

ANKARAY Güvenlik Personelinin Vardiya Çizelgeleme Probleminin Hedef Programlama Yöntemi ile Çözümü

Betül DEMİREL¹, Ayşe YELEK¹, Hacı Mehmet ALAKAŞ¹, Tamer EREN*¹

¹Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 71450, Kırıkkale, Türkiye

*tamereren@gmail.com

(Alınış / Received: 06.06.2018, Kabul / Accepted: 13.07.2018)

Özet: Vardiya çizelgeleme hayatımızda çok geniş bir alana yayılmıştır ve işlerin aksamaması için önemlidir. Hemşirelerin, doktorların, raylı sistemlerde çalışan sürücülerin, güvenlik görevlilerinin ve diğer pek çok alanlardaki hizmet personellerinin çalışma yerlerinde genellikle vardiyaya dayalı bir çalışma sistemi mevcuttur. Buna bağlı olarak verilen hizmetin aksamadan yerine getirilmesi için çalışanların vardiyalarının düzenli ve sistemli bir biçimde planlanması gerekmektedir. Diğer personellerden farklı olarak raylı sistemlerde çalışan güvenlik personellerinin çalışma şartları ve görev yoğunluğu buldukları istasyonlara göre değişmektedir. Bu çalışmada ANKARAY metro hattındaki dört istasyonda çalışan kırk üç güvenlik personelini için çalışma planının oluşturulması amaçlanmıştır. Problemin çözümünde hedef programlama yöntemi kullanılmıştır. Hedef programlama ile oluşturulan matematiksel model çözülmüş sonucunda yeni bir vardiya planı elde edilmiştir. Bir aylık vardiya planına göre, personellerin hangi istasyonda, hangi vardiyada çalışacağı ve hangi günler tatilde olacağı elde edilmiştir. Yeni çizelgede her bir personel için çalışılan vardiya sayılarının eşit olması hedeflenmiş ve iş ile personel arasındaki denge sağlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Vardiya çizelgeleme, Hedef programlama, Güvenlik görevlileri, Raylı Sistemler

Solution of Shift Scheduling Problem of ANKARAY Security Personnel with Goal Programming Method

Abstract: Shift scheduling has spread across a wide range of areas in our lives and is crucial not to hitch jobs. There is usually a shift-based working system for nurses, doctors, drivers, workers in railway systems, security guards and many other service systems. Due to this, it is necessary to plan the shifts of the employees regularly and systematically to be able to fulfill the given service. Unlike other personnel, the working conditions and duty intensity of the security personnel working on the railed systems vary according to the stations. In this study, it is aimed to make a work plan for forty-three security personnel working in four stations of ANKARAY subway line. The goal programming method was used to solve the problem. As a result of the goal programming model, a new shift plan has been obtained. According to a one-month shift plan, it was achieved in which station, in which shifts the staff will work and on what days they will be on holiday. The new chart is aimed at equalizing the number of shifts worked for each staff and balancing work and staff.

Key words: Shift planning, Goal programming, Security officers, Rail Systems

1. Giriş

Vardiya çizelgeleme problemi, personel çizelgeleme problemleri arasında en çok ele alınan problem çeşidi olarak gösterilebilir. Fabrikalar veya işletmeler personelleri için bir çalışma planı yaparak personel memnuniyeti, verimliliği, işletme giderleri ve zaman gibi konularda iyileştirmeler yapabilmeyi hedeflerler.

Güvenlik personelleri bir tesis veya binanın ve çevresindeki insanların güvenliğini sağlamak için oluşabilecek zararlara engel olma, zarar anında ise insanları ve malı koruma yükümlülüğüne sahiptirler. Güvenlik hizmetinin kesintisiz sağlanması istenildiği için güvenlik personellerinin vardiyalı bir çalışma programı bulunmaktadır. Özellikle gece vardiyası ağır çalışma şartlarına sahip olduğu için bu vardiyada çalışacak personeller çizelgelenirken özel kısıtların dikkate alınması gerekmektedir. Raylı sistemlerde çalışan güvenlik personellerinin çalışma şartları ve görev yoğunluğu buldukları istasyonlara göre değişmektedir. Daha büyük ve kalabalık istasyonlarda daha çok güvenlik görevlisinin bulunması gerekmektedir.

Bu çalışmada vardiya çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Çalışmada; ANKARAY'ın Anadolu, Maltepe, Demirtepe, Kızılay1 ve Kızılay2 duraklarında üç vardiya olmak üzere toplamda 43 güvenlik görevlisinin aylık çalışma çizelgesinin yapılması hedeflenmiştir. Çizelgelemeyi yaparken çalışanların sayıları, cinsiyetleri ve çalıştıkları bölümleri birlikte dikkate alınarak çizelgeleme oluşturulmuştur. Anadolu durağında sekiz kişi, Maltepe durağında sekiz kişi, Demirtepe durağında sekiz kişi, Kızılay1 durağında dokuz kişi, Kızılay2 durağında ikisi bayan olmak üzere 10 kişi ve toplamda 43 güvenlik görevlisi vardır. Vardiya saatleri işletme tarafından sabah 07:15-15:45, akşam 14:45-23:15 ve gece 23:00-07:30 olarak belirlenmiştir. ANKARAY güvenlik görevlilerinin vardiya çizelgelemesi, ilgili bölüm amiri tarafından yapılmaktadır. Bu çalışmada problemin çözümü hedef programlama yöntemi ile elde edilmiştir.

Yapılan bu çalışmada, ikinci bölümde vardiya çizelgeleme problemine yer verilmiştir, üçüncü bölümde hedef programlama açıklanmış, dördüncü bölümde literatür araştırması verilmiştir, beşinci bölümde yapılan uygulama bulunmaktadır. Son olarak altıncı bölümde de yapılan uygulamanın sonuçları anlatılmıştır.

2. Vardiya Çizelgeleme

Vardiyalı çizelgeleme, başlangıç ve bitiş saatlerinin işletmenin yapısına ve faaliyet gösterdiği işkoluna göre değişiklik gösteren işgücünü, maliyetleri minimize ederek, maksimum fayda elde etmeyi amaçlayan bir sistemdir. İş günü genellikle sabah, akşam ve gece vardiyası olarak bölümlendirilir.

Vardiya Çizelgeleme konusunda ilk olarak George Bernard Dantzig[1] tarafından 1954 yılında çalışmıştır. Amacı her grup için maliyeti minimize ederek, gerekli personel ihtiyacını sağlamaktır. Vardiya çalışması güvenlik, ulaşım, iletişim ve sağlık endüstrisi gibi hizmet ya da üretimin ekonomik ve kamusal açıdan sürekliliği olan alanlarda tercih edilen bir sistemdir.

Vardiya çizelgeleme problemi hayatımızda çok geniş bir alana yayılmıştır. Vardiya çizelgeleme problemleri bir kurum veya kuruluşta çalışan personellerin belirlenmiş olan

vardiyalara kurumun çalışma koşullarını yansıtarak düzenli ve sistemli bir çalışma planı oluşturmaktır. Bu çizelgelerde bazen çalışan personellerin özel izin ve istekleri yerine getirilerek, bazen de personelleri uzman oldukları iş kollarına atayarak çalışma planlarına ek olarak değerlendirilebilmektedir. Vardiyalı çalışma sistemi, kamu ve özel sektörde olmak üzere birçok yerde kullanılmakta olan bir sistemdir [2]. İş gücünün planlı bir şekilde teknolojik yeniliklere uyum sağlayarak kullanılmasıyla verimli sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır. Etkili bir vardiya planından insanların fiziksel ve zihinsel sağlığı üzerindeki kötü faktörleri minimize etmesi ve performans açısından da maksimum değerlerde fayda sağlaması beklenir.

