



# HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

*HARRAN UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING*

e-ISSN: 2528-8733 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/humder>

## Kısıt Programlama Yaklaşımıyla Güvenlik Personeli Çizelgeleme Probleminin Çözümü

*Security Personnel Scheduling Problem Solution with Constraint Programming Approach*

**Yazar(lar) (Author(s)):** Tamer EREN<sup>1</sup>, Emir Hüseyin ÖZDER<sup>2</sup>, Hacı Mehmet ALAKAŞ<sup>3</sup>, Evrencan ÖZCAN<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ORCID ID: 0000-0001-5282-3138

<sup>2</sup> ORCID ID: 0000-0002-1895-8060

<sup>3</sup> ORCID ID: 0000-0002-9874-7588

<sup>4</sup> ORCID ID: 0000-0002-3662-6190

**Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article):** Eren T., Özder E.H., Alakaş H.M., Özcan E., "Kısıt Programlama Yaklaşımıyla Güvenlik Personeli Çizelgeleme Probleminin Çözümü", *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 4(2): 16-25, (2019).

**Erişim linki (To link to this article):** <http://dergipark.gov.tr/humder/archive>



## Kısıt Programlama Yaklaşımıyla Güvenlik Personeli Çizelgeleme Probleminin Çözümü

Tamer EREN<sup>1,\*</sup>, Emir Hüseyin ÖZDER<sup>2</sup>, Hacı Mehmet ALAKAŞ<sup>3</sup>, Evrencan ÖZCAN<sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup>Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 71450, Yahşihan/KIRIKKALE

<sup>2</sup>Başkent Üniversitesi, Ticari Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, 06790, Etimesgut/ANKARA

### Öz

Güvenlik personellerinin verimli çalışması kamu kurumlarındaki sorunlardan biridir. Güvenlik personelinin en uygun görev alanlarına atayarak güvenlik hizmeti en iyi şekilde sunulabilir. Bu bakış açısıyla, en uygun güvenlik personelinin belirlenen yerlere atanması problemi bu çalışmada ele alınmıştır. Bir çalışma yeri olarak, 75 güvenlik personelinin 24 saat hizmet verdiği büyük ölçekli bir üniversite kampüsü seçilmiştir. Belirlenen problem ILOG CPLEX Studio IDE Optimizasyon programı ile kısıt programlama modeli kurularak çözülmüş ve bu grup için aylık bir çizelgeleme elde edilmiştir. Bu önerilen modelin çözülmesi sonucunda mevcut programdan daha iyi sonuçların elde edildiği gösterilmiştir.

### Makale Bilgisi

Başvuru: 15/12/2018

Düzeltilme: 12/03/2019

Kabul: 30/04/2019

### Anahtar Kelimeler

Kısıt Programlama  
Vardiya Çizelgeleme  
Personel Çizelgeleme  
Güvenlik Personeli Seçimi

### Keywords

Constraint Programming  
Staff Scheduling  
Personnel Scheduling  
Security Staff Selection

## Security Personnel Scheduling Problem Solution with Constraint Programming Approach

### Abstract

The proper operation of security personnel is one of the problems in public institutions. By assigning the security personnel to the most appropriate duty areas, security service can be provided in the best conceivable way. From this point of view, the problem of assigning the most appropriate security personnel to determined places is handled in this study. As a place of application, a big scale university campus where the 75 security personnel serve 24 hours is considered. A monthly schedule is obtained for this group by solving the identified problem by a constraint programming model which is solved by ILOG CPLEX Studio IDE Optimization tool. As a result of solving this proposed model is shown that the intended goals are achieved, and better results are obtained from the existing schedule.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Vardiya çizelgeleme problemleri araştırmacılar tarafından son yıllarda en çok çalışılan konulardan biri haline gelmiştir. Personel çizelgeleme problemlerinin belirli bir türü olan vardiya çizelgeleme problemi, bugüne kadar en çok incelenen ve üzerinde çalışılan çizelgeleme problemi olarak karşımıza çıkmaktadır [1]. Organizasyonlar, en üst düzeyde memnuniyet, kârın maksimizasyonu, sistem verimliliği ve maliyet minimizasyonu gibi üst düzey hedeflere ulaşmak için birçok parametreye odaklanmaktadır. Mal ve hizmet üretiminde çalışan personelin kayda değer etkisi göz önüne alındığında, çalışanlar arasında adil bir iş dağılımının sağlanması, işe uygun işlerde emniyette çalışmasını sağlayarak motivasyon ve performansın artırılmasına hizmet eden personel çizelgelemesinin önemi çalışanların yeterliliği, isteği ve ihtiyaçları göz önüne alınarak yapılmaktadır. Vardiya çizelgeleme, imalat ve hizmet sektörlerinde önemli bir rol oynayan bir süreçtir [1].

