



Competency-based security personnel scheduling during the COVID-19 pandemic

Ahmet Cürebal^{ID}, Tamer Eren*^{ID}

Department of Industrial Engineering, Kırıkkale University, Kırıkkale, 71450, Turkey

Highlights:

- Assigning competence points to staff using multi-criteria decision-making
- Considering the case of the staff being affected by the covid-19 pandemic virus
- Using some of the criteria as a special constraint for certain departments

Keywords:

- Multi-criteria decision making
- Scheduling staff during pandemic times
- Goal programming

Article Info:

Research Article
Received: 14.07.2020
Accepted: 10.02.2021

DOI:

10.17341/gazimmfd.769547

Correspondence:

Author: Tamer Eren
e-mail:
tamereren@gmail.com
phone: +90 318 357 3576

Graphical/Tabular Abstract

Table A. Security staff's total, total night and total weekend shift assignments

S	TNA	TW	T	S	TNA	TW	T	S	TNA	TW	T	S	TNA	TW	T
1	5	5	21	9	5	5	21	17	4	5	21	25	5	5	21
2	5	5	22	10	5	5	21	18	4	5	21	26	5	5	21
3	5	5	22	11	5	5	21	19	4	5	21	27	5	5	22
4	4	5	21	12	5	5	22	20	5	5	21	28	5	5	22
5	5	5	22	13	5	5	22	21	5	5	22	29	5	5	22
6	5	5	22	14	5	5	22	22	5	5	22	30	4	5	21
7	5	5	21	15	5	5	22	23	5	5	21	31	5	5	22
8	5	5	22	16	5	5	21	24	5	5	22	32	5	5	22

S: Staff No., TNA: Total night assignment, TW: Total weekend assignment, T: Total assignment

Purpose: In this study, it has been aimed that staff have a shift schedule thanks to which they can work effectively and equally. As can be seen in Table A, the assignment of staff in a equitable way is discussed under three situations, used in the model as goal, total shift, total night shift and total weekend shift appointment in the month. While appointing this schedule, the competence scores of the staff have also been considered. Competence scores have been obtained by evaluating the staff under 6 criteria. Thus, it is desired to increase working efficiency. In addition, it has been endeavored that staff are not affected by the pandemic virus. Further, some of the 6 criteria that personnel were evaluated, have been used as special restrictions for some departments.

Theory and Methods:

In the study, 6 criteria, in which staff's competency scores were evaluated, have been prioritized using the AHP method. The competency scores of the personnel have been determined using the TOPSIS method. The weighting of the criteria and the criterion points of the staff were carried out with the help of the information provided by the experts. The geometric mean of the information provided by the experts has been used. Thereafter, A goal programming model has been established using various working constraints and competency scores.

Results:

In all three objectives, the equal working purpose of the staff has been successfully achieved, as seen in the Table A. Working efficiency will increase in that the competencies of the employees are taken into consideration. Shift assignments have been planned so that staff are least affected by the pandemic virus. Employees with a certain criterion lower than a certain value have been prohibited from working in some departments, and therefore, working efficiency is increased.

Conclusion:

Monthly shift assignments were successfully performed by evaluating the competencies of the personnel and their situation against the pandemic virus. The established mathematical model has achieved all three objectives consistently. Special restrictions for various departments can be added to the model thanks to 6 criteria related to the working area of the staff. In addition to a general arrangement in the model, special arrangement can be made easily for any department. In addition, an interface was designed to ease for authorized people to use.



COVID-19 pandemi riski durumunda yetkinlik bazlı güvenlik personeli vardiya çizelgeleme probleminin çözümü

Ahmet Cürebal^{ID}, Tamer Eren*^{ID}

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

Ö N E Ç İ K A N L A R

- Çok kriterli karar verme yöntemleri ile personellere yetkinlik puanı atanması
- Personellerin covid-19 pandemi virüsünden etkilenme durumlarının değerlendirilmesi
- Bazı yetkinlik kriterlerinin belirli bölümler için özel kısıt olarak kullanılması

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 14.07.2020

Kabul: 10.02.2021

DOI:

10.17341/gazimmfd.769547

Anahtar Kelimeler:

Çok kriterli karar verme,
pandemi zamanlarında
personel çizelgeleme,
hedef programlama

ÖZ

Herhangi bir sistemin etkin bir şekilde işleyebilmesi için, güvenlik organizasyonları olmazsa olmaz sistemlerdendir. Özellikle sağlık sistemleri için güvenlik ihtiyacı sistemin sürdürülebilirliği açısından oldukça önemlidir. Sağlık sektörü insan hayatı ile doğrudan ilişkili olduğu için sistemin sürdürülebilirliği ile etkinliği arasında diğer sektörler nazaran çok daha güçlü bir bağ vardır. Sistem sürdürülebilirliği sağlık sektörünün en önemli çıktılarından bir tanesidir. Dolayısıyla sağlık sistemlerinde güvenlik personellerinin çalışma düzenine diğer sektörler göre daha fazla dikkat edilmelidir. Bu durum personeller için bir vardiya planlaması yapmanın önemini artırmaktadır. Günümüzde tüm dünyada etkili olan ve pandemi olarak değerlendirilen COVID-19 virüsü en çok sağlık sektörünü etkilemektedir ve hizmet sürdürülebilirliği önündeki en büyük engellerden bir tanesi haline gelmiştir. Bu çalışmada; Ankara ilinin Yenimahalle bölgesinde 22 adet polikliniği ve 100 yatak kapasitesi ile hizmet vermekte olan bir hastanenin birimlerinde görev yapan güvenlik personellerinin atama ve vardiya çizelgeleme problemi için bir karar destek mekanizması (KDM) önerisi geliştirilmiştir. Vardiya çizelgelemesi yapılırken personellerinin 6 başlık altında belirlenmiş yetkinlik puanları dikkate alınmıştır. Ayrıca pandemi süreci ile ilgili olarak personel risk durumları da çalışmada göz önünde bulundurulmuştur. Yetkinlik puanlarının değerlendirilmesinde AHP-TOPSIS yöntemleri bütünleşmiş biçimde kullanılmış ayrıca birime göre özel nitelikler de kullanılmıştır. Atamalar için ise hedef programlama yöntemi kullanılmıştır.

Competency-based security personnel scheduling during the COVID-19 pandemic

H I G H L I G H T S

- Assigning competence points to staff using multi-criteria decision-making
- Considering the case of the staff being affected by the covid-19 pandemic virus
- Using some of the criteria as a special constraint for certain departments

Article Info

Research Article

Received: 14.07.2020

Accepted: 10.02.2021

DOI:

10.17341/gazimmfd.769547

Keywords:

Multi-criteria decision
making,
scheduling staff during
pandemic times,
goal programming

ABSTRACT

Security organizations are indispensable systems for any system to function effectively. Especially for health systems, the need for security is very important for the sustainability of the system. Since the health sector is directly related to human life, there is a much stronger link between the sustainability and efficiency of the system compared to other sectors. System sustainability is one of the most important outputs of the health sector. Therefore, more attention should be paid to the working order of security personnel in health systems compared to other sectors. This increases the importance of scheduling a shift for staff. Today, the COVID-19 virus, which is effective all over the world and considered as a pandemic, affects the health sector the most and has become one of the biggest obstacles to service sustainability. In this study; A decision support mechanism (DSM) proposal has been developed for the assignment and shift scheduling problem of the security personnel working in the units of a hospital with 22 polyclinics and a bed capacity of 100 in the Yenimahalle region of Ankara. While scheduling the shifts, the competence scores of the personnel determined under 6 headings were taken into consideration. In addition, personnel risk situations related to the pandemic process were also considered in the study. In evaluating the competence scores, AHP-TOPSIS methods were used in an integrated manner, and special competence were also used according to the unit. Goal programming method was used for assignments.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Vardiya çizelgeleme problemi; işlerin personellere adil bir şekilde dağıtılması için yürütülmesi gereken çalışmalardan ilkidir. Sistemler; mevcut iş yükünü personellerine mümkün olduğunca eşit bir şekilde dağıtarak, personel memnuniyetini sağlamayı amaçlamaktadır. Personel memnuniyeti beraberinde nitelikli bir çalışma ve müşteri memnuniyeti getirmektedir. Özellikle hizmet sektöründe personel ve müşteri ilişkileri nispeten daha yakın olduğu için personel memnuniyetine daha da dikkat edilmeli ve çalışma sistemi için bilimsel yöntemler kullanılmalıdır.

Sağlık sektöründe, hizmet sürdürülebilirliği ve kalitesi diğer sektörler için daha hayattır. Her sektörde hizmet sürdürülebilirliği ve kalitesi, çalışan personellerin performansı ile doğrudan orantılıdır. Sağlık sektörü, müşteri ile personelin diğer sektörler için daha yakın ilişkili olduğu daha sağlam bir bağ kurduğu bir sektördür. Dolayısıyla personelin çalışma şartları hizmet kalitesi ile diğer sektörler için göre çok daha sıkı bağlantılıdır.

Sağlık sektörü insan hayatı ile ilgili olduğu için, sürdürülen sistem hem çalışan personel için hem de müşteriler için oldukça stresli ve hassastır. Böyle bir sistemin sürdürülebilirliği ve kalitesi açısından güvenlik ihtiyacı oldukça elzemdir. Müşterilerin diğer sektörler için göre daha duyarlı ve hassas olması, güvenlik personelleri için bu alanı çalışması çok daha zor bir alan yapmaktadır. Tüm bu durumlar göz önüne alındığında, güvenlik personelleri için eşit iş yükü bir vardiya çizelgelemesinin personellerin nitelikleri de dikkate alınarak yapılması, sistemin etkin işlenmesi açısından oldukça önemlidir.