Vardiya çizelgeleme probleminin çözümü için matematiksel modellemelerden, sezgisel algoritmalarından veya her ikisini birden kullanarak model oluşturulur. Matematiksel modeller: doğrusal programlama, tam sayılı programlama, hedef programlama, dinamik programlama ve sezgisel algoritmalar: genetik algoritma, tabu arama yöntemi, stokastik programlama bu yöntemlerden birkaçı olarak gösterilebilir.

Raylı sistemlerde çalışan personeller için çizelgeleme iş ve personel arasındaki dengenin sağlanması açısından önem taşımaktadır. Bir raylı sistemdeki hizmetin istenilen zaman aralığında aksama olmadan sağlanması istenildiği gibi bu sistemin ve çevresindeki insanların güvenliğinin de sürekli sağlanması gerekmektedir. Raylı sistemin güvenliği sistem hizmet vermediğinde bile devam etmektedir. Bu sebeple raylı sistemlerde çalışan güvenlik görevlilerinin çizelgelenmesi raylı sistemlerde çalışan diğer bütün çalışanların çizelgelenmesi kadar önem taşımaktadır.

3. Hedef Programlama

Hedef programlama çok amaçlı karar verme tekniklerinden bir tanesidir. Bu yöntem de amaç fonksiyonun maksimizasyonu ya da minimizasyonu yerine var olan kısıtlarla belirlenen hedeflerden sapma değerleri minimize edilmeye çalışılmaktadır. Yani hedef programlamada sorunun amacı, sapmayı ifade eden değişkenlerin toplamının minimize edilmesidir.

Sapma değişkenleri hedef programlamada genellikle d_i^+ ve d_i^- simgesiyle gösterilir. Sapma değişkenleri negatif değerli olmazlar ve bir hedefin hem üstünde hem altında bir anda olunamayacağından, bunlardan birinin değeri de daima 0 olur. Hedef kısıtlayıcılarına bağlı olarak sapma değişkenleri istenen veya istenmeyen değişken olarak da adlandırılabilir. Hedef programlama verilen hedeflere mümkün olduğunca ulaşılmasını amaçlar ve hedefteki sapmaları minimize etmektedir [3]. Bu çalışma da 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:

$$\begin{aligned} \text{Minimize } Z &= \sum_{i=1}^m (d_i^+ + d_i^-) \\ \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - d_i^+ + d_i^- &= b_i & i=1, \dots, k \\ x_j, d_i^+, d_i^- &\geq 0 & i=1, \dots, k \quad j=1, \dots, n \end{aligned}$$

4. Literatür Araştırması

Vardiya çizelgeleme problemi literatürde en çok ele alınan problemlerden bir tanesidir. Literatürdeki çizelgeleme problemleri ve çözümleri bu bölümde incelenmiştir.

Sarucan [4] vardiya ve tur çizelgeleme modellerini incelemiş, Bütünleşik Hemşire Çizelgeleme modelini hafif raylı sisteme uygulamış çıkan sonuçları analiz etmiştir. Kakmacı ve Hasgül [5] çalışmalarında öğretmen nöbet çizelgelerini ele almıştır. Görev çizelgesi oluşturmanın eğitim kurumlarında uygulanan özel bir şeklidir. Bu nedenle problemin gösteriminde karar modellerinden yararlanmışlardır. Kurt ve Seçkiner [6] çalışmalarında, maksimum hizmetin minimum zorlanma ile karşılanması için tur çizelgelerine rotasyon çizelgelerinin entegre edilmesine dayalı bir tamsayılı programlama modeli önermişler ve modelin geçerliliğini denemişlerdir. Azaiez ve Sharif [7] çalışmalarında, Riyadh Al-Kharj Hastanesinde 0-1 tam sayılı hedef programlama yaklaşımını kullanarak bir hemşire çizelgeleme problemini incelemişlerdir. Hemşirelerin isteklerini öğrenmek için anket çalışması yapmışlardır. Çalışmada fazla mesai gibi durumları minimize etmeyi amaçlarken hemşirelerin isteklerini de göz önünde bulundurmışlardır. Hedef programlama modeli ile problemin çözümünü sağlamışlardır. Kağnıcıoğlu ve Yıldız [8] Dumlupınar Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü sınavları ve sınav görevlileri veri olarak kullanmışlar, birden fazla amaç ve hedeflerde belirsizlik olması durumlarında, 0-1 tamsayılı bulanık hedef programlama yaklaşımı ile atama problemlerinin çözümü için model önerisinde bulunmuşlardır. Çetin vd. [9] çalışmalarında uçuş ekibi planlanmasında tam sayılı programlama ile çözüm üzerinde durmuştur. Öncelikle yurtiçi ve yurtdışı toplam 178 uçuş 89 uçuş çiftine dönüştürmüşler ve 0-1 tamsayılı programlamanın bir sınıfı olan ekip çizelgelemede kullanılan küme bölme modeli yöntemiyle çözmüşlerdir. Narlı ve Oğulata [10] çalışmalarında bir hastanede yoğun bakım hemşireleriyle görüşülerek ve konuyla ilgili yapılmış çalışmalar da incelenerek dikkate alınması gereken kısıtlar belirlemiş, ardından tamsayılı doğrusal programlama tekniğiyle genel anlamda kullanılabilir matematiksel model kurmuşlardır. Glass ve Knight [11] çalışmalarında karışık tam sayılı programlama yöntemini kullanarak, hemşireler için nöbet çizelgeleme problemini incelemişlerdir. Günther ve Nissen [12] çalışmalarında meta-sezgisel optimizasyon olan parçacık sürüm optimizasyonunu kullanmış, lojistik şirketi çalışanlarına çizelgeleme yaparak uygulamaya koymuşlardır. Karaatlı [13] çalışmasında yedi gün 24 saat çalışan hemşirelerin çalışma çizelgelemesi için bulanık çok amaçlı doğrusal bir model önerisinde bulunmuştur. Bu çalışma ile optimum vardiyalar ve bu vardiyalarda çalışacak hemşire sayıları belirlemiştir. Problemin bir sonraki aşamasında, dört kısıt belirlenerek bir bilgisayar programı yazmıştır. Aynı bilgisayar programı üzerinde genetik algoritma yöntemi uygulayarak her iki yöntemin çözümünü kıyaslamıştır. Brunner ve Edenharter [14] hastanede çalışan personellerin çalışma çizelgesini karışık tam sayılı programlama modeli kurarak sezgisel algoritma ile çözmüşlerdir. Fırat ve Hurkens [15] çalışmalarında kıdeme göre farklı yetenek isteyen işleri o kişilere, tam sayılı programlama kullanarak