İşletmelerde gerekli personel seviyesini farklı zamanlarda karşılayacak şekilde personeller vardiyalara tahsis edilmektedir. Vardiya çizelgeleme problemi literatürde geniş bir yer tutmaktadır. Araştırmacılar bu problem tipinde son derece kısıtlı ve karmaşık sorunlara iyi çözümler bulmaya çalışmaktadır. Aynı zamanda işletmelerin maliyetlerini en aza indiren, çalışan tercihlerini karşılayan, eşit ve adil vardiya

\*İletişim yazarı, e-mail: [teren@kku.edu.tr](mailto:teren@kku.edu.tr)

dağıtımını yapan ve tüm işyeri kısıtlamalarını karşılayan en uygun çözümü belirlemek için yaklaşımlar geliştirmektedirler.

Ekonomide işgücünün öneminin artması ile çalışanlar işletmelerin en önemli kaynağı olmuştur. Çalışan memnuniyetini sağlamak ise işletmeye hem uzun vadede hem de kısa vadede fayda getirisi sağlamaktadır. Hizmet sektöründe ve üretim sektöründe özellikle rekabet avantajı sağlamak ve hizmet kalitesini arttırmak için var olan işgücünün etkin kullanılması gerekmektedir. Farklı uygulama alanlarında çalışılan vardiya çizelgeleme problemlerinde, Cai ve Li [2], Bourdais vd. [3], Bektur ve Hasgöl [4], Ásgeirsson [5], Gencer ve Eren [6], Varlı vd. [7], Chen vd. [8], Sarin vd. [9], Yağcıoğlu vd. [10], Ciritcioğlu vd. [11], Davras [12], Varlı vd. [13], Demirel vd. [14], Vermuyten vd. [15] çalışanların farklı yetkinlik seviyelerine ve karmaşık becerilere sahip olmasını araştırmışlardır. İşletmedeki farklı günlerdeki çalışan talebini karşılamayı amaçlayarak eş zamanlı olarak toplam maliyeti minimize edecek bir model üzerine çalışmışlardır. Çalışanların tercihleri karşılanırken aynı zamanda yöneticiler için de çalışanlardan sağlanacak faydanın en yüksek seviyede olmasını sağlayacak farklı yaklaşımlar geliştirmişlerdir. Yapılan çizelgeleme işlemiyle vardiyaların düzenli ve sistemli bir biçimde oluşturulması sağlanmaktadır. Düşük personel maliyeti ve yüksek etkinlik seviyesi ile çalışma düzenini planlamaktadırlar. Koruca [16], Varlı ve Eren [17], Özcan vd. [18], Kaçmaz ve Eren [19], Yumuşak vd. [20], Acar [21] sistemdeki verimliliği ve kârı maksimize eden aynı zamanda personel maliyetlerinin minimizasyonu için çözüm arayan yaklaşımlar sunmuşlardır. Vardiya planlarında doğru stratejiler ile hitap edilen müşteriye en üst seviyede hizmet vermeyi amaçlamışlardır.

Brusco ve Jacobs [22], Chan ve Weil, [23], Bard ve Binici [24], Bard [25], Aickelin ve Dowsland [26], Axellson vd. [27], Aickelin vd. [28], Al-Yakoob ve Sherali [29], Nissen ve Günther [30], Günther ve Nissen [31], Brunner ve Edenharter [32], Louly [33], Şahiner vd. [34], Bedir vd. [35], Özder vd. [36], Varlı vd. [37], Aktürk vd. [38] işgücündeki maliyeti azaltmaya yönelik çeşitli senaryoları modellemişlerdir. İş sözleşmelerini ve işletme kurallarını ihmal etmeden günlük ihtiyaç duyulan personel sayısını belirlemek ve bu gereksinimleri en düşük maliyetle karşılamak işletmelerin hedefleri arasındadır. Araştırmacılar bu problem tipinde optimizasyon yöntemlerinden polinom zamanda sonuç alınmadığı durumlarda sezgisel yöntemlere başvurarak istenilene en yakın sonuçları elde edilebilmektedir. Literatürde özellikle bu tarz problemlerin çok farklı kısıtlamaları içermesinden dolayı çok zor bir yapısı olduğuna dikkat çekilmektedir. Aynı zamanda manuel olarak yapılan çizelgelerdeki verimsizliklere ve haksız durumların oluşabileceğinden bahsedilmektedir. Vardiya çizelgeleme modellerinin en uygun parametrelerini bulabilmek için detaylı bir analiz ve personel gerekliliklerinin belirlenmesi üzerine çalışılmıştır. Yetkinlik seviyelerine göre personellerin vardiyalara atandığı problem yapıları da karşımıza çıkmaktadır. Bu durumlarda personel talepleri beceri türlerine göre belirlenmektedir. Daha yüksek beceri kategorisindeki bir işe personel ataması gerçekleştirirken kısıtlamalar bu duruma göre şekillendirilmektedir.