Aralık 2019'da Çin'in Hubei eyaletinin en büyük şehirlerinden birisi olan Wuhan'da ortaya çıkan yeni koronavirüs (2019-nCoV), Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından altıncı uluslararası salgın olarak belirlendi ve daha sonra koronavirüs hastalığı 2019 (COVID-19) olarak adlandırıldı [1]. Kolay bir şekilde insandan insana yayılabilen COVID-19 kısa süre içerisinde tüm dünyada etkisini göstermiştir. Dünya çapında, faaliyet gösteren birçok sektörü etkileyen COVID-19 şüphesiz en fazla sağlık sektörünü etkilemiştir. Gündelik hayatımızda her zaman büyük bir öneme sahip olan sağlık sektörü söz konusu salgın zamanlarında da hastalıkla mücadele konusunda en önemli merkez haline gelmiştir. Bu durum sektörde çalışan personel için bazı riskleri de beraberinde getirmiştir. Hem personelin sağlığı hem de sağlık sisteminin sürdürülebilirliği açısından personel çalışma planlarında bu durumun göz önünde bulundurulması oldukça büyük bir öneme sahiptir.

Bu çalışmada yetkinlik bazlı vardiya çizelgeleme problemi, COVID-19 faktörü de her bir personel açısından göz önünde bulundurularak ele alınmıştır. Çizelge oluşturulurken çalışanların dengeli bir şekilde atanması, pandemi risklerinin göz önünde bulundurulması ve yetkinliklerine göre atanması amaçlanmıştır. Problemi çözmek için AHP-TOPSIS ve

hedef programlama yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde vardiya çizelgeleme kavramına değinilmiştir. Üçüncü bölümde kullanılan yöntemlerden bahsedilirken dördüncü bölümde literatürde yer alan çalışmalar incelenmiştir. Beşinci bölümde ise uygulama, sonuç çıktılarıyla birlikte anlatılmıştır. Altıncı bölümde ise genel sonuç değerlendirmesi ve öneriler yer almaktadır.

2. VARDİYA ÇİZELGELEME (STAFF SCHEDULING)

Vardiyalı çizelgeleme, başlangıç ve bitiş saatlerinin işletmenin yapısına ve faaliyet gösterdiği sektöre göre farklılık gösterebilen iş gücünü, maliyetleri minimize ederek, maksimum fayda elde etmeyi amaçlayan bir sistemdir. Bir iş günü genel olarak sabah, akşam ve gece vardiyası olarak bölümlenir [2].

Vardiya çizelgeleme yaparak bir sistemde çalışan personellerin herhangi birisinin daha fazla iş yüküne sahip olmasının önüne geçilmektedir. Bu da personellerin daha etkin ve düzenli bir şekilde çalışmasını sağlayacaktır. Çizelgeleme yapılacak çalışma sahası farklı bölümlerden oluşuyorsa, çizelgelemenin yetkinlik bazlı yapılması sistemin etkinliğini önemli ölçüde artıracaktır. Aksi durumda sistem aksaklıkları veya potansiyelin altında etkinlik çıktısı sağlatıcı olmayacaktır.

Vardiya çizelgeleme hemen hemen bütün sektörlerde uygulanmaktadır. Genel olarak çalışanların iş yükünün adil olarak dağıtılması felsefesine dayanmaktadır. Dolayısıyla yaygın olarak kullanılan kısıtların ve hedeflerin başında personellerin çalışma saatleri ile ilgili veriler yer almaktadır. Eğer çizelgelemenin yapılacağı alanlar yetkinlik olarak farklı düzeydeki personellerin çalıştırılması gerektiriyorsa, oluşturulacak planlarda bu durumlar da değerlendirilebilmektedir. Ayrıca personellerin özel izin gibi kişisel durumları da modele yansıtılabilmektedir. Bu genel çerçevenin dışında çizelge yapılacak olan sektöre göre çeşitli durumlar söz konusu olabilmektedir.

Sağlık sektörü 24 saat kesintisiz hizmet veren bir sektördür. Hayati durumların söz konusu olduğundan dolayı müşteriler oldukça hassas ve stresli olabilmektedir. Bu durum güvenlik personellerinin iş yükünü artırmakta ve olaylara müdahalede daha dikkatli olmaya zorlamaktadır. Bu noktada personellerin yetkinlik puanlarına göre yapılan atama oldukça önem kazanmaktadır. Dolayısıyla uygulamada; vardiya çizelgelemesi yapılırken atamaların hangi saatlere ve hangi çalışma alanlarına yapılacağı da eşit iş yükü kavramı kapsamına alınmıştır.

Tüm dünyada yaşamı kesintiye uğratan ve pandemi olarak tanımlanan COVID-19 isimli virüs, hemen hemen her sektörün işleyişini durdurmuş veya yavaşlatmıştır. Bu virüsten en çok etkilenen sektör ise şüphesiz sağlık sektörüdür. Sağlık sektörünün insan hayatı için önemi ve sürdürülebilir olması gerektiği düşünüldüğü zaman, sektörde yer alan çalışanların bu virüsten korunmasının önemi açık bir

şekilde anlaşılmaktadır. Hastalığın bir personele bulaşması sistemde aksaklığa yol açacak dolayısıyla virüs yayılımının durdurulamaması gibi bir dizi istenmeyen olaylara yol açacaktır. Sağlık sektörü çalışanları bu dönemde hayatlarına riske atarak hizmet vermeye çalışmaktadır. Sonuç olarak, personel çizelgeleme çalışmalarının; özellikle de hastalığın etki etme olasılığı yüksek olan personellerin durumları da göz önünde bulundurularak yürütülmesi oldukça önemlidir.

3. KULLANILAN YÖNTEMLER (METHODS USED)

Uygulamada AHP (Analytic Hierarchy Process) - TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) kombine yöntemi ve hedef programlama yöntemi kullanılmıştır. AHP yöntemi ile kriter karşılaştırılması yapılarak kriter ağırlıkları tespit edilmiştir. Daha sonra her bir personelin her bir kriter altındaki puanı, AHP yönteminden elde edilen kriter ağırlıkları da dikkate alınarak, TOPSIS yöntemi ile değerlendirilmiş ve nihai yetkinlik puanı hesaplanmıştır. Hesaplanan bu yetkinlik puanları bir sonraki yöntem olan hedef programlama yönteminde kullanılacak bir veri seti haline getirilmiştir. Uygulamanın son aşamasında atamaları yapma amacıyla hedef programlama yöntemi kullanılmıştır. Hedef programlama yöntemi tercih sebebi diğer matematiksel modelleme yöntemleri göre daha esnek bir yapıda olabilmektedir. Vardiya çizelgeleme problemlerinde; ihtiyaç duyulan atama sayısı ile personel sayısı oranı genellikle tam sayı olmadığından hedef programlama yöntemi tercih edilmektedir. Literatür araştırmasında bu durum kolaylıkla gözlemlenebilmektedir.

3.1. Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi (Multi-Criteria Decision Making)

İnsanların günlük yaşantılarında karşılaştıkları herhangi bir konu ile ilgili kararlar, çoğunlukla birden fazla ve genelde birbirleri ile çakışan hedeflere ve kriterlere sahiptir. Çok kriterli karar verme (ÇKKV), karar vericinin sonlu veya sonsuz sayıda alternatiften oluşan bir küme içinde en az iki ölçüt kullanarak yaptığı seçim / sıralama süreci olarak tanımlanabilir [3].

3.1.1. AHP yöntemi (AHP Method)

AHP, 1970'li yıllarda Thomas Saaty tarafından geliştirilmiş çok kriterli karar verme yöntemidir. Metot, belirlilik veya belirsizlik altında çok sayıda alternatif arasından seçim yaparken, çok sayıda karar vericinin bulunduğu, çok kriterli karar verme durumunda kullanılır. Bu yöntem bir karar verme durumunda, veriler kadar değerli olan bilgi ve deneyimlerin de dikkate alınması ilkesine dayanır [4].

AHP yönteminin akış şeması Şekil 1'de gösterilmiştir.

3.1.2. TOPSIS yöntemi (TOPSIS Method)

TOPSIS yöntemi çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. 'm' sayıda alternatifi ve 'n' sayıda kriteri olan çok hedefli karar verme problemi n-boyutlu uzayda "m" noktaları şeklinde ifade edilebilir [5].

TOPSIS yöntemi, çözüm alternatifinin pozitif - ideal çözüme en kısa mesafe ve negatif - ideal çözüme en uzak mesafe düşüncesine göre Hwang ve Yoon tarafından oluşturulmuştur. TOPSIS yönteminin akış şeması Şekil 2'de verilmiştir.