atayarak iş düzeni çizelgelemesi yapmışlardır. Atmaca vd. [16] Ankara Güven Hastanesi A blok 2. kattaki hemşirelerin vardiya düzenlerine ilişkin çalışmada 0-1 amaç programlama modeli temel almışlardır. Çalışmalarının sonucunda, en az maliyetli, müşteriler açısından en yüksek memnuniyeti sağlayan, hemşireler açısından da en adil ve dengeli bir dağılım sağlayan çizelgeyi oluşturmuşlardır. Bağ vd. [17] çalışmalarında Kırıkkale'de bir Devlet Hastanesinde Üroloji-KBB Servisinden alınan verilerle, 0-1 tamsayılı hedef programlama ile hemşire çizelgeleme problemini ele almışlardır. Çalışmada beş hedef kullanmışlardır ve hedeflerin ağırlıkları ANP çok ölçütlü karar verme tekniği ile belirlenmiştir. Bektur ve Hasgül [18] çalışmalarında bir restoranda personellerin çizelgelenmesi problemini incelenmişlerdir. Çalışanların vardiyalara, tatil günlerine ve görevlere atanması için hedef programlama modeli geliştirmişlerdir. Modelde çalışan isteklerini ve becerilerini göz önünde bulundurmuşlardır. Geliştirilen hedef programlama modelinde kıdem seviyeleri dikkate alınarak gevşek kısıtlardan sapmalar en küçüklenmiştir. Çetin vd. [19] Kredi ve Yurtlar Kurumu yöneticileri için vardiya planlamasında bir model önerisini tamsayılı doğrusal programlama modeli kullanılarak çözmüşlerdir. Ünlüsoy ve Eren [20] Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi A bloktaki temizlik işlerini ele almışlardır. Temizlik çizelgeleme ile fakültenin en verimli şekilde temizlenmesi için atama modeli kullanmıştır. Atama modeli ile hangi alan hangi personel tarafından hangi sırada yapılacağıın bilinmesi amaçlanmıştır. Ele alınan problem paralel makineli çizelgeleme problemine benzetilmiştir. Alağaç vd. [21] çalışmada Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde çalışan bütün araştırma görevlilerinin vize ve final haftasındaki sınav gözetmenliklerinin dengeli bir şekilde atamak ve üniversitenin istediği kurallar çerçevesinde bir atama çizelgesini hazırlamayı amaçlamışlardır. Çalışmada, yedi farklı bölümde çalışan 36 araştırma görevlisi için, dokuz günlük sınav periyodu kapsamında, beş farklı saat dilimi göz önüne alınarak 741 sınava atama yapılmıştır. Atamalar için görevlilerin bağlı olduğu bölümlere öncelikle atanması sağlamışlardır ve görevlilerin özel istekleri de dikkate almışlardır. Görevli ataması için hedef programlama yöntemi kullanmışlardır. Ciritoğlu vd. [22] 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 alınmıştır. Problemin çözümünde hedef programlama yönteminden yararlanmışlardır. Varlı ve Eren [23] yapmış oldukları çalışmada tüm gün hizmet veren Kırıkkale'deki bir hastanenin yoğun bakım, ameliyathane ve acil bölümlerine, hastanenin her vardiyada ihtiyaç duyduğu hemşire sayısını karşılamak için bir hedef programlama modeli önermiştir. Varlı ve Eren [2] çalışmalarında, üç vardiya üretim yapan bir fabrikada çalışan şefleri ilk olarak Analitik Hiyerarşi Prosesi yönteminden faydalanarak belirli kriterler yardımıyla kıdem seviyelerine ayırdıktan sonra fabrikanın her bir vardiya için ihtiyaç duyduğu işgücünü karşılamak, planlanan dönem boyunca şeflere verilen izin günlerini düzenlemek, her bir şefin toplam işgücünü dengeli bir şekilde dağıtmak ve en önemlisi kıdem seviyelerini kullanarak niteliği çok olan şefler ile niteliği az olan şefleri aynı vardiyaya olabildiğince atamak gibi problemlerin çözümü için bir model geliştirilmeye çalışmıştır. Çalışmanın çözümü için tam sayılı programlama ve hedef programlama kullanmışlardır. Özcan vd. [24] çalışmalarında hidroelektrik santrallerinde çalışan personellerin aylık vardiya çizelgelerini işletmenin kuralları doğrultusunda planlamışlardır. Her bir vardiyaya belirlenen kıdem seviyelerine göre atamalar gerçekleştirmişler ve geliştirdikleri matematiksel model ile personellerin daha dikkatli ve konsantre bir şekilde çalışmalarını sağlamışlardır. Eren ve Gencer [25] çalışmalarında Ankara M1 (Kızılay-Batıkent) metro hattı için altı farklı talep tahmin yöntemi kullanılarak hata ortalamalarını kıyaslayıp en az

hata ortalamasına sahip talep tahmin yöntemiyle gelecek dönem tahmini yapıldır. Gelecek dönem tahminlerine göre gün içinde yolcu yoğunluğuna göre zaman çizelgesi yapılmıştır. Varlı vd. [26], çalışmalarında raylı sistemlerde çalışan vatmanların çizelgelenmesi problemini ele almışlardır. Ankara Metrosu M1 (Kızılay-Batıkent) hattında çalışan vatmanlar için vardiya çizelgesi yapılmıştır. Problemin çözümü için hedef programlama modeli geliştirmişlerdir. Wong vd. [27] çalışmalarında kentsel toplu taşıma raylı sistemlerde, tüm yolcular için en az gecikme ile sorunsuz kavşak sağlayan koordineli çizelgeleri tasarlamışlardır. Lee ve Chen [28], Tayvan Demiryolu İdaresi için sürücü çizelgeleme probleminde genetik algoritma ile iki çözüm yaklaşımı geliştirmişlerdir. Matematiksel programlama modeli (gezgin satıcı problemi modeli) ile de çözülen problem sonuçlar ve çözüm süreleri açısından kıyaslanmıştır. Chen [29], çalışmada tamsayı programlama modeli kullanarak demiryolunda ekip çizelgeleme yapmıştır. Demiryolu hattında verimi arttırmak için vardiya planlaması ve çalışma saatleri üzerine uygun bir zaman çizelgesi oluşturulmuştur.

5. Uygulama

Bu çalışmada vardiya çizelgeleme problemi olarak Ankara ilinde hizmet vermekte olan bir metro hattının güvenlik personelinin vardiya çizelgesi ele alınmıştır. Problemin çözümü için yapılan işlemler sırasıyla bu bölümde anlatılacaktır.

