici ve denetleyici görevi bulunmaktadır.

Bu çalışmada da ANKARAY metro hattında çalışan yirmi istasyon işletme şefinin çizelgelenmesi problemi ele alınmıştır. İstasyon şeflerinin metro çalıştığı süre boyunca görevlerini kesintisiz yerine getirmeleri gerekmektedir. Vardiyalı olarak çalışan bu yirmi personelin çalışma günleri ve atandıkları vardiyaların adaletli, dengeli bir biçimde hazırlanması istenilmektedir.

Personelin en uygun şekilde çizelgelenmesini temel amaç olarak alınan bu problemde gerçek hayatta karşılaşılabilen durumlar göz önüne alınarak bir model önerisi sunmak hedeflenmiştir. İstasyon işletme şefleri için verimli bir çalışma planının oluşturulması bir personel çizelgeleme problemidir.

5. 2. Verilerin toplanması

Problemin çözülebilmesi için ihtiyaç duyulan ve elde edilen veriler şunlardır:

- ANKARAY metro hattında istasyon işletme şefi görevinde 20 çalışan bulunmaktadır.
- Sabah (07:00-16:00) ve akşam (15:00-24:00) şeklinde iki vardiya bulunmaktadır.
- R1 (06:00-15:00) ve R2 (14:00- 23:00) şeklinde istasyon yoğunluğunda çalışanların erken geldikleri ek vardiyalar bulunmaktadır.
- Sabah ve akşam vardiyalarında en fazla 8 en az 6 personel çalışmalıdır.
- Bir personel bir ay boyunca sabah ve akşam vardiyalarında en fazla 12 en az 10 kez bulunabilir.
- Bir istasyon işletme şefi 5 gün aynı vardiyada çalışmalıdır.
- İstasyon işletme şefi 5 gün aynı vardiyada çalıştıktan sonra 2 gün tatil yapmalıdır.
- R1 ve R2 vardiyalarında sadece belirli günlerde bir personelin çalışması istenmektedir.
- Her personel en fazla bir kez R1 ve R2 ek vardiyasında çalışabilir.

5. 3. Varsayımların belirlenmesi

Problemin modelinin oluşturulabilmesi ve çözülebilmesi için olası bazı durumlar hakkında varsayımlar yapılmıştır. Yapılan varsayımlar şunlardır:

- Çizelge bir ay yani 31 gün için yapılacaktır.
- Resmi ve dini tatil günleri ile hafta sonları dikkate alınmayacaktır.
- Personellerin yıllık izinleri dikkate alınmayacaktır.
- Çizelgedeki birinci gün ayın ilk gününü haftanın ise herhangi bir gününü göstermektedir.

5.4. Matematiksel model

Problemin çözülebilmesi için oluşturulan matematiksel modelin parametreleri, karar değişkenleri, kısıtları ve amaç fonksiyonu bu bölümde verilmiştir.

Problemin parametreleri:

n: Görevli sayısı	$n=20$
m: Gün sayısı	$m=31$
t: Vardiya sayısı	$t=4$
i: Görevli indeksi	$i=1, \dots, 20$
j: Gün indeksi	$j=1, \dots, 31$
k: Vardiya indeksi	$k=1, \dots, 4$

Problemin karar değişkenleri:

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1; & i. \text{ personel } j. \text{ günde } k. \text{ vardiyaya atanırsa} \\ 0; & \text{diğer durumda} \end{cases} \quad \begin{matrix} i=1, \dots, 20 \\ j=1, \dots, 31 \\ k=1, \dots, 4 \end{matrix}$$

$$h_{ij} = \begin{cases} 1; & i. \text{ personel } j. \text{ günde izinli ise} \\ 0; & \text{diğer durumda} \end{cases} \quad \begin{matrix} i=1, \dots, 20 \\ j=1, \dots, 31 \end{matrix}$$