Literatürdeki çalışmalardan da görüleceği gibi vardiya çizelgeleme üzerine çok farklı araştırmalar yapılmıştır. Bu alanda hala model iyileştirmelerinin ve çalışmaların devam ettiği görülmektedir. Çalışmalara detaylı bir şekilde bakıldığında önemli olan bir konu ise sunulan modellerin veya yaklaşımların genelleştirilmesidir. Halihazırdaki model ve algoritmalar genellikle farklı bir uygulama alanlarına aktarılırken işletmelerin kendi iç süreçlerine göre şekillenmekte ve farklılaşmaktadır. Bu çalışma ile de bireysel işyeri uygulamalarına uyum sağlayabilmek için esneklik barındıran model formüle edilmiştir. Bu çalışmada, kısıt programlama yöntemini kullanarak bir üniversitedeki güvenlik görevlileri için aylık bir çizelgeleme önerilmiştir. Çalışma bir vakıf üniversitesinde yapılmıştır ve bu üniversite kampüsünde 10 farklı noktada, 75 güvenlik personeli, 24 saat hizmet vermektedir.

Bu çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın ikinci bölümünde vardiya çizelgeleme problemleri ve süreç hakkında bilgi verilmektedir. Üçüncü bölümünde kullanılan yöntemden bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde ele alınan uygulama alanı ve sunulan yaklaşım gösterilmektedir. Son bölümde ise model sonucunda elde edilen çıktılar yorumlanmaktadır.

## 2. VARDİYA ÇİZELGELEME (SHIFT SCHEDULING)

Zamana göre değişen kaynaklara olan talebi karşılamak için iş planlarının düzenlenmesi ve personel planlaması ve personel çizelgeleme yapılması gerekmektedir. Personel çizelgeleme temelde çalışanların belirli vardiyalara atanması problemi olarak ifade edilmektedir. Ele alınan problemlerde genellikle çalışanların memnuniyet seviyesinin ve tercihlerinin maksimize edildiği işletmenin maliyetlerinin ise

minimize edildiği problem tipi olarak karşımıza çıkmaktadır. Farklı uygulama alanlarına sahip olan bu problem tipi çağrı merkezi operatörleri, hastane hemşireleri, polis memurları, ulaşım personeli (uçuş ekipleri, otobüs şoförleri), fabrika çalışanları gibi hizmet ve üretim sektörlerinde karşılaşılmaktadır [26]. Personel planlaması çok önemli bir konudur. İşletmelerde karşılaşılan bu problem genellikle uzamış ve dengesizdir ve personel gereksinimlerinin zamanla dalgalandığı görülmektedir. Problemler tipik olarak ekipman gereksinimlerini, sendika kurallarını vb. içerir [28].

Genel olarak doğru kişinin doğru yerde çalışması probleminde karşılaşılan sorunlara eş zamanlı çözüm bulunabilmesi yapısal olarak problemi zorlaştırma eğilimindedir. İşletme kısıtları farklı problem uygulamalarında değişmekle birlikte elde edilen çözelgeler ile bir personelin hangi çalışma aralıklarında ve hangi günler çalışacağı belirlenmektedir. Üretim ve hizmet sektöründe amaçlar çeşitlilik gösterse de öncelikli amaçlardan birisi müşteri memnuniyeti sağlamaktır. Bu amacın gerçekleştirilmesi de personel memnuniyetinin sağlanmasına bağlanmaktadır. Çalışanların işgücünü dengeli ve adil olarak kullanabilmek, tercihlerini dikkate alabilmek işyerinin personeller üzerinden sağladığı performansı artırıcı niteliklerdir.

Çizelgelemeler oluşturulurken firmalar, işçilerin istek ve tercihlerini (belirli vardiyada çalışma, belirli kişi ile çalışma, belirli izin günü vs.) karşılayabilmek adına, yarı zamanlı işe alma ya da esnek çalışma saatleri gibi birtakım yöntemleri önermektedirler. Personel çizelgeleme, üzerinde uzun uğraşlar ve vakit harcanması gereken bir iştir. Çizelgeleme işi yapılırken, birçok kısıt ile personelin ve hizmet alanların tamamının hoşnut olmasının istenmesi, problemi daha da çözümü zor bir hale getirmektedir [29]. Bu problem tipinin çözümü için literatürde çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiş, farklı bakış açıları sunulmuştur. Genel çözüm yöntemi olarak da tam sayılı programlama modeli önerilmektedir. Bu yöntem, personel çizelgeleme problemi çözümlerinin büyük bir sınıfını içerir [27]. Ayrıca, özel bir tamsayı programlama problemi sınıfı, yani çevrimsel personel problemleri vardır. Bu problem sınıf ve kombinatoriyal bakış açısından kullanılabilir. Bunların dışında, mürettebat ve operatör çizelgeleme problemleri farklı bir model yapısına sahiptir [1]. Literatürdeki modellerin ve algoritmaların altında yatan özellikler birbirlerine göre değişkenlik göstermektedir. İşletmelerin hizmet taleplerini tahmin etmek için tarihsel verileri toplayarak hizmet standartlarını geliştirmesi ve bu standartlar için gerekli olan personel seviyesini belirlemesi gerekmektedir. İşyerinin bu düzenlemelerden kaynaklanan kısıtlamaları karşılayan personel kadrosunu belirleyebilmek için geliştirilen çözüm yöntemleri asgari maliyet ve azami çalışan memnuniyeti hedeflerini içermektedir.