5.1. Problemin tanımlanması

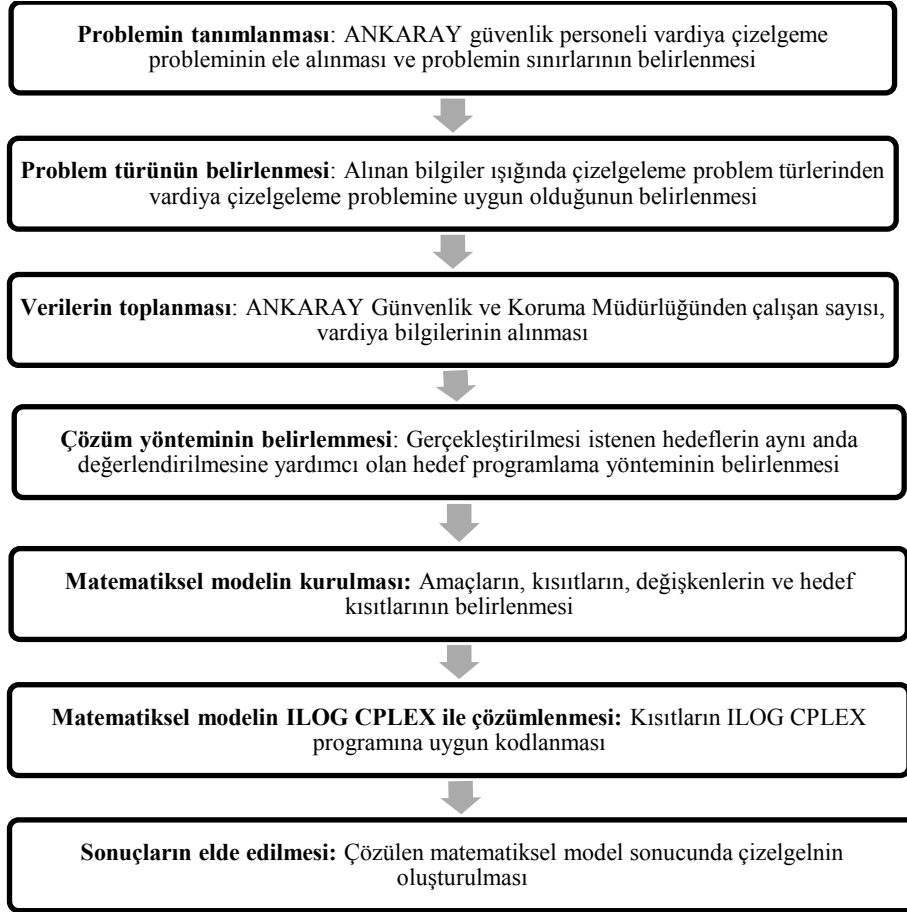
Bu çalışmada Ankara'da hizmet vermekte olan on bir istasyondan oluşan ANKARAY'da çalışan kırk üç güvenlik görevlisinin aylık çalıştıkları istasyonlara eşit sayıda ve dengeli bir şekilde atanmıştır. Çalışmada ANKARAY'da bulunan dört istasyondaki görevliler çizelgelenmiştir. Kızılay istasyonunda bulunan iki ayrı giriş ayrıca Kızılay1 ve Kızılay2 olarak dikkate alınmıştır. Uygulamanın yapıldığı ANKARAY metro hattı Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. ANKARAY Metro Hattı

Çalışmanın uygulama adımlarının yer aldığı ve kısaca açıklandığı akış şeması Şekil 2’de verilmiştir.

Bu çalışmada vardiya çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Çalışmada ANKARAY metro hattının beş durağında çalışan 43 güvenlik görevlisinin sabah akşam ve gece vardiya sayıları belirlenmiştir. Çizelgelemeyi yaparken çalışanların sayıları, cinsiyetleri ve çalıştıkları bölümleri aynı anda değerlendirilerek çizelgeleme oluşturulmuştur. Vardiya saatleri sabah 07:15-15:45, akşam 14:45-23:15, gece 23:00-07:30 olmak üzere belirlenmiştir.



Şekil 2.Uygulama akış şeması

5.2. Verilerin toplanması

Çalışmada oluşturulan matematiksel modellerde aşağıda verilen güvenlik görevlilerinin çalışma prensipleri kullanılmıştır. Çalışma prensipleri ANKARAY Güvenlik ve Koruma Müdürlüğünden alınan veriler doğrultusunda belirlenmiştir.

Güvenlik Görevlilerinin Çalışma Prensipleri:

- Her istasyonda ihtiyaç duyulan görevli sayısı karşılanmalıdır.
- Anadolu, Maltepe, Demirtepe duraklarında sekiz görevliye, Kızılay1 durağında dokuz görevliye, Kızılay2 durağında 10 görevliye ihtiyaç vardır.
- Kızılay2 durağında çalışan 10 görevliden iki si kadın personeldir.

- Kadın personeller gece vardiyasında çalışmayacaktır.
- Görevliler kendi istasyonları haricinde bir istasyonda çalışmayacaktır.
- Kadrolu güvenlik görevlileri ardı ardına en fazla beş gün çalışmalıdır haftada iki gün izin verilmelidir.
- Her bir güvenlik görevlisi günlük sadece bir vardiyada çalışmalıdır ve vardiyaları birleştirilmemelidir.
- Tüm güvenlik görevlilerinin aylık çalıştıkları toplam vardiyalar mümkün olduğu kadarıyla eşit olmalıdır. Bu kriter sağlanırken erkek ve bayan güvenlik görevlileri ayrı ayrı değerlendirilmelidir.

5.3. Varsayımların belirlenmesi

Bu problemin çözümünün elde edilmesinde birden fazla amacın birleştirilmesine olanak sağlayan hedef programlama yaklaşımı kullanılmıştır. Resmi ve dini tatil günlerinin çizelgelemenin yapıldığı ay içerisinde bulunmadığı varsayılmıştır. Aylık çizelgelemede bir ay otuz bir gün olarak varsayılmış ve çizelgeleme otuz bir gün için yapılmış, hafta sonları çizelgede belirtilmemiştir.

5.4. Problemin Matematiksel Modeli

Problemin çözümü için oluşturulan matematiksel model şu şekildedir.

Problem Parametreleri:

n: Güvenlik görevlisi sayısı	n=43
m: Gün sayısı	m=31
t: Vardiya sayısı	t=3
p: İstasyon sayısı	p=5
i: Görevli indeksi	i=1,...,n
j: Gün indeksi	j=1,...,m
k: Vardiya indeksi	k=1,...,t
l: istasyon indeksi	l=1,...,p

Problemin karar değişkenleri:

$$x_{ijkl} = \begin{cases} 1; & i. \text{ personel } j. \text{ günde } k. \text{ vardiyaya } l. \text{ İstasyonda atanırsa} \\ 0; & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

$i=1, \dots, n \quad j=1, \dots, m \quad k=1, \dots, t$
 $l=1, \dots, p$

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

$j=1, \dots, m$

Kısıtlar:

1.Kısıt: Her gün her istasyonda en az ve en fazla ihtiyaç duyulan güvenlik görevlisi kısıtı

Sabah vardiyası için en az ihtiyaç duyulan güvenlik görevli sayısı

$$\sum_{i=1}^{43} x_{ij1l} \geq 2 \quad j=1, \dots, 31, l=1, \dots, 5$$

Sabah vardiyası için en fazla ihtiyaç duyulan güvenlik görevli sayısı

$$\sum_{i=1}^{43} x_{ij1l} \leq 4 \quad j=1, \dots, 31, l=1, \dots, 5$$

Akşam vardiyası için en az ihtiyaç duyulan güvenlik görevli sayısı

$$\sum_{i=1}^{43} x_{ij2l} \geq 2 \quad j=1, \dots, 31, l=1, \dots, 5$$

Akşam vardiyası için en fazla ihtiyaç duyulan güvenlik görevli sayısı

$$\sum_{i=1}^{43} x_{ij2l} \leq 4 \quad j=1, \dots, 31, l=1, \dots, 5$$

Gece vardiyası için:

$$\sum_{i=1}^{43} x_{ij3l} = 1 \quad j=1, \dots, 31, l=1, \dots, 5$$

2.Kısıt: Personelin kendi istasyonundan başka istasyona atanmaması kısıtı:

$$x_{ijkl} = 0 \quad i=1, \dots, 8 \quad j=1, \dots, 31 \quad k=1, \dots, 3 \\ l=2, 3, 4, 5$$

$$x_{ijkl} = 0 \quad i=9, \dots, 16 \quad j=1, \dots, 31 \quad k=1, \dots, 3 \\ l=1, 3, 4, 5$$

$$x_{ijkl} = 0 \quad i=17, \dots, 24 \quad j=1, \dots, 31 \quad k=1, \dots, 3 \\ l=1, 2, 4, 5$$

$$x_{ijkl} = 0 \quad i=25, \dots, 33 \quad j=1, \dots, 31 \quad k=1, \dots, 3 \\ l=1, 2, 3, 5$$

$$x_{ijkl} = 0 \quad i=34, \dots, 43 \quad j=1, \dots, 31 \quad k=1, \dots, 3 \\ l=1, 2, 3, 4$$