Demiryolu Mühendisliği

$$d_i^{1+} = \{i. \text{personelin aylık toplam vardiyadan pozitif sapması} \quad i=1, \dots, 20$$

$$d_i^{1-} = \{i. \text{personelin aylık toplam vardiyadan negatif sapması} \quad i=1, \dots, 20$$

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

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

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

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

Kısıtlar

1.Kısıt: Her gün sabah ve akşam vardiyasında en az ve en fazla ihtiyaç duyulan istasyon işletme şefi kısıtı Denklem 1 ve Denklem 2’de verilmiştir.

$$6 \leq \sum_{i=1}^{20} X_{ij1} \leq 8 \quad j=1, 2, \dots, 31 \quad (1)$$

$$6 \leq \sum_{i=1}^{20} X_{ij2} \leq 8 \quad j=1, 2, \dots, 31 \quad (2)$$

2.Kısıt: İstasyon işletme şefinin bir ay boyunca gelebileceği en az ve en fazla sabah ve akşam vardiyası kısıtı Denklem 3 ve Denklem 4’te verilmiştir.

$$10 \leq \sum_{j=1}^{31} X_{ij1} \leq 12 \quad i=1, 2, \dots, 20 \quad (3)$$

$$10 \leq \sum_{j=1}^{31} X_{ij2} \leq 12 \quad i=1, 2, \dots, 20 \quad (4)$$

3.Kısıt: Her çalışanın izinli olduğu gün çalışmaması kısıtı Denklem 5’te verilmiştir.

$$\sum_{k=1}^4 X_{ijk} \leq (1 - h_{ij}) \quad i=1, \dots, 20 \\ j=1, \dots, 31 \quad (5)$$

4.Kısıt: Her çalışanın ardı ardına beş gün çalışıp 2 gün tatil yapması kısıtı Denklem 6’da verilmiştir.

$$h_{ij} + h_{i(j+1)} + h_{i(j+2)} + h_{i(j+3)} + h_{i(j+4)} + h_{i(j+5)} + h_{i(j+6)} = 2 \quad i=1, \dots, 20 \\ j=1, \dots, 25 \quad (6)$$

5.Kısıt: Her hafta sadece tek vardiya çalışılması kısıtı Denklem 7’de verilmiştir.

$$X_{ijk} - X_{i(j+1)k} - h_{i(j+1)} \leq 0 \quad i=1, \dots, 20 \\ j=1, \dots, 30 \\ k=1, 2 \quad (7)$$

6.Kısıt: Her personelin günde bir vardiyaya atanma kısıtı Denklem 8’de verilmiştir.

$$\sum_{k=1}^4 X_{ijk} \leq 1 \quad i=1, \dots, 20 \\ j=1, \dots, 31 \quad (8)$$

7.Kısıt: 1, 2, 5, 8, 9, 12, 13, 14, 16, 19, 22, 23, 26, 27, 28, 30 günlerinde bir istasyon şefinin R1 vardiyasında olması kısıtı Denklem 9’da verilmiştir.

Demiryolu Mühendisliği

$$\sum_{i=1}^{20} X_{ij3} = 1 \quad j=1,2,5,8,9,12,13,14,16,19,22,23,26,27,28,30 \quad (9)$$

8.Kısıt: 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 15, 16, 19, 20, 21, 23, 26, 29, 30 günlerinde bir istasyon şefinin R2 vardiyasında olması kısıtı Denklem 10'da verilmiştir.

$$\sum_{i=1}^{20} X_{ij4}=1 \quad j=1,2,5,6,7,8,9,12,15,16,19,20,21,23,26,29,30 \quad (10)$$

9.Kısıt: Bir personelin R1 ve R2 vardiyalarına en fazla bir kez atanması kısıtı Denklem 11 ve Denklem 12'de verilmiştir.