Personel çizelgelemedeki ana hedef; kaynakların verimli kullanılmasını sağlayarak, dengeli iş yükü dağılımı yapmak ve mümkün olduğunca bireysel istekleri karşılamaktır. İyi bir çizelgenin, bünyesinde adaletli görev dağılımı, karşılanmış personel istekleri ve verimli kaynak kullanımını barındırması beklenmektedir [3]. İşletmelerdeki personel politikalarının geliştirilmesindeki ilk adım bazı planlama dönemleri boyunca farklı kadrolarda ne kadar personele ihtiyaç duyulduğunu belirlemektir. Bu planlama döneminde meydana gelebilecek sorunları çözebilmek adına her bir vardiya spesifikasyonlarına yönelik standartlar belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için öncelikle görev gereksinimlerinin iyi tanımlanmış olması gerekmektedir. Bu görevler genellikle bir kuruluş tarafından yerine getirilmesi istenilen hizmetlerin programlanmasını içermektedir. Personellerin görev bazında talepleri farklı kategorilerden oluşabilmektedir. Talepler yapılacak bireysel görevlerin listesinden meydana gelmektedir. Bu görevler başlangıç zamanı ve tamamlanması gereken zamanı bilinen işlerdir. Bazı durumlarda görevler konularla da ilişkilendirilebilmektedir. Vardiya çizelgeleme problemine genel olarak bakılacak olursa, özelde birbirlerinden ayrılsa da genelde hedefler ortak noktalarda buluşmaktadır. Her işletmenin kendine has yapısı olduğu için bu işletmelerde yapılan vardiya çizelgeleme ve planlamalarda ise problem yapısı karmaşıklaşabilmektedir. Bu durumlarda araştırmacılar algoritmalarını ve modellerini içinde buldukları ortamlara göre şekillendirmektedirler [1].

### 3. KISIT PROGRAMLAMA (CONSTRAINT PROGRAMMING)

Kısıt programlama hesaplama ve mantığa dayalı tekniklerin kombinasyonuna dayanan bir programlama yaklaşımıdır. Kısıtlar, her birisi tanımlanan bir alandaki değerlerden birisini alabilen değişkenler arasındaki ilişkileri ifade etmek amacıyla kullanılan formlardır. Kısıt programlama, tanımlı alanlardan oluşan değişkenlerin kombinasyonu olarak tanımlanabilir. Bu yaklaşımda, ana mantık problemin sahip olduğu kısıtların matematiksel ve mantıksal ifadelerle oluşturulması ve uygun çözüm alanlarının tanımlanmasıdır. Tanımlanan çözüm alanlarından değişkenlerin alabileceği uygun değerler bulunur ve problemin çözümü

elde edilir. Verilen bir problemi kısıt programlama ile çözmek için kısıt sağlama problemi olarak formülize etmek gerekir [39]. Gerçek hayat problemlerindeki heterojen kısıtları modelleme sürecinde kolaylık sağlayan kısıt programlama yöntemi, matematiksel modellemelere alternatif olarak geliştirilmiştir. Yapısı modelleme, arama ve filtreleme olmak üzere üç bileşenden oluşmaktadır. Değişkenler arasındaki ilişkileri gösterme özelliği sayesinde klasik matematiksel programlama yönteminden sıyrılmaktadır. En önemli özelliği matematiksel kısıtlar içermesinin yanı sıra mantıksal ve sembolik ifadelere modelde yer vermesidir [40], [41].

Bir kısıt programlama yapısı şu şekilde tanımlanmaktadır:

Tanımlama yapılırken ilk olarak  $\{X, D, C\}$  ifadelerinden yararlanılmaktadır. Bu ifadelerde  $X_i$  bir karar değişkeni olmak üzere, bu değişkenin alabileceği değerler kümesi  $S_i$  ile tanımlanmaktadır. Karar değişkenlerinin alabileceği değerleri sınırlayan bir  $C_k$  kısıtlar kümesinden oluşan yapının bütünü kısıt programlamayı ifade etmektedir. Bir çözümün olabilmesi, bütün karar değişkenlerinin bütün kısıtları sağlayan ve tanımlı oldukları alanlardan bir değeri almaları ile mümkündür [15]. Ele alınan problem için tüm çözüm alanı ise  $D_1x \dots xD_n$  olarak temsil edilir. Genel bir kısıt programlama yapısı şu şekilde gösterilebilmektedir [42]:

$$\text{minimize } H(X_1, \dots, X_n) \quad (3.1)$$

$$\text{subject to } C_j = \{C_1, \dots, C_m\} \forall j \in \{1, \dots, m\} \quad (3.2)$$

$$X_i \in D_i \quad \forall i \in \{1, \dots, n\} \quad (3.3)$$

Kısıt programlama amaç fonksiyonunun olup olmasına göre iki tipe sınıflandırılır. Birinci tip olan Kısıt Sağlama Problemleri amaç fonksiyonu olmadan modellenir ve uygun bir çözüm veya bütün çözümler bulunana kadar çalıştırılır. Amaç fonksiyonu eklenerek çözülen kısıt programlama problemleri ise Kısıt Optimizasyon Problemleri olarak adlandırılır [15]. Kısıt programlama yönteminde çözüm süreçleri aşağıdaki aşamalara göre ilerlemektedir:

İlk olarak her bir değişken için oluşturulan tanım kümesinden tüm kısıtları sağlamayan değerler çıkartılır. Böylece tüm kısıtları sağlayan değerler ile tanım kümesi güncellenmiş olur.