3.Kısıt: Her güvenlik görevlisinin izinli olduğu gün çalışmaması kısıtı:

$$\sum_{k=1}^3 \sum_{l=1}^5 x_{ijkl} \leq (1 - h_{ij}) \quad i=1, \dots, n \quad j=1, \dots, 31$$

4.Kısıt: Her güvenlik görevlisinin ardı ardına beş günden fazla çalışmaması kısıtı:

$$h_{ij} + h_{i(j+1)} + h_{i(j+2)} + h_{i(j+3)} + h_{i(j+3)} + h_{i(j+4)} + h_{i(j+5)} \geq 1 \quad i=1, \dots, 43 \quad j=1, \dots, 26$$

5.Kısıt: Herhangi bir güvenlik görevlisi herhangi bir gündeki herhangi bir istasyonun gece vardiyasına atandığı takdirde ertesi gün ki sabah ve akşam vardiyalarına atanmaması kısıtı:

$$x_{ij31} + x_{i(j+1)11} + x_{i(j+1)21} \leq 1 \quad i=1, \dots, 8 \quad j=1, \dots, 31$$

$$\begin{array}{lll}
 x_{ij32}+x_{i(j+1)12}+x_{i(j+1)22}\leq 1 & i=9,\dots,16 & j=1,\dots,31 \\
 x_{ij33}+x_{i(j+1)13}+x_{i(j+1)23}\leq 1 & i=17,\dots,24 & j=1,\dots,31 \\
 x_{ij34}+x_{i(j+1)14}+x_{i(j+1)24}\leq 1 & i=25,\dots,33 & j=1,\dots,31 \\
 x_{ij35}+x_{i(j+1)15}+x_{i(j+1)25}\leq 1 & i=34,\dots,43 & j=1,\dots,31
 \end{array}$$

6.Kısıt: 42. ve 43. bayan görevlilerin ağır çalışma şartlarından dolayı gece çalışmaması kısıtı:

$$\begin{array}{lll}
 x_{42j3l}=0 & j=1,\dots,31 & l=1,\dots,5 \\
 x_{43j3l}=0 & j=1,\dots,31 & l=1,\dots,5
 \end{array}$$

Hedef Kısıtları:

1.Hedef: Güvenlik görevlileri vardiyalara atanırken çalışma günü-izin günü-çalışma gününün olmaması hedef kısıtı:

$$\begin{array}{l}
 x_{ij11}+x_{ij12}+x_{ij13}+x_{ij21}+x_{ij22}+x_{ij23}+x_{ij31}+x_{ij32}+x_{ij33}+h_{i(j+1)}+x_{i(j+2)11}+ \\
 x_{i(j+2)12}+x_{i(j+2)13}+x_{i(j+2)21}+x_{i(j+2)22}+x_{i(j+2)23}+x_{i(j+2)31}+x_{i(j+2)32}+ \\
 x_{i(j+2)33}+d2_{ij}^-+d2_{ij}^+=2 \\
 i=1,\dots,43 \quad j=1,\dots,29
 \end{array}$$

2.Hedef: Her güvenlik görevlisinin her istasyon için aylık dönemde en fazla çalışması gereken vardiya sayılarının belirlenmesi hedef kısıtı:

Sabah vardiyası için belirlenen sayı:

$$\begin{array}{ll}
 \sum_{j=1}^{31} x_{ij11} + d3_i^- + d3_i^+ = 10 & i=1,\dots,8 \\
 \sum_{j=1}^{31} x_{ij12} + d3_i^- + d3_i^+ = 10 & i=9,\dots,16 \\
 \sum_{j=1}^{31} x_{ij13} + d3_i^- + d3_i^+ = 10 & i=17,\dots,24 \\
 \sum_{j=1}^{31} x_{ij14} + d3_i^- + d3_i^+ = 10 & i=25,\dots,33 \\
 \sum_{j=1}^{31} x_{ij15} + d3_i^- + d3_i^+ = 10 & i=34,\dots,43
 \end{array}$$

Akşam vardiyası için belirlenen sayı:

$$\begin{array}{ll}
 \sum_{j=1}^{31} x_{ij21} + d4_i^- + d4_i^+ = 9 & i=1,\dots,8 \\
 \sum_{j=1}^{31} x_{ij22} + d4_i^- + d4_i^+ = 9 & i=9,\dots,16 \\
 \sum_{j=1}^{31} x_{ij23} + d4_i^- + d4_i^+ = 9 & i=17,\dots,24 \\
 \sum_{j=1}^{31} x_{ij24} + d4_i^- + d4_i^+ = 9 & i=25,\dots,33 \\
 \sum_{j=1}^{31} x_{ij25} + d4_i^- + d4_i^+ = 9 & i=34,\dots,43
 \end{array}$$

Gece vardiyası için:

$$\begin{array}{ll}
 \sum_{j=1}^{31} x_{ij31} + d5_i^- + d5_i^+ = 4 & i=1,\dots,8 \\
 \sum_{j=1}^{31} x_{ij32} + d5_i^- + d5_i^+ = 4 & i=9,\dots,16 \\
 \sum_{j=1}^{31} x_{ij33} + d5_i^- + d5_i^+ = 4 & i=17,\dots,24 \\
 \sum_{j=1}^{31} x_{ij34} + d5_i^- + d5_i^+ = 4 & i=25,\dots,33 \\
 \sum_{j=1}^{31} x_{ij35} + d5_i^- + d5_i^+ = 4 & i=34,\dots,43
 \end{array}$$

Amaç Fonksiyonu

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d2_{ij}^+ + d3_i^- + d3_i^+ + d4_i^- + d4_i^+ + d5_i^+ + d5_i^-$$

Matematiksel model ağırlıklı hedef programlama ile oluşturulmuş olup ağırlıklar eşit kabul edilmiştir.