$$\sum_{j=1}^{31} X_{ij3} \leq 1 \quad i=1, \dots, 20 \quad (11)$$

$$\sum_{j=1}^{31} X_{ij4} \leq 1 \quad i=1, \dots, 20 \quad (12)$$

10. Kısıt: Her personelin bir ay boyunca en az bir ve en fazla iki ek vardiyada bulunması kısıtı Denklem 13'te verilmiştir.

$$1 \leq \sum_{j=1}^{31} X_{ij3} + X_{ij4} \leq 2 \quad i=1, \dots, 20 \quad (13)$$

Hedef Kısıtları

1.Hedef: Çalışanların aylık çalışma planında atandıkları toplam vardiya sayılarının mümkün olduğu kadar eşit olması gerekmektedir. Birinci hedef kısıtı Denklem 14'te verilmiştir.

$$\sum_{j=1}^{31} \sum_{k=1}^4 X_{ijk} + d_i^{1-} - d_i^{1+} = 23 \quad i=1,2, \dots, 20 \quad (14)$$

2.Hedef: Çalışanlar vardiyalara atanırken çalışma günü-izin günü-çalışma gününün olmaması hedef kısıtı Denklem 15'te verilmiştir.

$$\sum_{k=1}^4 X_{ijk} + h_{i(j+1)} + \sum_{k=1}^4 X_{i(j+2)k} + d_{ij}^{2-} - d_{ij}^{2+} = 2 \quad \begin{matrix} i=1, \dots, 20 \\ j=1, \dots, 29 \end{matrix} \quad (15)$$

3. Hedef: Çalışanlar vardiyalara atanırken izin günü-çalışma günü-izin gününün olmaması hedef kısıtı Denklem 16'da verilmiştir.

$$h_{ij} + x_{i(j+1)1} + x_{i(j+1)2} + x_{i(j+1)3} + x_{i(j+1)4} + h_{i(j+2)} + d_{ij}^{3-} - d_{ij}^{3+} = 2 \quad \begin{matrix} i=1, \dots, 20 \\ j=1, \dots, 29 \end{matrix} \quad (16)$$

Amaç Fonksiyonu

Bir ay boyunca istasyon işletme şeflerinin çalıştıkları vardiyaların ve tatil sayılarının eşit olması amaçlanmaktadır. Denklem 17'de sapmaların minimize edildiği amaç fonksiyonu gösterilmiştir.

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^{20} \sum_{j=1}^{31} d_i^{1+} + d_i^{1-} + d_{ij}^{2+} + d_{ij}^{2-} + d_{ij}^{3+} + d_{ij}^{3-} \quad (17)$$

5.5. Matematiksel modelin sonuçları

Modelin çözümü "Intel (R) Core (TM) i5-3210 M CPU@2.50 GH" işlemciye, 8 GB belleğe ve Windows 10 işletim sistemine sahip bir bilgisayarda yapılmıştır. Oluşturulan hedef programlama modeli ILOG CPLEX Studio IDE 12.6.2.0 paket programında yazılmış ve CPLEX çözücüsü ile çözülmüştür.

Çözüm sonucunda bir aylık bir çalışma programı oluşturulmuştur. Bu program tablo şekline getirilmiştir. Her personelin çalıştığı vardiyalar ve tatiller, bir gün içerisindeki vardiya dağılımı Tablo 1 üzerinde görülebilmektedir.