Daha sonra tüm değişkenlere kısıtları sağlaması için değer ataması yapılan çözüm araması yapılır. Bu süreç arama ağacı olarak adlandırılmaktadır ve karar değişkeni bir düğüm değişkenlerin alabileceği değerler ise dal olarak gösterilmektedir. Mevcut problem alt problemlere bölünerek dallanmalar oluşturulur. Arama ağacındaki değişkenlere değer ataması yapılarak düğüm-dal yapısı oluşturulmuş olur. Eğer tüm değişkenlere atanan değerler tüm kısıtları sağlıyorsa problem tamamlanmış ve çözüm elde edilmiş olarak kabul edilmektedir. Eğer herhangi bir değer için bile değişken tanımlanmazsa bu durumda geri dönüş algoritması adı verilen sistem devreye girmektedir. Bu sistem ile diğer dallar denenmekte ve istenilen değer bulunana kadar çözüm süreci devam ettirilmektedir. Dallanma süreçleri boyunca çözümsüzlüğe götürebilecek değerlerin azaltılması amaçlanmaktadır. Bu durum diğer dallara geri dönüşleri azaltmayı sağlamaktadır.

#### 4. UYGULAMA (APPLICATION)

Vardiya çizelgeleme problemi literatürde farklı alanlarda uygulama imkânı bulmuş bir problem tipidir. İşletmelerin kendine has özel yapılarını barındırmakla birlikte, genel olarak bir personelin hangi çalışma aralıklarında hangi günlerde çalışacağını belirlemek işlemdir. Genel olarak çalışan memnuniyetinin artırılarak çalışandan sağlanan performansın en üst seviyede olması istenilmektedir. Bu çalışmada ele alınan vardiya çizelgeleme problemi güvenlik personellerinin vardiyalarının çizelgelenmesini içermektedir. Çizelgelemede görevlendirilecek güvenlik personellerinin içinde buldukları kuruluşun gece-gündüz emniyetini sağlaması gerekmektedir. Bölgenin emniyetinin ve mal güvenliğinin sağlanması açısından önemli bir problem türüdür. Bu çalışmada belirlenen vardiyalara güvenlik personelinin atanması sorunu ele alınmıştır. Uygulama yeri olarak, 24 saat hizmet veren 75 güvenlik personeli olan büyük ölçekli bir üniversite kampüsü seçilmiştir. Her gün ve vardiya için atanması gerekli personel sayısı vardır. Bu sayılar kısıtlarda belirtilmiştir. Bu problemin çözümü için, ILOG CPLEX Studio IDE Optimizasyon aracı tarafından çözümlenen bir kısıt programlama modeli ile aylık bir atama çizelgesi elde edilmektedir. Kısıt

programlama modeli araştırmacılara çözümler açısından etkin sonuçlar elde edebilme imkânı sunabilmektedir. Kısıt programlama modelinin formülasyonu ile ilgili bilgiler aşağıda belirtilmiştir:

*Parametreler*

$$i: \text{ Personel indeksi, } i = 1, 2, \dots, l \quad (4.1)$$

$$j: \text{ Gün indeksi, } j = 1, 2, \dots, m \quad (4.2)$$

$$k: \text{ Vardiya indeksi } k = 1, 2, \dots, n \quad (4.3)$$

$$l: \text{ Personel sayısı } l = 75 \quad (4.4)$$

$$m: \text{ Gün sayısı } m = 30 \quad (4.5)$$

$$n: \text{ Vardiya sayısı } n = 4 \text{ (4. vardiya tatil günlerini ifade etmektedir.)} \quad (4.6)$$

*Karar deęişkenleri*

$$X_{ij} = i. \text{ Personelin, } j. \text{ Gün atandığı vardiya numarası } i = 1, 2, \dots, 75 \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (4.7)$$

$d_{1i}^+$  = Gündüz ve akşam vardiyaları için i. personelin atandığı toplam vardiya sayısının pozitif sapma değeri

$d_{1i}^-$  = Gündüz ve akşam vardiyaları için i. personelin atandığı toplam vardiya sayısının negatif sapma değeri

$d_{2i}^+$  = Gece vardiyası için i. personelin atandığı toplam vardiya sayısının pozitif sapma değeri

$d_{2i}^-$  = Gece vardiyası için i. personelin atandığı toplam vardiya sayısının negatif sapma değeri

*Kısıtlar*

*Kısıt 1:* Her gün ve her vardiya için gereken personel sayısı karşılanmalıdır. (Sabah vardiyası (1) için: 32, Akşam vardiyası (2) için: 20, Gece vardiyası (3) için:10)

*Kısıt 2:* Gece vardiyasında çalışan bir personelin ertesi gün sabah ve akşam vardiyasında çalışması istenmemektedir.