5.5. Matematiksel Model Sonuçları

Modelin çözümünde “Intel (R) Core (TM) i5-3210 M CPU@2.50 GH” işlemcisi, sekiz GB belleği ve Windows 10 işletim sistemine sahip bilgisayar kullanılmıştır. İlgili verilerin girilmesiyle model ILOG CPLEX Studio IDE programında yazılmış ve CPLEX çözücüsü ile çözülmüştür. Matematiksel modelin sonuçları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1’de güvenlik görevlilerinin kendi istasyonları içerisinde atandıkları vardiyalar ve tatil günleri verilmiştir. Sabah vardiyaları “S”, akşam vardiyaları ise “A”, gece vardiyaları “G”, tatil günleri ise “T” ile gösterilmiştir. Oluşturulan bu vardiya planında her bir görevlinin kendi çalıştığı istasyon içerisinde diğer görevliler ile eşit bir vardiya dağılımına sahip olduğu görülmektedir. Çizelgede hedef programlamada istenen vardiya kısıtları, tatil kısıtları, cinsiyete özel kısıtlar ve hedefler sağlanmıştır. Örneğin 42 ve 43 numaralı görevliler kadın olduklarından dolayı gece vardiyalarına atanmamışlardır. Tablo 2’de güvenlik görevlilerinin atandıkları toplam vardiyalar ve tatil günleri verilmiştir.

Tablo 1. İstasyonlara Göre Görevlilerin Aylık Atandıkları Vardiya Çizelgeleri

İSTASYON	GÖREVLİ/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				
ANADOLU	1	T	A	S	S	A	A	A	T	T	S	S	S	G	G	G	T	T	S	A	S	A	A	S	T	T	S	A	A	A	S	S				
	2	S	A	S	A	T	T	S	S	S	G	G	G	T	T	S	A	S	A	A	A	A	T	T	S	S	A	A	A	S	T	T	A			
	3	T	T	S	S	A	A	G	G	T	T	S	S	S	S	A	A	T	T	A	A	A	S	A	A	T	T	S	S	S	G	G				
	4	A	S	S	S	A	T	T	A	A	A	S	S	A	T	T	S	S	A	S	S	S	T	T	A	A	G	G	G	G	T	T				
	5	S	S	A	A	S	T	T	S	A	S	S	A	A	T	T	A	G	G	G	G	G	T	T	S	A	A	S	S	A	T	T				
	6	A	G	G	G	G	T	T	A	S	A	A	S	S	T	T	A	A	S	A	S	S	T	T	S	S	A	S	S	A	T	T				
	7	G	T	A	S	A	T	A	S	G	T	S	S	A	T	S	S	G	T	A	S	A	T	A	S	G	T	S	A	A	T	S				
	8	T	T	S	S	S	S	A	T	T	A	A	S	A	A	G	T	T	S	A	A	A	G	G	T	T	S	S	A	S	A	A				
MALTEPE	9	T	A	A	G	G	G	T	T	A	S	S	A	A	A	T	T	S	S	S	S	A	A	T	T	A	A	S	S	S	S					
	10	T	T	S	S	A	A	A	S	T	T	S	S	S	S	S	S	T	T	A	A	A	G	G	G	T	T	A	A	S	A	A				
	11	G	T	A	A	A	T	S	A	G	T	S	A	S	T	S	A	G	T	S	S	A	T	S	S	G	T	A	A	S	T	S				
	12	S	S	A	S	S	T	T	S	S	G	G	G	G	T	T	A	A	A	S	S	S	T	T	A	A	S	A	A	A	T	T				
	13	T	T	S	A	A	S	A	G	T	T	A	A	S	S	G	G	T	T	S	A	S	S	S	A	T	T	S	A	S	A	T				
	14	A	G	G	T	S	A	S	T	A	A	S	T	S	A	A	T	S	S	A	T	S	S	A	T	S	G	G	T	A	S	A				
	15	A	A	A	S	S	T	T	A	A	S	S	A	A	T	T	S	S	G	G	G	G	T	T	S	A	A	S	S	S	T	T				
	16	S	S	S	A	A	S	T	T	S	S	A	A	A	G	T	T	A	A	A	A	S	A	T	T	S	S	S	G	G	G	T				
DEMİRTAPE	17	T	T	A	A	S	A	G	G	T	T	S	A	S	S	G	G	T	T	S	A	A	A	S	S	T	T	A	S	S	A	S				
	18	G	T	S	A	S	T	S	A	G	T	S	S	S	T	A	A	G	T	A	A	S	T	A	A	G	T	A	S	S	T	S				
	19	T	T	A	S	S	S	A	A	T	T	A	S	A	A	S	A	T	T	S	S	S	G	G	G	T	T	A	A	S	S	A				
	20	A	G	G	G	G	T	T	S	S	A	S	S	S	T	T	S	A	A	A	A	A	A	T	T	S	S	S	A	A	S	T	T			
	21	S	S	S	T	A	S	A	T	S	G	G	T	A	S	S	T	A	S	S	T	A	S	S	T	A	A	S	T	S	G	G	T	A	A	A
	22	A	S	S	S	A	G	T	T	A	S	A	G	G	G	T	T	S	A	A	S	A	S	T	T	A	A	S	S	A	S	T	T			
	23	S	A	A	S	S	T	T	S	A	A	S	A	S	T	T	S	S	G	G	G	G	T	T	A	A	A	S	S	A	T	T				
	24	T	A	S	S	A	S	T	T	S	A	A	S	A	A	A	T	T	S	A	A	S	S	A	T	T	S	A	G	G	G	G				
KIZILAY 1	25	G	T	A	S	S	T	A	A	G	T	S	S	A	T	S	S	G	T	A	S	A	T	A	S	G	T	S	A	A	T	S				
	26	A	G	G	G	G	T	T	S	S	A	A	A	S	T	T	S	S	A	S	S	A	T	T	S	S	A	S	A	A	T	T				
	27	T	S	A	S	A	S	A	T	T	A	A	A	A	G	G	T	T	A	S	A	A	S	S	T	T	S	S	A	S	A	S				
	28	T	A	A	A	A	S	T	T	S	A	S	A	S	S	T	T	A	S	S	S	G	G	T	T	A	S	A	S	S	A	A				
	29	T	T	S	A	S	A	S	G	T	T	S	A	S	A	A	G	T	T	S	A	S	A	S	G	T	T	S	A	A	S	A				
	30	T	S	S	A	A	S	G	T	T	S	A	A	S	A	A	T	T	S	A	A	S	S	A	T	T	A	S	S	S	G	G				
	31	A	S	A	S	A	T	T	S	S	G	G	G	G	T	T	S	S	S	A	A	T	T	A	A	S	A	S	A	T	T					
	32	S	A	S	S	S	T	T	S	A	S	A	S	S	T	T	A	A	G	G	G	G	T	T	A	S	S	A	A	A	T	T				
	33	S	S	S	S	A	T	T	A	A	A	S	S	A	T	T	A	A	A	S	S	S	T	T	S	A	G	G	G	G	T	T				
KIZILAY 2	34	A	A	A	S	S	T	T	A	S	G	G	G	G	T	T	S	S	S	S	A	A	T	T	A	S	A	A	S	S	T	T				
	35	S	G	G	G	G	T	T	S	S	A	S	S	S	T	T	A	S	S	S	A	S	T	T	A	A	A	A	A	A	A	T				
	36	A	A	S	S	A	T	T	S	A	S	A	S	A	T	T	S	S	A	A	A	S	T	T	S	S	G	G	G	G	T	T				
	37	T	T	S	A	A	S	A	A	T	T	S	A	A	S	S	A	T	T	S	S	S	A	S	G	T	T	S	A	A	S	S				
	38	T	A	S	S	A	G	T	T	A	A	S	S	A	A	T	T	A	A	A	A	S	G	T	T	S	S	S	S	G	G					
	39	G	T	A	S	A	S	T	S	G	T	S	S	A	A	T	A	G	T	A	S	S	S	T	A	G	T	A	S	A	S	T				
	40	S	A	S	A	S	S	T	T	A	A	S	S	S	A	T	T	A	G	G	G	G	G	T	T	A	S	A	A	S	S	T				
	41	T	T	A	A	S	A	S	G	T	T	A	A	S	G	G	G	T	T	S	S	S	S	A	S	T	T	S	A	A	S	A				
	42	T	S	S	A	A	S	A	T	T	A	S	A	S	S	A	T	T	S	A	A	S	S	A	T	T	S	S	S	S	A	A				
	43	T	S	A	S	A	S	S	T	T	A	S	A	A	S	S	T	T	S	A	A	A	A	S	T	T	A	A	S	S	A	S				