3.2. Hedef Programlama Yöntemi (Goal Programming Method)

Hedef programlama yöntemi, matematiksel yöntemlerden bir tanesidir. Hedef programlama yöntemi çok amaçlı karar problemlerinde kullanılabilir. Matematiksel modelleme yöntemlerinden en çok kullanılanlardan birisi olan doğrusal programlama modelinin amaç fonksiyonu tek bir hedefe odaklanırken, hedef programlamanın amaç fonksiyonu birden fazla hedefe odaklanabilmektedir. Hedef programlama formülasyonu açıklamalarıyla birlikte Eş. 1-3'te gösterilmiştir [6]:

x_j : j. karar değişkeni
 a : karar değişkeni katsayı parametresi
 r : hedef kısıtı sağ taraf değer parametresi
 d_i^+ : i. hedefin pozitif sapma değişkeni
 d_i^- : i. hedefin negatif sapma değişkeni
 P : hedef önem derecesi

Olmak üzere:

$$\sum_{j=1}^n a * x_j + d_i^+ + d_i^- = r \quad \forall j \quad (1)$$

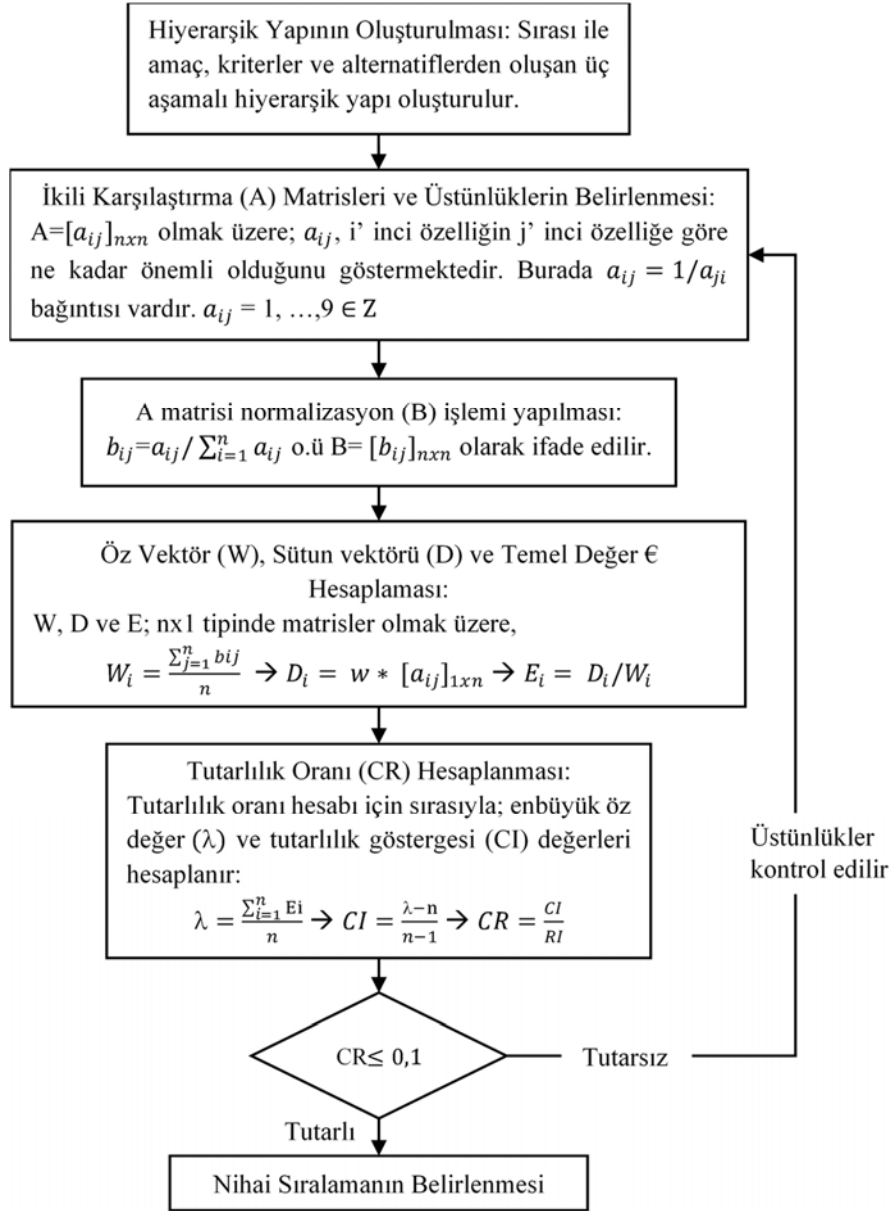
$$x_j, d_i^+, d_i^- \geq 0 \quad \forall i, j \quad (2)$$

$$\text{Enk} = \sum_{i=1}^n P * (d_i^+, d_i^-) \quad (3)$$

Formülasyonda 1 numaralı denklem hedef kısıtı olarak adlandırılmaktadır, sağ taraf (r) değeri ulaşılmaya çalışılan değerdir. d_i^+ ve d_i^- ise ulaşılmaya çalışılan değerden sırasıyla pozitif ve negatif sapma değerlerini temsil etmektedir. 2 numaralı denklem sert kısıttır sağlanmadığı takdirde model çözüm uzayı içerisinde yer alamayacaktır. 3 numaralı denklem amaç fonksiyonudur ve hedef kısıtında bulunan sapmaların enküçüklenmesini mümkün kılmaktadır.

4. LİTERATÜRDE İNCELENEN ÇALIŞMALAR (LITERATURE REVIEW)

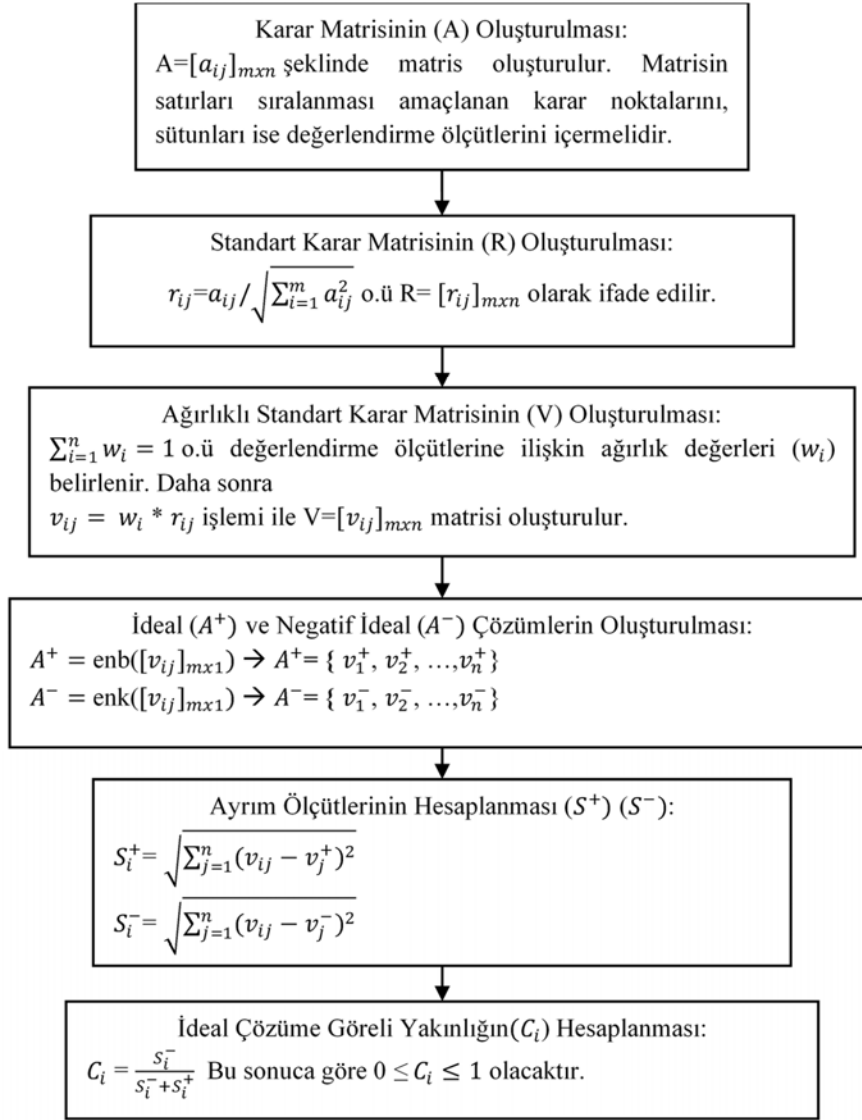
Bu bölümde güvenlik personeli vardiya çizelgeleme probleminin hangi yöntemlerle yapıldığı araştırılmıştır. Bu çizelgeleme probleminin çözümünde yapay zekâ, sezgisel yöntemler ve matematiksel modeller kullanılmaktadır. Ernst vd. [7] çalışmalarında personel çizelgeleme ve atama üzerine yaklaşık 200 adet çalışmanın incelemesini sunmuşlardır. Söz konusu çalışmaların uygulama alanları; sağlık, turizm, ulaşım vb. sektörleri, çağrı merkezleri ve üretim sistemleri şeklindedir. Moz vd. [8] çalışmalarında bir hastanede görevli hemşirelerin nöbet çizelgeleme probleminde tam sayılı programlama yöntemi ile bir çözüm yaklaşımı sunmuşlardır. Topaloglu ve Ozkarahan [9] uygulamalarında tur çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Çalışanların ihtiyaçları ve istekleri dikkate alınarak hedef