*Kısıt 3:* Herhangi bir günün akşam vardiyasında çalışan bir personel, ertesi günün sabah vardiyasına atanmamalıdır.

*Kısıt 4:* Bir personel 6 günden fazla art arda çalışmamalıdır.

*Kısıt 5:* Her personel, izin gününde çalışmaz.

*Kısıt 6:* Her personel, günde bir vardiyaya atanmalıdır.

Her vardiyaya atanan personel sayısını belirten kısıtlar

1. Vardiya için gerekli personel sayısı

$$\text{Count}(all i)(X_{ij}, 1) = 32 \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (4.8)$$

2. Vardiya için gerekli personel sayısı

$$\text{Count}(all i)(X_{ij}, 2) = 20 \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (4.9)$$

3. Vardiya için gerekli personel sayısı

$$\text{Count}(all i)(X_{ij}, 3) = 10 \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (4.10)$$

Gece vardiyasında çalışan bir personelin ertesi gün sabah ve akşam vardiyasında çalışmaması gerektiğini belirten kısıt

$$(X_{ij} = 3) + (X_{i(j+1)} = 1) + (X_{i(j+1)} = 2) \leq 1 \quad i = 1, 2, 3, \dots, l \quad j = 1, 2, \dots, 29 \quad (4.11)$$

Herhangi bir günün akşam vardiyasında çalışan bir kişinin ertesi gün sabah vardiyasında işe atanmaması gerektiğini gösteren kısıt

$$(X_{i(j+1)} = 1) + (X_{ij} = 2) \leq 1 \quad i = 1, 2, 3, \dots, l \quad j = 1, 2, \dots, 29 \quad (4.12)$$



Çok sayıda çalışan ve bulunması gereken alanların sayısı göz önünde bulundurulduğunda, sorunun büyüklüğü, çizelgelemeyi el ile gerçekleştirmeyi çok zorlaştırmaktadır. Dahası, bu süreçte çizelgelemenin elle yürütülmesi, adil iş dağılımı için bir risk oluşturmaktadır. Kullanılan bu matematiksel modeller ile hem çizelgelerin hazırlanması için harcanan süre kısaltılmış hem de kaliteli çizelgeler elde edilmeye yardımcı olmuştur. Çalışmada geliştirilen matematiksel modelde, çalışanların istekleri mümkün olduğu kadar yerine getirilmiştir. Kısıt programlama tekniği, gerçekleştirilmesi gereken hedeflere ulaşmak ve personelin taleplerini en az sapma ile karşılamak için kullanılmıştır.

## 5. SONUÇ (CONCLUSION)

Çalışanların belirlenen işlere atanamaması, hizmet sektöründe uzun yıllar boyunca bir endişe kaynağı olmuştur. Hizmet sektöründe, artan hizmet hatları, müşteri memnuniyetine verilen önem ve çalışanların dengeli çalışma beklentisi nedeniyle son yıllarda personel çizelgeleme çalışmalarına daha fazla önem verilmiştir. Bu çalışmada oluşturulan model başka sektörlerde de kullanılabilir.

Bu çalışmada bir üniversitede güvenlik personellerinin vardiya çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Problemin yapısına bağlı olarak personellerin 24 saat hizmet verdiği büyük ölçekli bir üniversite kampüsü uygulama yeri olarak seçilmiştir. 75 güvenlik personelinin 3 vardiya için çalışma programları belirlenmiştir. Çalışmanın uygulama yerinin özelliği sebebiyle problem önemli bir boyut kazanmaktadır. Üniversitelerdeki bölgenin güvenliği konusunda çalışanların görev ve sorumlulukları çok önemlidir. Gece ve gündüz çalışma koşulları bulunan güvenlik personellerinden her koşulda en iyi performans sağlanabilmesi için kuruluşlar çalışanların istek ve taleplerini dikkate alan programlar & çizelgeler yapması gerekmektedir. Çalışmanın çözüm sürecinde kullanılan kısıt programlama yöntemi ile problemin sahip olduğu mantıksal ve matematiksel kısıtlar modellenmiştir. Modelde tanımlanan çözüm alanından değişkenlerin alabileceği en uygun değerler bulunmuş ve problemin çözümü elde edilmiştir. Daha önce elle yapılan personellerin vardiya çizelgeleri geliştirilen bu model sayesinde daha sistematik ve ilkeli bir çizelgeleme süreci sunulmuştur. Modelin önemli özelliklerinden birisi personellerin tercihlerinin dikkate alınabilmesidir. Diğer bir özelliği ise her personele eşit şartlarda vardiya ataması yapılmıştır. Böylece adil bir çizelge ile her personel görev gerekliliklerini yerine getirebilmekte ve verdiği hizmetin kalitesi artmaktadır.