Tablo 2’de verilen değerlere göre sabah vardiyası hedefindeki en fazla sapma üç olarak belirlenmiştir. Aynı şekilde akşam vardiyası hedefindeki en büyük pozitif sapmanın 3, gece vardiyası hedefindeki en büyük pozitif sapmanın bir olduğu görülmektedir. Negatif sapmalar incelendiğinde ise sabah ve akşam vardiyası hedeflerinde sapma olmamıştır. Gece vardiyası hedefinde ise en büyük negatif sapma dördür. Tabloya göre 43 görevliden 36’sı bir ay içerisinde sabah vardiyasına 10 kez atanmıştır. Çizelgeye göre dört görevli 11 kez, iki görevli 12 kez ve bir görevli de 13 kez sabah vardiyasına gelecektir. Akşam vardiyasına ise 25 görevli dokuz kez, 14 görevli 10 kez, kalan görevlilerin de ikisi 11 kez, kalan ikisi 12 kez gelecektir. Gece vardiyasında beş görevli beş kez, 25 görevli dört kez, sekiz görevli üç kez, iki görevli iki kez, bir görevli bir kez görev alacaktır. Gece vardiyasına iki kadın güvenlik görevlisinin (42 ve 43 numaralı görevliler) kalması istenmediği için bu görevlilerin gece vardiyası bulunmamaktadır. Sabah, akşam ve gece vardiyalarının toplanması ile toplam çalışma günleri hesaplanmıştır. Elde edilen bu

verilere göre görevlilerin toplam çalışma günleri birbirine oldukça yakındır. 22 gün çalışan bir görevli, 23 gün çalışan 24 görevli, 24 gün çalışan 18 görevli bulunmaktadır. Problemin çözüm sonuçları incelendiğinde istenilen hedefler en az sapma miktarları ile sağlanmıştır. Bu sonuçlara göre, her görevlinin toplam atandığı vardiyaların mümkün olduğunca eşit olması istenmiştir. ANKARAY güvenliğinin her bir vardiya için ihtiyaç duyduğu görevli sayıları eksiksiz bir şekilde karşılanmıştır. Yapılan bu çalışma ile birlikte görevlilerin her vardiyaya olabildiğince eşit bir şekilde atanması sağlanmış, bazı görevliler için özel kısıtlar sağlanmıştır.

Daha önce bir bilgisayar programından veya modelden yararlanılmadan yapılan çizelgelerdeki, vardiyaların dengeli dağıtılmaması, personele fazla iş yüklenmesi, güvenlik hizmetinin verimli bir şekilde yerine getirilememesi gibi sorunların en aza indirgenmesi amaçlanarak yeni bir çizelge oluşturulmuştur. Oluşturulan yeni çizelge ile personel ile iş arasındaki denge kısıtlar dahilinde sağlanmaya çalışılmıştır.

Raylı sistemlerde yapılan çizelgeleme çalışmalarında daha çok tren çizelgeme problemi ele alınmıştır. Güvenlik personelleri raylı sistemin güvenli ve sağlıklı bir şekilde çalışabilmesini sağlamaktadır. Güvenlikte oluşabilecek bir sorun tüm raylı sistemi ve çalışanlarını etkileyecektir. Bu sebeple güvenlik hizmetinin sürekli bir şekilde sağlanması gerekmektedir. Bu çalışmada sistemin sürekli çalışabilmesi, güvenliğin aksamaması için güvenlik personelleri için sistemin kısıtları göz önüne alınarak en verimli çalışma planı oluşturulması amaçlanmıştır.

Tablo 2. Görevlilerin atandıkları toplam vardiya ve tatil sayıları

Görevli\ Vardiya	S	A	G	T	Toplam Çalışılan Gün
1	11	10	3	7	24
2	10	10	3	8	23
3	10	9	4	8	23
4	10	9	4	8	23
5	10	9	5	7	24
6	10	9	5	7	24
7	10	9	4	8	23
8	10	10	3	8	23
9	10	10	4	7	24
10	10	10	3	8	23
11	10	9	4	8	23
12	10	9	4	8	23
13	10	9	3	9	22
14	10	10	4	7	24
15	10	9	4	8	23
16	10	10	4	7	24
17	10	9	4	8	23
18	10	9	4	8	23
19	10	10	3	8	23
20	10	9	4	8	23
21	11	9	4	7	24
22	10	10	4	7	24
23	10	9	4	8	23
24	10	10	4	7	24
25	10	9	4	8	23
26	10	9	5	7	24
27	10	12	2	7	24
28	11	11	2	7	24
29	10	10	3	8	23
30	11	10	3	7	24
31	10	9	4	8	23
32	10	9	4	8	23
33	10	9	4	8	23
34	10	9	4	8	23
35	10	9	5	7	24
36	10	9	4	8	23
37	12	10	1	8	23
38	10	10	4	7	24
39	10	9	4	8	23
40	10	9	5	7	24
41	10	9	4	8	23
42	13	11	0	7	24
43	12	12	0	7	24

6. Sonuç

Yapılan çalışmada ANKARAY'da beş ayrı istasyonda çalışan kırk üç güvenlik görevlisinin aylık çalıştıkları istasyonların dengeli ve istenilene uygun bir şekilde düzenlenmesi ele alınmıştır. Metrodaki güvenlik hizmetinin aksamaması, personel ve iş arasındaki dengenin sağlanması amaçlanarak bir vardiya çizelgesi oluşturulmuştur. Bu çizelge oluşturulurken vardiya kısıtları, tatil kısıtları, cinsiyet kısıtları ile bir hedef programlama modeli oluşturulmuştur. Elde edilen bu çizelgede her görevlinin çalıştığı bölüm, her gün atandığı vardiya, tatil günleri yer almaktadır. Çizelgede görevlilerin vardiyalarının eşit bir şekilde dağılması sağlanmıştır. Güvenlik personeli müdürü tarafından elle yapılan çizelgeleme yerine, hedef programlamayla oluşturulan çizelge önerilmektedir. Yapılan bu iyileştirmeler ile birlikte güvenlik görevlilerinin verimliliğinin artması ve daha sistemli bir şekilde çalışması amaçlanmıştır.

İlerleyen çalışmalarda Ankara veya başka şehirlerdeki metro hatlarının güvenlik personelleri çizelgelenebilir, metro hattındaki diğer bölümler örneğin temizlik, bakım-onarım, vatmanların çizelgelemesi hedef programlama ile yapılabilir. Güvenlik personellerinin çizelgelenmesinde tam sayılı programlama, kısıt programlama gibi farklı yöntemler kullanılabilir. Daha fazla çalışan ve daha fazla çalışma günü için matematiksel model güncellenebilir, görevlilerin özel istekleri dikkate alınarak özel kısıtlı hedef programlama ile yeni çözüm üretilebilir.