Demiryolu Mühendisliği

Tablo 1. İstasyon İşletme Şefleri Aylık Vardiya Planı

Personel	Gün																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	S	S	S	S	S	T	T	S	S	S	S	T	T	A	A	A	A	A	T	T	R1	A	A	A	A	T	T	A	A	A	
2	S	S	S	S	T	T	A	A	A	A	T	T	A	A	A	A	A	T	T	R2	S	S	S	S	T	T	S	S	S	S	
3	S	S	T	T	A	A	A	A	T	T	R2	S	S	S	S	T	T	A	A	A	A	A	T	T	R1	S	S	S	S	T	
4	S	S	S	T	T	R2	S	S	S	S	T	T	R1	S	S	S	T	T	A	A	A	A	A	T	T	A	A	A	A	A	
5	S	S	T	T	A	A	A	A	T	T	A	A	A	A	A	T	T	R1	S	S	S	S	T	T	S	S	S	S	S	T	
6	S	S	T	T	R2	S	S	S	S	T	T	A	A	A	A	T	T	A	A	A	A	A	T	T	S	S	S	S	S	T	
7	R2	T	T	S	S	S	S	S	T	T	S	S	S	S	T	T	A	A	A	A	A	T	T	A	A	A	A	A	T	T	
8	A	A	A	A	T	T	R2	A	A	A	T	T	S	S	S	S	T	T	S	S	S	S	S	S	T	T	A	A	A	A	
9	A	A	T	T	S	S	S	S	S	T	T	R1	A	A	A	T	T	S	S	S	S	T	T	R2	A	A	A	A	T		
10	A	A	T	T	R1	A	A	A	A	T	T	S	S	S	S	T	T	R2	A	A	A	A	T	T	S	S	S	S	T		
11	A	A	A	A	T	T	R2	R1	S	S	S	T	T	S	S	S	S	T	T	A	A	A	A	A	T	T	S	S	S		
12	A	A	A	T	T	S	S	S	S	S	T	T	S	S	S	S	T	T	R2	A	A	A	A	T	T	R1	A	A	A	A	
13	A	A	A	A	T	T	S	S	S	S	T	T	R1	R2	A	A	A	T	T	S	S	S	S	S	T	T	A	A	A	A	
14	T	T	A	A	A	A	T	T	A	A	A	A	A	T	T	S	S	S	S	T	T	S	S	S	S	R1	T	T	S		
15	A	A	A	A	T	T	R1	R2	A	A	A	T	T	S	S	S	S	T	T	S	S	S	S	S	T	T	A	A	A	A	
16	T	A	A	A	A	T	T	S	S	S	S	T	T	S	S	S	S	T	T	R1	A	A	A	A	T	T	R2	A	A		
17	R1	R2	S	T	T	A	A	A	A	T	T	A	A	A	A	T	T	S	S	S	S	S	T	T	S	S	S	S	S		
18	T	R1	S	S	S	T	T	A	A	A	A	T	T	R2	S	S	S	T	T	A	A	A	A	A	T	T	S	S	S		
19	T	S	S	S	S	T	T	S	S	S	S	T	T	R1	A	A	A	T	T	R2	A	A	A	A	T	T	A	A	A		
20	S	S	S	S	S	T	T	A	A	A	A	T	T	A	A	A	A	T	T	S	S	S	S	S	T	T	R2	R1	S		

Elde edilen çalışma planında “S” sabah vardiyasını, “A” akşam vardiyasını, “T” tatil günlerini, “R1” birinci ek vardiyayı, “R2” ikinci ek vardiyayı göstermektedir. Çizelge personel ve idare tarafından daha iyi anlaşılabilmesi için renklendirilmiştir. Renklendirilmiş çizelgede mavi renk sabah vardiyasını, pembe renk akşam vardiyasını, sarı renk tatil günlerini, yeşil renk R1 vardiyasını ve kahverengi R2 vardiyasını temsil etmektedir.

Tablo 1 incelendiğinde istasyon işletme şeflerinin ek vardiyalar hariç beş gün boyunca aynı vardiyada çalışıp iki gün tatil yaptığı görülmektedir. Matematiksel modelin ikinci ve üçüncü hedef kısıtı sağlanmıştır. Oluşturulan bu çalışma planının doğruluğunun anlaşılabilmesi için personel ve gün bazlı incelemeler yapılmıştır. Günü dikkate alarak yapılan incelemeler Tablo 2’de verilmiştir.