Bu çalışmada, görev noktası sayısı, personel sayısı, personelin istekleri vb. gibi eklemeler yapılarak daha geniş çizelgeler oluşturulabilir. Kullanılacak modellerin büyüklüğüne bağlı olarak meta-sezgisel yöntemler kullanılabilir. Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda başka güvenlik personellerinin çalışma ve izin istek günlerini dikkate alan özel kısıtlar barındıran farklı matematiksel modeller geliştirilebilir. Matematiksel modellemelerde ele alınan probleme göre farklı yöntemler ve teknikler kullanılabilir. Meta sezgisel algoritmalar kullanılarak daha büyük bir çözüm uzayında sonuçlar elde edilebilir. Bunlara ek olarak bu çalışma prensipleri ile daha farklı sektörlerde çalışan personellerin çalışma çizelgeleri elde edilebilir.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Ernst, A. T., Jiang, H., Krishnamoorthy, M., & Sier, D. (2004). Staff scheduling and rostering: A review of applications, methods and models. *European journal of operational research*, 153(1), 3-27.
- [2] Cai, X., Li, K. N. (2000). A genetic algorithm for scheduling staff of mixed skills under multi-criteria. *European Journal of Operational Research*, 125(2), 359-369.
- [3] Bourdais, S., Galinier, P., Pesant, G. (2003, September). HIBISCUS: A constraint programming application to staff scheduling in health care. In *International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming* (pp. 153-167). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [4] Bektur, G., Hasgöl, S. (2013). Kıdem Seviyelerine Göre İşgücü Çizelgeleme Problemi: Hizmet Sektöründe Bir Uygulama. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(2), 385-402.



- [5] Ásgeirsson, E. I. (2014). Bridging the gap between self schedules and feasible schedules in staff scheduling. *Annals of Operations Research*, 218(1), 51-69.
- [6] Gencer M.A., Eren, T., “Ankara Metrosu Hatları Vardiya Saatlerinin Çizelgelenmesi”, *Transist 9. Uluslararası Ulaşım Teknolojileri Sempozyumu ve Fuarı, İstanbul*, 1-3 Aralık 2016.
- [7] Varlı E., Eren T., Gencer, M.A., Çetin, S. (2016) Ankara Metrosu M1 Hattındaki Vatmanların Vardiya Saatlerinin Çizelgelenmesi”, s. 279-285, 3. Uluslararası Raylı Sistemler Mühendisliği Sempozyumu, Karabük, 13-15 Ekim.
- [8] Chen, P. S., Lin, Y. J., Peng, N. C. (2016). A two-stage method to determine the allocation and scheduling of medical staff in uncertain environments. *Computers & Industrial Engineering*, 99, 174-188.
- [9] Sarin, S. C., Sherali, H. D., Kim, S. K. (2016). A hospital staff scheduling problem under stochastic operation times. *International Journal of Planning and Scheduling*, 2(3), 210-232.
- [10] Yağcıoğlu, Ş., Çetin, H., Güngör, İ. (2016). Kredi ve Yurtlar Kurumu Yöneticileri İçin Vardiya Planlamasında Bir Model Önerisi. *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(2).
- [11] Ciritcioğlu, C., Akgün, S., Varlı, E., Eren, T. (2017) Kırıkkale Üniversitesi Güvenlik Görevlileri İçin Vardiya Çizelgeleme Problemine Bir Çözüm Önerisi, *Kırıkkale Üniversitesi Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 9:2, 1-23.
- [12] Manap Davras, G. (2017). Konaklama İşletmelerinde Alternatif Vardiya Çizelgeleme Modeli. *Dokuz Eylül University Journal Of Graduate School Of Social Sciences*, 19(3). 471-489.
- [13] Varlı E., Ergişi, B., Eren, T., (2017) Özel Kısıtlı Hemşire Çizelgeleme Problemi: Hedef Programlama Yaklaşımı, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 49, 189-206.
- [14] Demirel, B., Yelek, A., Alağaç, H. M., Eren, T. (2018). ANKARAY Güvenlik Personelinin Vardiya Çizelgeleme Probleminin Hedef Programlama Yöntemi ile Çözümü. *Demiryolu Mühendisliği*, (8), 1-17.
- [15] Vermuyten, H., Rosa, J. N., Marques, I., Beliën, J., Barbosa-Póvoa, A. (2018). Integrated Staff Scheduling at a Medical Emergency Service: An Optimisation Approach. *Expert Systems with Applications*.
- [16] Koruca, H. İ. (2010). Simülasyon destekli vardiya planlama modülü geliştirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25(3).
- [17] Varlı, E., Eren T., (2017) Vardiya Çizelgeleme Problemi Ve Bir Örnek Uygulama”, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10 (2), 185-197.
- [18] Özcan, E.C Varlı, E., Eren, T., “Hedef Programlama Yaklaşımı ile Hidroelektrik Santrallarda Vardiya Personeli Çizelgeleme”, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10 (4): 363-370, 2017.
- [19] Kaçmaz, S.Ö., Eren, T., “Vardiya Çizelgeleme Problemleri Ve Uygulamaları”, 19. Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması Ve İstatistik Sempozyumu 17-20 Ekim 2018, Antalya.
- [20] Yumuşak, R., Alağaç, H.M., Özcan, E.C., Bedir, N., Eren, T., Hidroelektrik Santrallarda Kısıt Programlama ile Vardiya Çizelgeleme Probleminin Çözümü, *Uluslararası GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Kongresi*, 237-238, Şanlıurfa, 10-12 Mayıs 2018.
- [21] Acar, I. (2018). Design of an automated staff scheduling system for an independent pharmacy. *Research in social & administrative pharmacy: RSAP*.