Kaynakça

- [1] G. B. Dantzig, Letter to the editor—A comment on Edie's "Traffic delays at toll booths". *Operations Research*, 2, 1954, pp. 339-341.
- [2] E. Varlı, T. Eren, "Vardiya çizelgeleme problemi ve bir örnek uygulama", *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10(2), sf.185-197,2017.
- [3] J. Ignizio, "Introduction to goal programming," *Sage Publications Inc., Beverley Hills, California*, 1985.
- [4] A. Sarucan, "Bir raylı ulaşım sisteminde personel çizelgeleme problemine bütünlük yaklaşım," *Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya*, 1999.
- [5] Ö. Kakmacı, S. Hasgöl, "Eğitim kurumlarında karşılaşılan nöbet çizelgesi hazırlama probleminde karar modeli kullanımı", *YAEM*,2004.
- [6] M. Kurt ve S. Seçkiner, "Bütünlük tur-rotasyon çizelgeleme yaklaşımı ile işyükü minimizasyonu" *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 20(2), 2005, sf. 161-169.
- [7] M. N. Azaiez, ve S. S. Al Sharif, "0-1 goal programming model for nurse scheduling" *Computers & Operations Research*, 32 (3), 2005, pp. 491-507.
- [8] C. H. Kağncıoğlu, ve A. Yıldız, "0-1 Tamsayı bulanık hedef programlama yaklaşımı ile sınav görevi atama probleminin çözümü," *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(2), 2006, sf. 413-429.
- [9] 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.
- [10] M. Narlı ve S. N. Oğulata, "Hemşirelerin çalışma vardiyalarının değerlendirilmesi ve çizelgelenmesi", *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 19(1), 2008, sf. 31-41.
- [11] C. A. Glass ve R. A. Knight, "The nurse rostering problem: A critical appraisal of the problem structure" *European Journal of Operational Research*, 202, 2010, pp. 379-389.
- [12] M. Günther ve V.Nissen, "Sub-daily staff scheduling for a logistics service provider," *Künstl Intell*, 24,2010, pp. 105-113.
- [13] M. Karaatlı, "Bulanık ortamda çok amaçlı işgücü çizelgeleme: hemşireler için bir uygulama," *Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Isparta*,2010.

- [14] J. O. Brunner ve G. M. Edenharter, “Long term staff scheduling of physicians with different experience levels in hospitals using column generation” *Health Care Management Science*, 14, 2011, pp.189-202.
- [15] M. Firat ve C. A. J. Hurkens, “An improved MIP-based approach for a multi-skill workforce scheduling problem.” *Journal of Scheduling*, 15, 2011, pp. 363–380.
- [16] E. Atmaca, C. B. Aydođdu, C. Pehlivan ve M. Yakıcı, “Hemşire çizelgeleme problemi ve uygulaması,” *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*,28(4),2012, sf. 351-358.
- [17] N. Bağ, T. Eren, M. Özdemir , “0-1 Hedef programlama ve ANP yöntemi ile hemşire çizelgeleme problemi çözümü”, *International Journal Of Engineering Research And Development*, 4(1), 2012, pp. 2-6.
- [18] 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.
- [19] H. Çetin, İ. Güngör, Ş. Yağcıoğu , “Kredi ve Yurtlar Kurumu yöneticileri için vardiya planlamasında bir model önerisi”, *CBÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 4 (2), 2016, sf. 283-306.
- [20] S. Ünlüsoy ve T. Eren, “Kamusal binalarda temizlik çizelgeleme ve örnek uygulama”, *Mühendislik Bilimleri Ve Tasarım Dergisi*, 4(3), 2016, sf. 149-155.
- [21] H. M. Alağaç, E .H. Özder, E. Varlı, T. Eren, “Sınav Görevlisi Atama Probleminin Hedef Programlama Yöntemiyle Çözümü” , *Bilge Uluslararası Bilim Ve Teknoloji Araştırmaları Dergisi* , 1(2), 2017, sf. 105-118.
- [22] C. Ciritöđlu, 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.
- [23] E. Varlı ve T. Eren, “Hemşire çizelgeleme problemi ve hastanede bir uygulama”, *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 5(1), 2017, sf. 34-40.
- [24] 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.
- [25] T. Eren ve M. A. Gencer, “Ankara Metrosu M1 (Kızılay-Batıkent) Hattı Hareket Saatlerinin Çizelgenmesi”, *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, 4(2), 2016, sf. 25-36.
- [26] E. Varlı, T. Eren, M. A. Gençer, S. Çetin, “Ankara Metrosu M1 Hattındaki Vatmanların Vardiya Saatlerinin Çizelgenmesi”, *3. Uluslararası Raylı Sistemler Mühendisliği Sempozyumu*, Karabük, 2016, sf. 279-285.
- [27] R. Wong, T. Yuen, K. Fung, J. Leung, “Optimizing timetable synchronization for rail mass transit”, *Transportation Science* 42, 2008, pp. 57-69.
- [28] C. Lee, C. Chen, “Scheduling of Train Driver For Taiwan Railway Administration”, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies* 5, 2003, pp. 292-306.
- [29] 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.

Özgeçmiş



Betül DEMİREL

1995 İstanbul doğumludur. İlk orta ve lise eğitimini İstanbul’da tamamlamıştır. Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği bölümünden 2018 yılında mezun olmuştur. Demirel’in çizelgeleme ve çok ölçütlü karar verme alanında çalışmaları vardır.



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.



Hacı Mehmet ALAKAŞ

1984 Kayseri doğumludur. İlk orta ve lise eğitimini Kayseri'de tamamlamıştır. Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Endüstri Mühendisliği bölümünden 2008 yılında mezun olmuştur. Yaklaşık iki yıl özel sektörde çalıştıktan sonra 2009 yılında Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümünde araştırma görevlisi olarak göreve başlamıştır. Yüksek lisans eğitimini görev yaptığı üniversite ve bölümde 2012 yılında tamamlamıştır. Doktora eğitimini 2017 yılında Gazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümünde tamamlamıştır. 2017 yılında itibaren Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümünde doktor öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Yöneylem Araştırması anabilim dalında çalışan Alakaş'ın çalışma alanı montaj hattı dengeleme, çizelgeleme ve çok ölçütlü karar vermedir.



Tamer EREN

1974 Balıkesir doğumludur. İlk orta ve lise eğitimini Balıkesir'de tamamlamıştır. Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği bölümünden 1996 yılında mezun olmuştur. Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde 1997 yılında araştırma görevlisi olarak göreve başlamıştır. Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde 1999 yılında araştırma görevlisi olarak görevlendirilmiştir. Aynı Üniversitede 2000 yılında yüksek lisansını, 2004 yılında da doktorasını tamamlayıp, Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümüne dönmüştür. 2004-2009 yılları arasında Araştırma Görevlisi Dr. olarak çalışmıştır. Aynı Üniversite'de 2009 yılından itibaren Yardımcı Doçent, 2013 yılından itibaren de Doçent olarak çalışmaktadır. Yöneylem Araştırması anabilim dalında çalışan Eren'in çalışma alanı çizelgeleme ve çok ölçütlü karar vermedir.