Demiryolu Mühendisliği

Tablo 2. Günlük vardiya ve tatil sayıları-

Vardiyalar	SABAH	AKŞAM	R1	R2	TOPLAM	TATİL
Gün						
1	7	7	1	1	16	4
2	8	8	1	1	18	2
3	7	7	0	0	14	6
4	6	6	0	0	12	7
5	6	6	1	1	14	6
6	6	6	0	1	13	7
7	6	6	0	1	13	7
8	7	7	1	1	16	4
9	8	8	1	1	18	2
10	7	7	0	0	14	6
11	6	6	0	0	12	8
12	6	6	1	1	14	6
13	6	6	1	0	13	7
14	6	6	1	0	13	7
15	8	7	0	1	16	4
16	8	8	1	1	18	2
17	8	6	0	0	14	6
18	6	6	0	0	12	8
19	6	6	1	1	14	6
20	6	6	0	1	13	7
21	6	6	0	1	13	7
22	8	7	1	0	16	4
23	8	8	1	1	18	2
24	7	7	0	0	14	6
25	6	6	0	0	12	8
26	6	6	1	1	14	6
27	6	6	1	0	13	7
28	6	6	1	0	13	7
29	7	8	0	1	16	4
30	8	8	1	1	18	2
31	6	8	0	0	14	6

Tablo 2’de görüldüğü üzere sabah ve akşam vardiyalarında en fazla 8 en az 6 personel çalışmaktadır yani matematiksel modelin birinci kısıtı sağlanmıştır. Aynı zamanda istenilen günlerde R1 ve R2 vardiyalarında çalışan birer istasyon işletme şefi vardır. Matematiksel modeldeki dokuz, on ve on birinci kısıtlar sağlanmıştır. Bir gün içerisinde en fazla 18 en az ise 12 personel çalışmaktadır buna bağlı olarak da bir aylık periyotta gün içerisinde en fazla 8 en az 2 personel tatil yapmaktadır. Personellerin vardiyalarının eşit dağılması, tatil sayılarının eşit

Demiryolu Mühendisliği

olması gibi personel bazlı kısıtların sağlanıp sağlanmadığını incelemek için Tablo 3 oluşturulmuştur.

Tablo 3. Personellerin toplam çalıştıkları vardiya sayıları ve toplam tatil günleri

Vardiyalar Personel	SABAH	AKŞAM	R1	R2	TOPLAM	TATİL
	1	10	12	1	0	23
2	11	10	1	1	23	8
3	10	10	1	1	22	9
4	11	10	1	1	23	8
5	11	10	1	0	22	9
6	11	10	0	1	22	9
7	10	10	0	1	21	10
8	10	12	0	1	23	8
9	10	10	1	1	22	8
10	10	10	1	1	22	9
11	11	10	1	1	23	8
12	10	11	1	1	23	8
13	10	11	1	1	23	8
14	10	10	1	0	21	10
15	10	11	1	1	23	8
16	10	10	1	1	22	9
17	11	10	1	1	23	8
18	10	10	1	1	22	9
19	10	10	1	1	22	9
20	11	10	1	1	23	8

Tablo 3'deki veriler dikkate alındığında toplam çalışılan gün sayısının 21 ile 23 arasında değiştiği görülmektedir. Buradan yola çıkarak matematiksel modelin ilk hedef kısıtından negatif sapmaların olduğu anlaşılmaktadır. Modeldeki hedef kısıtından pozitif sapma bulunmamaktadır. Negatif sapma değişkenleri ise 1 ve 2 değerlerini almıştır. Toplam tatil günleri için bir kısıt bulunmamaktadır fakat birinci hedefin sağlanması durumunda toplam tatil 8 gün olacaktır. Birinci hedefteki negatif sapmalar tatil günlerinin farklı olmasına yol açmıştır. Tablo incelendiğinde sadece 7. ve 14. personelin diğer personellerden fazla tatil yaptığı saptanmıştır. Bu personeller için hedef kısıtından sapma en büyük negatif sapma değeri olan 2'dir. 20 personelden 2 tanesi 21 gün 8 tanesi 22 gün ve 10 tanesi 23 gün çalışmaktadır. Personellerin çalıştıkları toplam sabah ve akşam vardiya sayıları 10 ile 12 arasında değişmektedir. Bu aralık da üçüncü ve dördüncü kısıtları sağlamaktadır. Sabah ve akşam vardiya sayılarının birbirine oldukça yakın olması sebebiyle adaletli bir personel çizelgelemenin oluşturulduğu söylenebilir.