Şekil 1. AHP yöntemi akış şeması (AHP method flow chart)

programlama modeli oluşturmuşlardır. Horn vd. [10] çalışmalarını, Avustralya Kraliyet Donanması'nın devriye araçlarının çizelgelemesi üzerine yürütmüşlerdir. Günther ve Nissen [11] çalışmalarında lojistik şirketinde çalışanların çizelgelemesi meta-sezgisel çözüme dayalı parçacık sürü eniyilemesi ile çözülmüştür. Kaluzny ve Hill [12] çalışmalarında Vancouver 2010 kış olimpiyat oyunları için güvenlik personeli çizelgeleme problemi tam sayılı programlama ile yürütmüşlerdir. Fırat ve Hurkens [13] tam sayılı programlama yöntemi ile yürüttükleri çalışmalarında çalışanların kıdem seviyelerini de dikkate almışlardır. Li vd. [14] çalışmalarında melez yaklaşımla personel çizelgeleme problemi için hedef programlama ve sezgisel yöntemlerini entegre olarak kullanmışlardır. Bektur ve Hasgül [15] çalışmalarında; çalışanların kıdem seviyeleri, tercihleri, sistemin talebi ve becerileri dikkate almışlar, personel atama

süreci için ise hedef programlama yöntemini kullanmışlardır. Dadelo vd. [16] uygulamalarında önce özel güvenlik personeli seçiminde öznel ve nesnel kriterler belirlemişler daha sonra ise ÇKKV yöntemi kullanarak çalışmalarını yürütmüşlerdir. Ciritoğlu vd. [17] çalışmalarında Kırıkkale Üniversitesinde görevli güvenlik görevlilerinin vardiyalara eşit ve dengeli atanmasını amaçlamışlardır. Sözleşmeli kadın, sözleşmeli erkek ve kadrolu erkeğin çalışma koşulları farklı olarak ele alınmıştır. Problemin çözümünde hedef programlama yöntemi kullanılmıştır. Demirel vd. [2] çalışmalarında Ankaray sisteminde görev yapan kırk üç güvenlik görevlisinin çalışma planını oluşturmuşlardır. Problemin çözümü hedef programlama ile yapılmış ve oluşturulan modelde yeni vardiya planı elde edilmiştir. Eren vd. [18] bir üniversite kampüsünde görevli yetmiş beş güvenlik görevlisinin vardiyalara atanması problemini kısıt



Şekil 2. TOPSIS yöntemi akış şeması (TOPSIS method flow chart)

programlama modeli ile çözmüşlerdir. Demirovic vd. [19] personel çizelgeleme çalışmalarını kısmi ağırlıklı olarak ve personel memnuniyeti üzerine yoğunlaşarak çalışmışlardır. Butt ve Acar [20] çalışmalarında eczane personel çizelgelemeyi, gündelik olarak saatler bazında ve birden fazla senaryo ile matematiksel model kullanarak yürütmüşlerdir. Özder vd. [21] çalışmalarında; doğal gaz kombine çevrimli elektrik santralinde görevli personellerin çizelgelemelerini, görev bazlı olarak ANP ve hedef programlama yöntemi kullanarak yürütmüşlerdir. Yine Özder vd [22] doğal gaz kombine çevrimli elektrik santralinde personel çizelgeleme çalışmalarını yapay sinir ağı modeli ile destekleyerek yürütmüşlerdir. Çavdur vd. [23] çalışmalarında öğrenci-proje takımı oluşturma probleminde AHP ve hedef programlama bazlı bir çözüm yaklaşımı sunmuşlardır. Yapılan çalışmada hedef programlama modellerine girdi olarak AHP yöntemi ile elde edilen proje kriter ağırlık verileri kullanılmıştır. Bu kriter ağırlıklarının belirlenmesi için AHP yönteminde öğrencilere ve öğretim

üyelerine yapılan anket çalışması sonucu elde edilen değerlendirmeler kullanılmıştır. Söz konusu yaklaşım gerçek hayat öğrenci-proje takımı oluşturma probleminin çözümünde kullanılmıştır. Kat [24], panelist atama problemi için bir karar destek sistemi kurmuştur. Çalışmanın genel olarak amacı; proje önerilerinin konusunda uzman kişiler tarafından yapılmasını sağlayarak hem etkin kaynak kullanımı hem de hizmeti yürüten kurumların güvenilirliğinden emin olmaktır. Çalışma kapsamında Excel VBA tabanlı bir karar destek sistemi kurulmuştur. Problem tipi olarak hakem atama problem (HAP) ele alınmıştır. Panelist adayları ve proje önerileri kümeleri arasında dengeli ve en küçük sapmalı atama prensipleri benimsenmiştir. Adem ve Dağdeviren [25], çalışanların termal konfor riskinden korunmaları amacıyla matematiksel model kullanarak personel çizelgeleme çalışması yürütmüşlerdir. Çalışanların metabolik ağırlıklarına uygun sıcaklıklara maruz kalmalarından emin olma çerçevesinde kurulan model aynı zamanda klasik işletme amaçlarına da duyarlıdır.

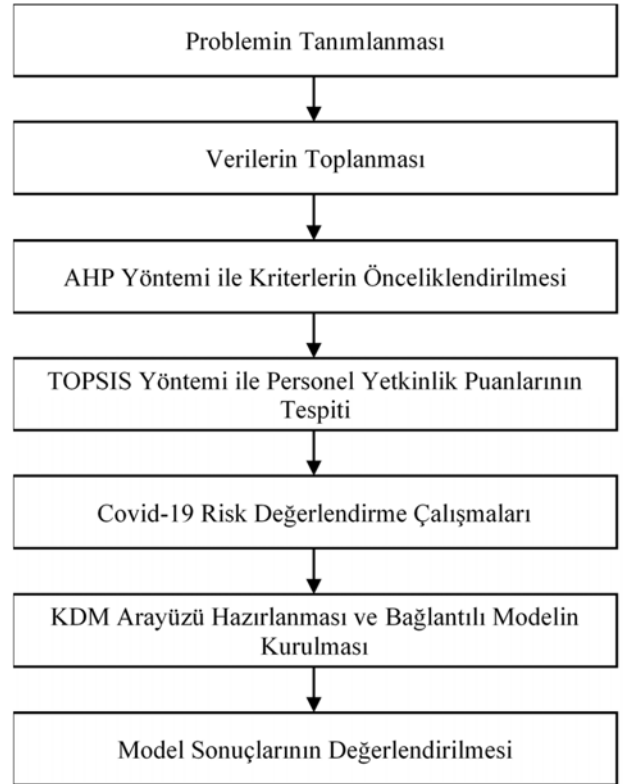
Tapkan vd. [26] çalışmalarında bir raylı sistemde bulunan görevleri ve makinistleri çizelgeleme problemi üzerine çözüm yaklaşımı sunmuşlardır. Çözüm yaklaşımlarında 0-1 karma tamsayı matematiksel model yöntemi kullanmışlardır. Özcan vd. [27] çalışmalarını bakım çizelgelemesi üzerine yürütmüşlerdir. Çalışma kapsamında 1330 elektriksel ekipman ve bu ekipmanların santral açısından kritiklik seviyeleri belirlenmiştir. 0-1 tam sayılı programlama yöntemi kapsamında kurulan matematiksel modele, santralin yapay sinir ağı yöntemi ile hesaplanan bir yıllık üretim tahmini verisinden elde edilen çalışma-bakım süreleri de dahil edilmiştir. Uslu vd. [28] çalışmalarında 0-1 hedef programlama yöntemini kullanarak hemşire çizelgeleme problemine vardiya sistemindeki dengesizlikleri ortadan kaldıracak bir çözüm sunmuşlardır. Özder vd. [29] çalışmalarında literatürde bulunan personel çizelgeleme problemlerini kapsamlı olarak incelemişler ayrıca problemleri karakterlerine ve çeşitlerine göre gruplandırmışlardır.

Literatürde personel çizelgeleme konusunda birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada bir hastanede görev yapan güvenlik personellerinin vardiya çizelgelemesi için bir KDM önerisi geliştirilmiştir. Çalışmada personeller 6 farklı alandaki yetkinlik puanlarına göre değerlendirilmiştir. Bu 6 adet kriter puanı AHP yöntemi ile önceliklendirilmiştir. Kriter önceliklendirilmesinin ardından personeller, yetkinlik puanlarına ve yetkinlik önceliklerine göre TOPSIS yöntemi ile sıralandırılmış ve puanlandırılmıştır. Sonuç olarak personellere tek bir puan atanmıştır. Personellerin çalışma alanlarına göre farklı önemde bulunan kriterlerin kullanılması hizmet kalitesine doğrudan etki edecek bir çalışmadır. Bu süreç ile elde edilen tek bir yetkinlik puanı ile personel kalitesinin daha güvenilir bir şekilde analiz edilebilmesinin yanında personellerin 6 farklı kriterde sahip olduğu puanları, çalışacakları bölümlere göre özel kısıtlar kullanılabilmesini de mümkün kılmıştır. Yetkinlik puanlarının yanı sıra pandemi dönemi sebebiyle personellerin ve ailelerinin sağlık durumları da dikkate alınmıştır. DSÖ tarafından yayınlanan rehberde özellikle kronik sağlık sorunları olan insanlar söz konusu virüsten daha fazla etkilenebilmektedir [30]. Bu doğrultuda hem sistemin sürdürülebilirliği hem de çalışanların ve ailelerinin sağlık durumları düşünüldüğünde, kronik bir hastalığı bulunan veya kendisinde bulunmayıp ailesinde bulunan personellerin de dikkate alındığı bir KDM önerisi geliştirilmiştir. Bu sayede dünyada en çok benimsenen, yaşamsal sistemleri aksatmadan mümkün olduğunca bulaş oranını azaltmak ve riskli kişileri korumak prensibi sağlanmıştır. Pandemi virüs önlemleri ve 6 kriterin bilimsel yöntemler kullanılarak bütünlük değerlendirme sonucu tek bir yetkinlik puanı elde edilmesinin yanında ayrıca personellere ait bu 6 adet yetkinlik puanları görev alacakları alana göre tek tek de kullanılabilir. Bu durum da genel bir değerlendirmenin yanında gerekirse özel durumların çok daha esnek bir şekilde ele alınabilmesini mümkün kılmaktadır. Böylece özel kısıt gerektirebilen durumların etkili bir şekilde ele alınması amaçlanmaktadır. Bu esnekliğin hizmet kalitesinin yanı sıra hizmet

sürekliliğinde de önemli bir rol oynayacağı beklenmektedir. Tüm bu özgün özellikleri ile çalışmanın ve kurulan KDM önerisinin literatüre katkıda bulunması amaçlanmaktadır.