- [22] Brusco, M. J., Jacobs, L. W. (1993). A simulated annealing approach to the cyclic staff-scheduling problem. *Naval Research Logistics (NRL)*, 40(1), 69-84.
- [23] Chan, P., Weil, G. (2000, August). Cyclical staff scheduling using constraint logic programming. In *International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling* (pp. 159-175). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [24] Bard, J. F., Binici, C. (2003). Staff scheduling at the United States postal service. *Computers & Operations Research*, 30(5), 745-771.
- [25] Bard, J. F. (2004). Staff scheduling in high volume service facilities with downgrading. *Iie Transactions*, 36(10), 985-997.
- [26] Aickelin, U., Dowsland, K. A. (2004). An indirect genetic algorithm for a nurse-scheduling problem. *Computers & Operations Research*, 31(5), 761-778.
- [27] Axellson, J., Åkerstedt, T., Kecklund, G., Lowden, A. (2004). Tolerance to shift work—how does it relate to sleep and wakefulness *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 77(2), 121-129.
- [28] Aickelin, U., Burke, E., Li, J. (2007). An estimation of distribution algorithm with intelligent local search for rule-based nurse rostering. *Journal of the Operational Research Society*, 58(12), 1574-1585.
- [29] Al-Yakoob, S. M., Sherali, H. D. (2007). Mixed-integer programming models for an employee scheduling problem with multiple shifts and work locations. *Annals of Operations Research*, 155(1), 119-142.
- [30] Nissen, V., Günther, M. (2009, April). Staff scheduling with particle swarm optimisation and evolution strategies. In *European Conference on Evolutionary Computation in Combinatorial Optimization* (pp. 228-239). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [31] Günther, M., Nissen, V. (2010, April). Particle swarm optimization and an agent-based algorithm for a problem of staff scheduling. In *European Conference on the Applications of Evolutionary Computation* (pp. 451-461). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [32] Brunner, J. O., Edenharter, G. M. (2011). Long term staff scheduling of physicians with different experience levels in hospitals using column generation. *Health care management science*, 14(2), 189-202.
- [33] Louly, M. A. O. (2013). A goal programming model for staff scheduling at a telecommunications center. *Journal of Mathematical Modelling and Algorithms in Operations Research*, 12(2), 167-178.
- [34] Şahiner, M., Aktürk, M.S., Ünlüsoy, S., Bedir, N., Varlı, E., Eren, T. (2017) Hemşire Çizelgeleme İçin Model Önerisi: Örnek Uygulama, *Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6 (2): 61-76.
- [35] Bedir, N., Eren, T., Dizdar, E.N. (2017) Ergonomik Personel Çizelgeleme ve Perakende Sektöründe Bir Uygulama, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5(3), 657-674.
- [36] Özder, E.H., Varlı, E., Eren, T. (2017) Hedef Programlama Yaklaşımı ile Temizlik Personeli Çizelgeleme Problemi İçin Bir Model Önerisi, *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 7 (2):114-127.
- [37] Varlı, E., Alağaç, H.M., Eren, T., Özder, E.H. (2017) Sınav Görevlisi Atama Probleminin Hedef Programlama Yöntemiyle Çözümü, *Bilge Uluslararası Fen ve Teknoloji Araştırmaları Dergisi*, 1 (2): 105-118.

- [38] Aktürk, M.S., Varlı, E., Eren, T. (2017) Tam Gün Vardiyalı ve Özel İzin İstekli Hemşire Çizelgeleme Probleminin Hedef Programlama ile Çözümü, Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 7:2, 1-16.
- [39] Alağaç H. M., Pınarbaşı M., Yüzükırmızı M., Toklu B. (2016) A constraint programming model for mixed model type 2 assembly line balancing problem. Pamukkale Üniv. Müh. Bilim. Dergisi 22(4): 340-348.
- [40] Gür, Ş. (2018) Hedef Programlama ve Kısıt Programlama ile Ameliyathane Çizelgeleme Problemlerinin Çözülmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mayıs.
- [41] Alağaç, H. M. (2017) Karma Modelli Montaj Hattı Dengeleme Problemi için Kısıt Programlama Modeli ve Arama Stratejileri, Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara.
- [42] Apt, K. R. (2003) Principles of Constraint Programming, Cambridge University Press, Amsterdam, The Netherlands.