Daha önce sezgisel yöntemlerle ve elle hazırlanan çizelgede görülen ek vardiyaların adaletsiz dağılımı ve vardiya sayılarının birbirinden uzak olması durumunun önüne geçilmek istenilmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında vardiya ve tatil sayılarının birbirine yakın olduğu, ek vardiyaların personellere adaletli dağılımın yapılmasıyla birlikte vardiyada ihtiyaç duyulan personel sayısının karşılandığı görülmektedir. Çizelgenin personel memnuniyetini ve verimini artıracığı öngörülmektedir.

6. Sonuç ve Öneriler

Bir raylı sistemdeki hizmetin istenilen zaman aralığında aksama olmadan sağlanması gerekmektedir. İstasyon işletme şefleri bu kesintisiz hizmetin verilebilmesi için çalışmaktadır. Bu çalışmada ANKARAY metrosunda istasyon işletme şefi olarak görev yapan personeller için en uygun çalışma planının oluşturulması amaçlanmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda hedef programlama ile modellenen ve ILOG Cplex optimizasyon programı ile çözümlenen model sonucunda en uygun çizelge elde edilmiştir. Toplam yirmi istasyon işletme şefi için otuz bir günlük bir çalışma planı hazırlanmıştır. Hazırlanan çalışma planında iki ana ve iki ek vardiya ile beraber tatil günleri dikkate alınmıştır.

Elle hazırlanan eski çizelge yerine model ile oluşturulan yeni çizelge önerilmektedir. Oluşturulan çizelgenin adaletli bir vardiya dağılımı yapmasının, personelin verimini artıracak şekilde çalışma günü ile tatil günü arasındaki dengeyi sağlamanın hem işletme hem de personel yararına olacağı öngörülmektedir.

Personel çizelgeleme problemlerinin çözümünde literatürde sıklıkla kullanılan matematiksel modelleme yöntemlerinden hedef programlama bu çalışmanın da yöntemi olarak belirlenmiştir. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde raylı sistemlerde çalışan personeller için optimal çizelgenin oluşturulduğu birkaç çalışma bulunmaktadır. Fakat istasyon işletme şefleri gibi önemli bir görev üstlenmiş personeller için daha önce özel bir çizelge oluşturulmamıştır. Çalışma raylı sistemlerde çalışan özel bir personel grubunu dikkate aldığı için benzer personellerin dikkate alındığı çalışmalar literatürde bulunmamaktadır.

Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda modele personellerin özel isteklerinin dikkate alındığı yeni kısıtlar eklenebilir, personel sayısı artırılabilir, benzer görev tanımına sahip personel grupları için matematiksel model güncellenebilir. Personeller için yapılan çizelge daha uzun bir periyot için genişletilebilir. Ankara gibi metro ağının yaygın olarak kullanıldığı büyük şehirlerdeki raylı sistemler çalışanları için modeldeki parametre değerleri değiştirilerek onlar için en uygun çizelge oluşturulabilir.