5. UYGULAMA (APPLICATION)

Bu çalışmada; Ankara'da hizmet veren bir devlet hastanesinin üç biriminde görev yapmakta olan güvenlik personellerinin bir aylık vardiya çizelgelemesi, personellerin yetkinlik puanları da dikkate alınarak farklı aylara duyarlı bir KDM önerisi geliştirilmiştir. Çalışmanın uygulama aşamaları Şekil 3'te gösterilmiştir. 3 ve 4 numaralı adımların detaylı akış şemaları yöntemler başlığında bulunan Şekil 1 ve 2'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Uygulama akış şeması (Application flow chart)

5.1. Problem Tanımı (Problem Definition)

Uygulama çalışması, Ankara'da bulunan bir devlet hastanesinin üç biriminde gerçekleştirilmiştir. Bu birimler; Protokol, Yoğun Bakım Birimi ve Kapıl şeklindedir. Hastane kampüsündeki güvenlik personelleri sabah, akşam ve gece olmak üzere üç vardiya şeklinde çalışmaktadır. Her üç vardiyanın da süresi eşittir ve sekizer saattir. Hastanesinin söz konusu birimlerindeki güvenlik personellerinin vardiya çizelgelemesi için hedef programlama yöntemi bazlı KDM önerisi geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem farklı aylara da duyarlıdır. Birimlerin personel ihtiyaçlarının hafta içi ve hafta sonu günlerinde farklılık göstermesinden dolayı sistemin farklı aylara duyarlı olması önemlidir. Kurulan modele AHP-TOPSIS yöntemi ile elde edilen yetkinlik

puanları da kısıt olarak dahil edilmiştir. Ayrıca tüm dünyada sistem aksaklıklarına neden olan COVID-19 virüsü de düşünülerek personel sağlığı gözetilmiş, virüsün zarar verme ihtimalinin yüksek olduğu kronik hastalığı olan personeller, çizelgeleme aşamasında gözetilmiştir. Kendisinde kronik hastalığı olmayıp ailesinde bulunan personeller de uygulama boyunca düşünülmüş ve atamaları bu duruma göre yapılmıştır. Böylece sistem sürekliliği sağlanırken personel sağlığı ve hastalık bulaş oranı da düşünülmüştür. Dünyanın şu anki durumu göze alındığında bu denge optimal seçenek olarak düşünülmektedir.

5.2. Verilerin Toplanması (Data Collection)

Uygulama, hastaneden alınan veriler doğrultusunda yürütülmüştür. Toplanan veriler, çalışma koşulları ve personel verileri olarak iki ana başlıkta toplanabilir. Çalışma koşul verileri birimlerin personel ihtiyaçlarını ve çeşitli çalışma kısıtlarını içermektedir. Birimlerin personel ihtiyaç verileri Tablo 1'de gösterilmiştir. Personel verileri ise personellerin yetkinlik puan hesabında ve pandemi tedbirleri kapsamında kullanılmak üzere toplanmıştır.

Tablo 1. Çizelgesi yapılacak birimlerdeki personel ihtiyaçları sayısı
(Number of the staff needs in the departments to schedule)

Birim	No	Hafta İçi		Hafta Sonu			
		Sabah	Akşam	Gece	Sabah	Akşam	Gece
Protokol	1	4	3	2	3	2	2
Yoğun Bakım	2	3	3	2	3	3	2
Kapı 1	3	3	2	1	2	2	1

5.3. AHP Uygulaması (AHP Application)

Uygulama çalışması personel çizelgesini, personellerin yetkinlik puanlarını da dikkate alarak yapmayı amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda, personellerin yetkinlik puanlarını oluşturmak için; personeller farklı önem derecelerine sahip altı adet kriter ışığında değerlendirilmiştir. Söz konusu altı adet kriter; literatür araştırması ve konuda uzman kişilerin görüşleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Belirlenen bu kriterler; fiziksel durum (FD), dış görünüş

(DG), iletişim (İL), tecrübe (TE), mesleki faaliyet (MF) ve müdahale becerisi (MB) şeklindedir. Bu altı adet kriter AHP yöntemi kapsamında, Saaty'nin ikili karşılaştırma prensibi ile karşılaştırılmış ve önem ağırlıkları belirlenmiştir. Karşılaştırma matrisi çalışması iki güvenlik personeli amiri ve bir akademisyen ile birlikte yürütülmüştür. Kararlaştırılan puanların geometrik ortalaması alınarak sonuç karar matrisi oluşturulmuştur. İkili karşılaştırma matrisi Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi
(Binary comparison matrix of the criteria)

Kriterler	MB	MF	FD	DG	TE	İL
MB	1	2	2	3	2	3
MF	0,50	1	1	3	2	3
FD	0,50	1	1	2	2	2
DG	0,33	0,33	0,50	0,33	1	2
TE	0,50	0,50	0,50	0,33	1	2
İL	0,33	0,33	0,50	1	0,50	1

Matrisin tutarlılık oran (CR) değeri 0,5'tir ve tutarlıdır değerlendirilmesi yapılmıştır. Kriterlerin açıklaması ve önem ağırlıkları Tablo 3'te gösterilmiştir. İşlem adımları detaylı olarak Şekil 1'de verilen AHP yöntemi akış şemasında görülebilir.

5.4. TOPSIS Uygulaması (TOPSIS Application)

Kriter ağırlıklarının tespitinin ardından TOPSIS yöntemine geçilmiş ve her bir aday, belirlenen altı kriter altındaki puanlarına göre sıralanmıştır. Personellerin (PN) kriter puanları Tablo 4'te gösterilmiştir. Personel puanlandırmasında 1-10 ölçeği kullanılmış ve değerlendirme çalışmaları güvenlik personeli vardiya amirinin görüşleri ve personel verileri kapsamında yürütülmüştür. Tablo 4'te gösterilen personellerin kriter puanları ve Tablo 3'te gösterilen AHP yöntemi ile elde edilmiş kriter ağırlıkları kullanılarak TOPSIS yöntemi aracılığıyla her bir personelin yetkinlik puanı (YP) hesaplanmıştır. Hesaplanan yetkinlik puanları en yüksek puan 100 olmak üzere 0-100 ölçeğinde Tablo 5'te gösterilmiştir. Veriler tam sayıya yuvarlanmıştır. İşlem adımları detaylı olarak Şekil 2'de verilen TOPSIS yöntemi akış şemasında görülebilir.

Tablo 3. Kriter Bilgileri (Criteria information)

Kriterler	Açıklama	Ağırlık
FD	Fiziksel olarak her an hazır durumda olma ile ilgili kriter.	0,18
DG	Müşteriye verilen izlenim, güven hissi kriteri.	0,12
İL	Gerektiğinde müşteriye edilecek yardımda üslup becerisi.	0,09
TE	Personelin alanında ne kadar tecrübeli olduğu ile ilgili kriter.	0,11
MF	Geçmiş çalışmalarda hangi sektörlerde veya birimlerde ne kadar süre çalışıldığı ile ilgili kriter.	0,21
MB	Müdahale edilmesi gereken bir olaya personelin yaklaşımını, becerisini ölçen kriter.	0,29
Toplam		1,00

Tablo 4. Personellerin kriter değerlendirme puanları (Criteria assessment points of the staffs)

PN	FD	DG	İL	TE	MF	MB	PN	FD	DG	İL	TE	MF	MB
1	9	9	4	7	7	4	17	7	7	5	2	2	2
2	5	6	3	10	10	8	18	10	2	2	8	4	2
3	4	3	8	7	7	6	19	6	8	4	8	3	4
4	5	7	10	9	4	2	20	8	8	6	5	6	3
5	9	10	5	2	8	8	21	3	7	4	3	6	5
6	8	10	7	9	6	8	22	7	3	5	6	5	9
7	4	6	4	6	4	8	23	5	2	2	2	8	4
8	6	4	3	7	8	9	24	4	8	3	5	8	6
9	6	5	6	3	8	5	25	6	3	6	8	4	8
10	3	6	7	9	6	4	26	3	5	5	7	5	4
11	7	5	6	8	8	2	27	2	4	7	5	8	5
12	8	9	2	3	10	2	28	2	9	5	3	4	8
13	4	5	8	7	5	8	29	7	6	6	7	4	10
14	8	10	9	9	6	9	30	2	9	6	5	5	2
15	2	5	4	10	5	5	31	10	10	9	4	8	4
16	9	4	9	9	6	4	32	2	2	6	8	9	8

Tablo 5. Her bir personelin yetkinlik puanı (Competency score of each staff members)

PN	YP	PN	YP	PN	YP	PN	YP
1	73	9	70	17	37	25	70
2	98	10	64	18	40	26	54
3	71	11	60	19	56	27	69
4	52	12	68	20	61	28	75
5	93	13	78	21	64	29	83
6	95	14	100	22	77	30	53
7	73	15	62	23	57	31	77
8	89	16	63	24	81	32	83

Personellerin yetkinlik ortalama puanı 70'tir.