Kaynakça

- [1] E. Varlı, “İmalat sektöründe formenler için vardiya çizelgeleme probleminin AHP- hedef programlama ile çözümü”, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, 2017.
- [2] B. Demirel, A. Yelek, H.M. Alakas, T. Eren, “ANKARAY Güvenlik Personelinin Vardiya Çizelgeleme Probleminin Hedef Programlama Yöntemi ile Çözümü”, *Demiryolu Mühendisliği Dergisi*, 8, 2018, sf. 1-17.
- [3] E. Kılıç, M. Kurt, ve S. Seçkiner, “Personel çizelgelemede bazı pratik sezgiseller”, *Savunma Bilimleri Dergisi*, 3(2), 2004, sf. 1.
- [4] J. Bard, C. Binici, and A. Desilva, “Staff Scheduling at the United States Postal Service”, *Computers and Operations Research*, 30, 2003, sf. 745-771.
- [5] C. Lee and C. Chen, “Scheduling of Train Driver for Taiwan Railway Administration”, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 5, 2003, pp. 292-306.
- [6] M. Kurt ve S. Seçkiner, “Bütünleşik tur-rotasyon çizelgeleme yaklaşımı ile işyükü minimizasyonu”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 20(2), 2005, sf. 161-169.
- [7] T.F. Bozbura, A. Beskese, ve Ç. Özgün, “Modeling the Tour Planning of the Employees on the Critical Tasks by Genetic Algorithm”, *12th International Research/Expert Conference*, 26-30 August, sf. 381-384, 2008.
- [8] E.İ. Çetin, S. Irmak, ve A. Kuruüzüm, “Ekip çizelgeleme probleminin küme bölme modeli ile çözümü”, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 3(4), 2008, sf. 47-54.
- [9] M. Günther and V. Nissen, “Sub-daily staff scheduling for a logistics service provider”, *Künstl Intell*, 24, 2010, pp. 105-113

- [10] G. Bektur ve S. Hasgöl, "Kıdem seviyelerine göre işgücü çizelgeleme problemi: hizmet sektöründe bir uygulama", *Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi*, 15(2), 2013, sf. 385-402.
- [11] M.A. Louly, "A goal programming model for staff scheduling at a telecommunications center", *Journal of Mathematical Modelling and Algorithms in Operations Research*, 12, 2013, pp. 167-178.
- [12] D. Todovic, D. Makajic-Nikolic, M. Kostic-Stankovic, M. Martic, "Police officer scheduling using goal programming", *An International Journal of Police Strategies and Management*, 38, 2015, pp. 295-313.
- [13] H. Çetin, İ. Güngör ve Ş. Yağcıoğlu, "Kredi Ve Yurtlar Kurumu yöneticileri için vardiya planlamasında bir model önerisi", *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(2), 2016, sf. 283-306
- [14] S. Ünlüsoy ve T. Eren, "Kamusal binalarda temizlik çizelgeleme ve örnek uygulama", *Mühendislik Bilimleri Ve Tasarım Dergisi*, 4(3), 2016, sf. 149-155.
- [15] F.M. Ünal ve T. Eren, "Hedef programlama ile nöbet çizelgeleme probleminin çözümü", *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, 4(1), 2016, sf. 28-37.
- [16] E. Varlı, T. Eren, M. A. Gençer, S. Çetin, "Ankara Metrosu M1 Hattındaki Vatmanların Vardiya Saatlerinin Çizelgelenmesi", *3. Uluslararası Raylı Sistemler Mühendisliği Sempozyumu*, Karabük, 2016, sf. 279-285.
- [17] C. Ciritöğlü, S. Akgün, T. Eren, E. Varlı, "Kırıkkale Üniversitesi güvenlik görevlileri için vardiya çizelgeleme problemine bir çözüm önerisi", *Uluslararası Mühendislik Araştırma Ve Geliştirme Dergisi*, 9 (2), 2017, sf. 1-23.
- [18] C. Chen, "Using Integer Programming to Solve the Crew Scheduling Problem in the Taipei Rapid Transit Corporation", *Wseas Transactions on Information Science & Applications*, 4(5), 2008, pp. 331-341
- [19] N. Bedir, T. Eren, ve E.N. Dizdar, "Ergonomik Personel Çizelgeleme ve Perakende Sektöründe Bir Uygulama", *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5(3), 2017, sf. 657-674.
- [20] T. Eren ve E. Varlı, "Vardiya Çizelgeleme problemi ve bir örnek uygulama", *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10(2), 2017, sf. 185-197.
- [21] E. C. Özcan, E. Varlı, T. Eren, "Hedef programlama yaklaşımı ile hidroelektrik santrallarda vardiya personeli çizelgeleme", *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10(4), 2017, sf. 363-370.
- [22] T. Eren ve M.A. Gencer, "Ankara Metrosu M1 (Kızılay-Batıkent) Hattı Hareket Saatlerinin Çizelgelenmesi", *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, 4(2), 2016, sf. 25-36.
- [23] Gültekin N., Eren T., "Demiryolu çizelgeleme probleminin modellenmesi ve çözümü", *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29 (2), 235-242, 2014.
- [24] S. Koçtepe, N. Bedir, T. Eren, Ş. Gür, "Organizasyon Görevlileri İçin Personel Çizelgeleme Probleminin 0-1 Tam Sayılı Programlama İle Çözümü", *Ekonomi, İşletme ve Yönetim Dergisi*, 2(1), 2018, sf. 25-46.
- [25] P.Z. Tapkan, L. Özbakır, S. Kulluk, B. Telcioğlu, "Raylı Sistemlerde Görev Çizelgeleme Probleminin Modellenmesi Ve Çözümü", *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(3), 2018, sf. 953-965.
- [26] A. Yelek, B. Demirel, H.M. Alağaç, T. Eren, "Kısmi Zamanlı Çalışan Personellerin Çizelgelenmesi: Kırıkkale Üniversitesi Merkez Kütüphanesi Örneği", *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(2), 2018, sf. 313-330.
- [27] E.H. Özder, E. Özcan, T. Eren, "Staff Tasks Based Shift Scheduling Problem Solution with ANP and Goal Programming Method in A Natural Gas Combined Cycle Power Plant" *Mathematics*, 2019 (In press).
- [28] Ş. Gür and T. Eren. "Scheduling and Planning in Service Systems with Goal Programming: Literature Review", *Mathematics*, 6(11), 2018, pp. 265.
- [29] J. Ignizio, "Introduction to goal programming", Sage Publications Inc., Beverley Hills, California, 1985.