5.5. COVID-19 Risk Değerlendirmeleri (COVID-19 Risk Analyses)

Çizelgeleme uygulamasında ayrıca COVID-19 virüsü de dikkate alınmıştır. Söz konusu hastaların yoğun bakım birimine kabulü ile birlikte orada görev yapacak personel atamaları titizlikle yürütülmüştür. Öncelikle personellere risk puanı atanmıştır. Personellerin risk puanları ve ne anlama geldikleri Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Personel risk bilgileri (Staffs' risk information)

Puan	Risk durumu
3	Kendisinde risk durumu bulunanlar
2	Kendisinde risk durumu yok ama aynı evde kaldığı kişide risk durumu bulunanlar
1	Risk durumu olmayanlar

Oluşturulan modele göre risk puanı 3 olan personeller, virüs açısından tehlikeli olan yoğun bakım bölümüne atanmamaktadır. Risk puanı 2 olan personellerden ise herhangi bir günün herhangi bir vardiyasına en fazla bir kişi atanmaktadır.

5.6. Matematiksel Model (Mathematical Model)

Ankara'da hizmet veren bir hastanenin güvenlik personellerinin belirli hedefler doğrultusunda vardiyalara atanması için üç hedefli hedef programlama modeli kurulmuştur modelin verileri şu şekildedir:

n	: İlgili bölümde çalışan personel sayısı	n=32
m	: Gün sayısı	m=31
t	: Vardiya sayısı	t=3
p	: Bölüm sayısı	p=3
i	: Personel indeksi	i=1,2,...,n.
j	: Gün indeksi	j=1,2,...,m.
k	: Vardiya indeksi	k=1,...,t.
l	: Bölüm indeksi	l=1,...,p.

Modelin parametreleri ve karar değişkenleri aşağıda gösterilmiştir:

w_k	: k. Vardiyanın süresi
a_{jk}	: Protokol birimi j. Gün k. vardiyadaki personel ihtiyacı
b_{jk}	: Yoğun bakım bölümü j. Gün k. vardiyadaki personel ihtiyacı
c_{jk}	: Kapı1 kısmı j. Gün k. vardiyadaki personel ihtiyacı
m_i	: i. Personelin "müdahale becerisi" kriteri puanı
y_i	: i. personelin yetkinlik puanı
r_i	: i. personelin risk puanı
R	: Yoğun bakım bölümüne yapılacak herhangi bir günün herhangi bir vardiyasına atanacak personellerin maksimum toplam risk puanı.
Y	: Protokol birimine herhangi bir günün herhangi bir vardiyasına atanacak personellerin minimum toplam yetkinlik puanları toplamı
L	: Her bir personelin toplam atanma sayısı (1. Hedef için)
G	: Her bir personelin gece vardiyalarına yapılan toplam atama sayısı (2. Hedef için)
H	: Her bir personelin hafta sonu vardiyalarına yapılan toplam atama sayısı (3. Hedef için)
Hg	: Hafta sonu günleri kümesi

$$X_{ijkl} = \begin{cases} 1, i. \text{ personel } j. \text{ günde } l \text{ bölümündeki } k. \text{ vardiyaya atanırsa} \\ 0, \text{ diğer durumlar} \end{cases}$$

$$i=1,2,\dots,32 \quad j=1,2,\dots,31 \quad k=1,2,3 \quad l=1,2,3$$

d_i^+ : 1. Hedefin pozitif yönde sapma değişkeni $i=1,2,\dots,n$
 d_i^- : 1. Hedefin negatif yönde sapma değişkeni $i=1,2,\dots,n$
 e_i^+ : 2. Hedefin pozitif yönde sapma değişkeni $i=1,2,\dots,n$
 e_i^- : 2. Hedefin negatif yönde sapma değişkeni $i=1,2,\dots,n$
 f_i^+ : 3. Hedefin pozitif yönde sapma değişkeni $i=1,2,\dots,n$
 f_i^- : 3. Hedefin negatif yönde sapma değişkeni $i=1,2,\dots,n$
 $\forall i, j, k, l \in n, m, t, p$

Hedef değerleri olan L, G ve H ifadeleri sırasıyla Eş. 1, Eş. 2 ve Eş. 3. Hedefin sağ taraf değerleridir. Bu değerler bir aydaki toplam ihtiyacın personel sayısına bölümü ile hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda ilk iki hedefin sağ taraf değerleri için negatif yönde bir sapma beklenmemektedir.

- Kısıt: Personeller haftada 48 saatten (6 günden) fazla çalışmamalıdır. Eş. 4, Eş. 5, Eş. 6 ve Eş. 7. ile bu durum sağlanmıştır. (Sabah vardiyası (w_1) =8, Akşam vardiyası (w_2) =8, Akşam vardiyası (w_3) =8 olarak tanımlı)

$$\sum_{j=1}^7 w_1 x_{ij1} + w_2 x_{ij2} + w_3 x_{ij3} \leq 48 \quad \forall i, \quad (4)$$

$$\sum_{j=8}^{14} w_1 x_{ij1} + w_2 x_{ij2} + w_3 x_{ij3} \leq 48 \quad \forall i, \quad (5)$$

$$\sum_{j=15}^{21} w_1 x_{ij1} + w_2 x_{ij2} + w_3 x_{ij3} \leq 48 \quad \forall i, l \quad (6)$$

$$\sum_{j=22}^{28} w_1 x_{ij1} + w_2 x_{ij2} + w_3 x_{ij3} \leq 48 \quad \forall i, l \quad (7)$$

- Kısıt: İlgili bölümler için her vardiyadaki gerekli olan personel ihtiyaçları karşılanmalı. Gerekli personel ihtiyacı Eş. 8- Eş. 10 numaralı eşitlikler sayesinde karşılanmıştır.

$$\sum_{i=1}^n x_{ijk1} = a_{jk} \quad \forall j, k \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ijk2} = b_{jk} \quad \forall j, k \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ijk1} = c_{jk} \quad \forall j, k \quad (10)$$

- Kısıt: Herhangi bir personel her gün için belirlenen vardiyalardan ve bölümlerden sadece bir tanesinde çalışmalıdır. Eş. 11’de bu durumu sağlamaktadır.

$$\sum_{i=1}^p \sum_{k=1}^t x_{ijkl} \leq 1 \quad \forall i, j \quad (11)$$

- Kısıt: Protokol birimine atanacak personellerin herhangi bir gün ve vardiya yetkinlikleri toplamı ortalamanın üzerinde olmalıdır. Eş. 12’de bu durumu mümkün kılmaktadır.

$$\sum_{i=1}^n x_{ijk1} * y_i \geq Y \quad \forall j, k \quad (12)$$

- Kısıt: Müdahale becerisi kriter puanı 5’ten az olan personel “yoğun bakım” birimine atanmamalıdır bu durum Eş. 13 ile sağlanmıştır.

$$\sum_{k=1}^t x_{ijk2} = 0 \quad \forall j, l \& i \in m_i \leq 4 \quad (13)$$

- Kısıt: Herhangi bir personel atandığı herhangi bir günün herhangi bir vardiyasının ardından gelen en az iki vardiyaya atanmamalıdır. Bu durum Eş. 14 ve Eş. 15 ile sağlanmıştır.

$$\sum_{l=1}^p x_{ij3l} + x_{i(j+1)1l} + x_{i(j+1)2l} \leq 1 \quad \forall i, l \& j=1, \dots, m-1 \quad (14)$$

$$\sum_{l=1}^p x_{ij2l} + x_{i(j+1)1l} \leq 1 \quad \forall i, l \& j=1, \dots, m-1 \quad (15)$$

- Kısıt: Risk puanı 3 olan personel “yoğun bakım” birimine atanmamalıdır. Eş. 16 ile bu durum sağlanmıştır.

$$\sum_{k=1}^t x_{ijk2} = 0 \quad \forall j, p \& i \in r_i = 3 \quad (16)$$

- Kısıt: Herhangi bir günün herhangi bir vardiyasında, yoğun bakım bölümüne yapılacak atamalarda risk puanı 2 olan personel sayısı en fazla 1 olmalıdır. Eş. 17 ile bu durum sağlanmıştır.

$$\sum_{i=1}^n x_{ijk2} * r_i \leq R \quad \forall j, k \quad (17)$$

Hedef kısıtları Eş. 18-Eş. 20 ile gösterilmiştir.

Hedef 1: Her bir personelin toplam atanma sayıları mümkün olduğu kadar eşit olmalıdır.

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^t \sum_{l=1}^p x_{ijkl} - e_i^+ + e_i^- = L \quad \forall i \quad (18)$$

Hedef 2: Her bir personelin gece vardiyalarına toplam atanma sayıları mümkün olduğu kadar eşit olmalıdır.

$$\sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^p x_{ij3l} - d_i^+ + d_i^- = G \quad \forall i \quad (19)$$

Hedef 3: Her bir personelin hafta sonu sayıları mümkün olduğu kadar eşit olmalıdır.