Özgeçmiş



Ayşe YELEK

1996 tarihinde Ankara’da doğdu. 2014 yılında Tuzluca’yı Anadolu Lisesi’nden mezun oldu. 2018’de Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği lisans eğitimini tamamladı. Yüksek lisans eğitimine Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde devam etmektedir. Çok ölçütlü karar verme ve çizelgeleme alanında çalışmaları vardır.



Tamer EREN

1974 Balıkesir doğumludur. Selçuk Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünden 1996 yılında mezun olmuştur. Kırıkkale Üniversitesi’nde ve Gazi Üniversitesi’nde 1997-2009 yılları arasında araştırma görevliliği yapmıştır. Kırıkkale Üniversite’de 2009 yılında Yardımcı Doçent, 2013 yılında Doçent olarak çalışmıştır. Aynı üniversitede 2019 yılından itibaren Profesör olarak çalışmaktadır. Çalışma alanı çizelgeleme ve çok ölçütlü karar vermedir.



Şeyda GÜR

1994 tarihinde Kütahya’da doğdu. 2012 yılında Nurullah Koyuncuoğlu Anadolu Lisesi’nden mezun oldu. 2016’da Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği lisans eğitimini tamamladı. 2018’de yüksek lisans eğitimi Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Aynı üniversitede doktora eğitimine devam etmektedir. Çok ölçütlü karar verme ve çizelgeleme alanında çalışmaları vardır.



Hacı Mehmet ALAKAŞ

1984 Kayseri doğumludur. Yıldız Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünden 2008’de mezun olmuştur. İki yıl özel sektörde çalışmıştır. 2009’da Kırıkkale Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümünde araştırma görevliliği yapmıştır. 2017’de itibaren Kırıkkale Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümünde doktor öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Çalışma alanı montaj hattı dengeleme, çizelgeleme ve çok ölçütlü karar vermedir.