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^t x_{ijk1} - f_i^+ + f_i^- = H \quad \forall i \& j \in Hg \quad (20)$$

Amaç Fonksiyonu: Tüm sapmaların enazlanmasının amaçlandığı amaç fonksiyonu Eş. 21’de gösterilmiştir.

$$Enk = \sum_{i=1}^n d_i^+ + d_i^- + e_i^+ + e_i^- + f_i^+ + f_i^- \quad (21)$$

Modelin kısıtlarında yer alan Y ve R değerleri değişken değerlerdir. Y değeri protokol bölümüne yapılacak herhangi bir günün herhangi bir vardiyası için farklı olarak, R değeri ise yoğun bakımı bölümüne yapılacak herhangi bir günün herhangi bir vardiyası için farklı olarak kullanılmaktadır. 4. kısıtta yer alan Y değeri; herhangi bir günün herhangi bir vardiyasına atanacak personellerin yetkinlik toplamına eşittir. Bu diğer protokol bölümü için alt bir sınır ile sınırlandırılmış

ve böylece beraber çalışmak üzere atanmış personellerin, yetkinlik kriterleri açısından dengeli bir atama yapılması amaçlanmıştır. Ayrıca sınırlandırılan bu değer ortalamasının üzeri bir değerde tutularak da söz konusu bölüm için daha nitelikli personel yetkilendirilmesi yapılmıştır. Örneğin hafta içi herhangi bir günün sabah vardiyasında protokol bölümünün ihtiyacı 4 personeldir. Toplam ataması yapılan 32 personelin yetkinlik ortalama değeri 70'tir. $70 \times 4 = 280$ 'dir, dolayısıyla protokol bölümüne hafta içi sabah vardiyalarına atanan personellerin yetkinlik puanları 280'den az olmamalıdır. Bu değer aynı şekilde hafta içi ve hafta sonu her üç tip vardiya için de bu şekilde belirlenmiştir. 4 numaralı kısıtın sonuçları Tablo 10'da gösterilmiştir. 8. kısıtta yer alan R değeri; yoğun bakım bölümünün herhangi bir gününün herhangi bir vardiyasına atanan personellerin risk puan değerlerinin toplamına eşittir. Risk puan değeri 3 olan personeller yoğun bakım birimine atanmamıştır. Yoğun bakım birimine atanacak personeller sadece risk puanları 1 ve 2 olanlardır. Bu noktada da risk puanı 2 olan personeller mümkün olduğunca az atanmak istenmiştir. Böylece salgın süresince hem yeni eleman ihtiyacı hem de personellerin alacağı risk minimuma indirilmiştir. Bu amaçla da R değişkeni kullanılmıştır. Örneğin; yoğun bakım biriminin hafta içi sabah vardiyası ihtiyacı 3 personeldir. Atanacak 3

personelin risk puan toplamı, yani R değeri 4 ile sınırlandırılırsa söz konusu vardiyaya risk puanı 2 olan personellerden en fazla 1 atama yapılacaktır. Böylece eleman ihtiyacı olmayacak ve personel sağlığı korunmuş olacaktır. R değeri; her günün her vardiyası için "personel ihtiyacı +1" şeklinde oluşturulmuştur. Bu şekilde risk puanı 2 olan personeller aynı vardiyada birlikte çalışmayacaklardır. Yapılan atama ile personellerin çalışma şartlarının mümkün olduğunca eşitlenmiş olmasının yanında, personellerin sağlığı da düşünülmüştür. Ek olarak personellerin yetkinliği de göz önüne alındığından dolayı, çalışma verimliliğinin ve kaliteli bir şekilde sürdürülebilirliğinin artacağı açıktır. KDM önerisinin geliştirilmesinde ve matematiksel modelin çözümünde Python programı, Windows 10 Pro işletim sistemli, Intel® Core™ i5-7300HQ CPU 2.50GHz işlemcili Monster marka bilgisayar ile kullanılmıştır. Modelin çözümü 25,35 saniye sürmüştür.

5.7. Matematiksel Modelin Sonuçları (Results of The Model)

Ankara'da hizmet veren bir hastanede çalışan güvenlik personellerinin aylık planlama çizelgesi Tablo 7 ve Tablo 8'de yer almaktadır.

Tablo 7. 1-16 numaralı güvenlik personellerinin aylık vardiya atama çizelgesi
(Monthly shift assignment schedule of security staffs number 1-16)

	Personel No.															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	1G	1A	2A				2S	1S	1G	1A	1A	1S		2S	2G	3A
2		1A	2G	3A	1S	1S	2A			1G		1S	2A	1G		
3	1G	1A	2G	3A	1S		2A		1A		3S	1S	2A		2S	3S
4					1A	1S	2A	2A	1G	3A	3G	1A		2S	2G	1S
5		2G	2A	3S	1A				1G		3A			1S		1G
6	3A		2A	3S		1S	2G	2G	3S		1S	3S	2A	1A	2S	
7	1A	1G		3S	1S	2S			3S	3S		1S	2G	1A	2A	3A
8	1G		2A	3A	1S	1S	2S	1S	1G			3S		2A		1A
9		1S	2A	1A	1A	2S		1S	1G			3S	1A	2A		3A
10		1S			1A	1G	2S	1A		1S	3S		2A	1S	1A	
11	3A	1S				1G	2S	2G	3A	1G	1S	1S	2G		2A	1A
12		1A	2A	3G	1G		2G				3S	1S	2G	1S	2A	
13	1S	1A	2A	3G	1G	1S				3S	3S	1S	2G	2S	2A	
14	1G		2A			1S		1A	1S	3S	3S	1G			2A	1S
15	1G	2S	2A	3S	1A	1S		1A		3S	3A	1G	2S	2G	2G	3S
16		1S			1A	1G	1A	3A	3A	1S		1G			2G	3S
17	1S		2S	3A	3A		2A	1G	1A	1A	1S		2S	1S		3G
18	1S	1A	2S	3A		1S	2A		3A				2S			1G
19	3A		2S	1A	1S	1G	2A	1A	3A				2A		2S	1G
20	3A	1A	2A	1A	1G		2A				1G	3S	2A	1S		
21			2A		1G	1A	2G	1S	1S	1S	1S	3G	3A	2A	2A	1A
22	1S	1S	1G					1A	1G	1S	3G	1A			2A	3A
23		1A		3S	1G	1S	1S	2A		1S				2S	3A	
24	3S	1A	3S	3A		1G	2S	1A			1S		2G	1S	2A	1S
25	1S	1G		3G				2A	1S	1G	3A	1S		1A	2G	
26	3S		2G		1A	1S				3G	1A	1S	2S	1G		
27	3S	1S	2G	3G	1A	2S	2S	1A	1S			1G	2S		2A	1S
28		3S			1A	1S	2S	1G	1A	1S	3S	3G	2A	1S		1A
29	1S	1G	2S	3S	1A	1S	2G			3S	1G		2A	2S	2S	1A
30	3S	1G		3S	1A	2S		1S	1A	3A		1S	2A	2G	2A	
31	1A		2S	3S			2G	1A	1A	3G	1S	3S	2A	1G		1S

1: Protokol Birimi 2: Yoğun Bakım Bölümü 3: Kapılı Kısmı / S: Sabah Vardiyası A: Akşam Vardiyası G: Gece Vardiyası

Personellerin toplam atamaları hedeflenen veriler üzerinden Tablo 9’da gösterilmiştir. Çizelgelemenin hedefleri; toplam atamaların, gece atamalarının ve hafta sonu atamalarının mümkün olduğunca eşitlenmesidir.

4 numaralı kısıtın çıktısı ise her bir gün (G) için Tablo 10’da gösterilmektedir. Tabloda da görüldüğü gibi protokol bölümüne yapılacak atamaların düzenlenmesini içeren bu

kısıtta model başarılı bir şekilde cevap vermiştir. Herhangi bir günün, herhangi bir vardiyasına atanmış olan personellerin yetkinlik puanları toplamı belirlenen minimum değerinden az olmamıştır. Söz konusu değerler: hafta içi günleri için; sabah: 280, akşam: 210, gece: 140, hafta sonu günleri için ise sırasıyla 210, 140, ve 140 şeklindedir. Bu değerler Y olarak atanmıştır, hesaplamaları matematiksel model başlığında gösterilmiştir.

Tablo 8. 17-32 numaralı güvenlik personellerinin aylık vardiya atama çizelgesi
(Monthly shift assignment schedule of security staffs number 17-32)

	Personel No.																															
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32																
1	3G			3A	2A		3S		2G	3S	2A	2S	1S	1S	3S																	
2	3G	3S	3A		2A	2S	3S	1A		1S		2S	2G	3S	1A	2S																
3		3S	3G	3A		2G			2S	1A	1S	2S		1S	1G	2A																
4	3S	3S			2G		3A	2S	2S			2A		1S	1G																	
5	3A	3G	1S		2G	1S	1A	2S		3S	2S	2A	2A			2S																
6	3A		1A	1G		2S		1S	2S	3G	1S		1G		1A	2A																
7		3G		1G	2S		3A	1S	2A		1S	2S	2G	1A		2A																
8	1S	3G	3S		2S	2G	3A	1A		3S	2S	2G			1A	2A																
9	3S			1S	2A		3A	2G	2S	3S			2S	1S	1G	2G																
10	3G	3S	3A	1S		2G	1G		2S	3S	2S	2A	2A	3A		2G																
11		3G		3S				2A	2S	3S	2S	2A			1A																	
12	3S			3A	2S	2S	1A		2S	1G		2A		1S	3A																	
13	3A	3S	1S	1A	2G	2S	1A		3A	1G			2A			2S																
14	3A	1A	1S	3A	2G	2S		2S	2A		3S	2S	1A	3G		2G																
15			1S	3G			3A	2A		1A	1S	2S	2A		1S																	
16	3S	3S	3G		2A	2S	1A	2A	2A		2S	2G		1S	1S	2S																
17		3S		3S	2G	2A	1G	2G			2A		2S	1S	3S	1A																
18	3G		3S	1S		2A		2G		1A	2G		2S	3S	1G	2A																
19		3S	1S	1S		2A	3G				2G		2S	3S		2G																
20	3S		1S		2S	3A		1A	3S	1S	2G	2S	2S	3G	1S	2G																
21	3A	3S	3S	1G	2S		1A		2G	3S		2S			1S																	
22		3S	3S		2S	2A		2S	2G	3A	2S	2A	2G	3S	1A	1S																
23	3S	3S	3G	3A	2S	2A	1G	2S	2G	1A	2G	2A		1S		1A																
24	3A	3S		1A	2S	2A		1S		1G		2G	2S		3G	2A																
25	3A		3S	1A	2S	2G	3S	2A	2S				2S			2A																
26		3S	1G		2A				2A	3A	2G	2S	2S	3A	1S	2A																
27		3S		3A		2A	3S	1G	2G	1A			2A	3A	1S																	
28	3A		1S			2A	3S	2G			2S	2S	2G	1G	3A	2A																
29		3S	3A	1S	1S	2A	3G		2A		3A	2G			1A																	
30	3S		3A	1G	2S			2S		3G	1A	2G	1S	1S		2A																
31	3S	3A			2A	2G	3A	2S	2S		2A		1S	1G	1S																	

1: Protokol Birimi 2: Yoğun Bakım Bölümü 3: Kapı1 Kısmı / S: Sabah Vardiyası A: Akşam Vardiyası G: Gece Vardiyası

Tablo 9. Güvenlik personellerinin toplam vardiya (TV), toplam gece (TGV) ve toplam hafta sonu (THS) atamaları
(Security staff's total shift, total night and total weekend assignments)

PN No.	TGV	THS	TV	PN No.	TGV	THS	TV	PN No.	TGV	THS	TV	PN No.	TGV	THS	TV
1	5	5	21	9	5	5	21	17	4	5	21	25	5	5	21
2	5	5	22	10	5	5	21	18	4	5	21	26	5	5	21
3	5	5	22	11	5	5	21	19	4	5	21	27	5	5	22
4	4	5	21	12	5	5	22	20	5	5	21	28	5	5	22
5	5	5	22	13	5	5	22	21	5	5	22	29	5	5	22
6	5	5	22	14	5	5	22	22	5	5	22	30	4	5	21
7	5	5	21	15	5	5	22	23	5	5	21	31	5	5	22
8	5	5	22	16	5	5	21	24	5	5	22	32	5	5	22

Tablo 10. Protokol bölümüne atanan personellerin yetkinlik puan toplamları
(Competency points totals of the staff assigned to the protocol section)

G	Vardiya			G	Vardiya			G	Vardiya			G	Vardiya		
	Sabah	Akşam	Gece		Sabah	Akşam	Gece		Sabah	Akşam	Gece		Sabah	Akşam	Gece
1	293	222	143	9	301	213	147	17	286	217	146	25	211	161	162
2	310	256	164	10	323	244	152	18	229	152	140	26	240	153	156
3	283	222	150	11	226	140	159	19	210	141	158	27	308	236	149
4	211	161	147	12	221	155	147	20	287	231	153	28	315	226	142
5	233	150	152	13	284	216	147	21	300	215	154	29	293	233	158
6	305	233	144	14	284	212	141	22	318	234	141	30	293	232	159
7	311	226	159	15	297	236	141	23	285	235	150	31	283	232	153
8	314	221	143	16	292	223	163	24	304	248	149				

Tablo 11. Özel kısıtsız olarak protokol bölümüne atanan personellerin yetkinlik puan toplamları
(Competency points totals of the staff assigned to the protocol section without special constraints)

G	Vardiya			G	Vardiya			G	Vardiya			G	Vardiya		
	Sabah	Akşam	Gece		Sabah	Akşam	Gece		Sabah	Akşam	Gece		Sabah	Akşam	Gece
1	265	191	130	9	304	161	115	17	264	201	127	25	174	137	118
2	267	173	166	10	241	195	109	18	214	130	129	26	207	139	104
3	238	173	129	11	180	124	126	19	173	110	161	27	241	230	146
4	175	138	157	12	222	173	117	20	216	197	130	28	279	183	138
5	153	115	134	13	319	213	117	21	242	205	168	29	267	206	159
6	247	193	117	14	279	227	141	22	248	150	184	30	233	217	152
7	281	228	114	15	255	210	120	23	262	190	130	31	259	195	98
8	280	202	149	16	245	177	122	24	240	226	93				

Personel Atama ve Çizelgeleme

Personel Sayısı: 32

Vardiya Sayısı: 3

Birim Sayısı: 3

Ay Seçimi Yapınız:

- Ocak
- Şubat
- Mart
- Nisan
- Mayıs
- Haziran
- Temmuz**
- Ağustos
- Eylül
- Ekim

Talep Verileri Personel Bilgi Girişi Verileri Temizle Çalıştır

Ahmet CÜREBAL & Prof. Dr. Tamer EREN

Talep Verileri

Hafta içi	Sabah Vardiyası	Akşam Vardiyası	Gece Vardiyası
1.nolu Birim	4	3	2
2.nolu Birim	3	3	2
3.nolu Birim	3	2	1

Hafta sonu	Sabah Vardiyası	Akşam Vardiyası	Gece Vardiyası
1.nolu Birim	3	2	2
2.nolu Birim	3	3	2
3.nolu Birim	2	2	1

Tamam

Şekil 4. Önerilen KDM Modeli (Recommended DSM model)

Uygulama, protokol birimlerine atanan personellerin toplam yetkinliklerinin belirli bir puanın üzerinde olmasını amaçlamıştır. Söz konusu puan (Y) personellerin yetkinlik ortalaması üzerinden hesaplanmıştır. Bu durum matematiksel modelde bulunan 4 numaralı kısıt ile sağlanmıştır. Bu senaryonun uygulanmadığı taktirde aynı birime yapılacak olan atamaların yetkinlik puan toplamları, her bir gün ve her bir vardiya için Tablo 11’de gösterilmiştir.

Geliştirilen KDM önerisi Şekil 4’te gösterilmiştir. Birimlerin personel ihtiyaçlarının hafta içi ve hafta sonu günlerine göre değişiklik göstermesi sebebiyle KDM önerisine ay seçeneği de eklenmiştir. Böylece seçilen aya göre personel ihtiyaçları karşılanacaktır.

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Model, kısıtlar dahilinde istenen hedeflere büyük ölçüde cevap vermiştir. Modelde; personellerin yetkinliğini belirleyen kriterlerin, AHP ve TOPSIS gibi bilimsel yöntemlerle değerlendirilerek kullanılması daha etkin bir atama ve çizelgeleme yapılmasına büyük bir katkı sağlamıştır. Yetkinlik verilerinin modelde kullanılmasının yanı sıra bu günlerde tüm dünya gündeminde yer alan Covid-19 virüsünün de her bir personel açısından olası zararları dikkate alınmış böylece sağlık açısından oldukça önemli bir konu da çalışmaya dahil edilmiştir. Böylece; örneğin tecrübesi nispeten az olan veya Covid-19 salgın hastalığı için daha fazla risk durumunda olan personeller aynı vardiyaya atanmayacaklardır. Dolayısıyla hizmet verimliliği artacak ve sistem sürdürülebilirliği sağlanacaktır. Sağlık sistemleri sürdürülebilirlik sorunu pandemi dolayısıyla tüm dünyanın şu anda sıkıntılar yaşamakta olduğu bir durumdur. Çalışma bu soruna yönelik bir çözüm yaklaşımı da sunmaktadır.

Çalışmada personeller hem meslekleri ile ilgili 6 farklı kriter puanına hem de bu kriterlerin AHP ve TOPSIS yöntemleri ile değerlendirilerek elde edildikleri tek bir yetkinlik puanına sahiptirler. Bu durum çalışmanın genel çizelgeleme prensibine katkısının yanında özel atama ve çizelgeleme durumlarına da hassas olmasını sağlamaktadır. Böylece, çalışılan alanda farklı bölümlerin olması ve bu bölümlerin farklı alanda uzmanlık gerektirmesi zorluğu başarılı bir şekilde karşılanmaktadır. Yetkinlik ile hizmet kalitesinin ençoklanması ve yetkin atamanın yanı sıra çalışma, özellikle dünya gündeminde olan Covid-19 pandemisinin çalışma sistemlerini aksatmasının da mümkün olduğunca önüne geçmektedir. Ayrıca çalışanların ve çalışanların ailelerinin, çalışma alanından kaynaklı olarak, karşılaşılabilecekleri sağlık sorunları da göz önünde bulundurulmaktadır. Böylece tüm dünyada etkili olan Covid-19 pandemisi günlerinde hem sistemin aksamamasına hem de özellikle riskli kişilerin sağlık durumlarına hassas bir KDM önerisi geliştirilmiştir. Bu çözüm yaklaşımları ile literatürdeki çalışmalardan farklılık gösterme ve diğer çalışmalara ilham olabileceği özelliğine sahiptir.

Çalışma söz konusu hastanenin üç bölümü için yürütülmüştür sonraki çalışmalarda tüm bölümleri ele alacak şekilde model genişletilebilir. Yetkinlik kısıtı sadece bir

bölüm için özel olarak kullanılmıştır (5 Numaralı kısıt), diğer bölümler için de uzmanlar yardımıyla yetkinlik puanlarının kullanılabilmesi bölümlere özel durumlar belirlenebilir ve modele yansıtılabilir. Daha verimli çalışma açısından birden fazla bölümde çalışabilecek olan personeller için çalışma bölümü tercih sistemi geliştirilebilir böylece personeller tercih ettikleri bölümde çalışarak daha yetkin bir performans ortaya koyabilirler, ki bu da hizmet kalitesini doğrudan artıracaktır. Çalışmada önerilen KDM modeli uygulama yerinin geri dönüşleri doğrultusunda geliştirilebilir ve profesyonel olarak kullanılabilir. KDM modeline yapay zeka uygulamaları ile dinamik olarak birim personel taleplerini hesaplayan bir sistem eklenerek sistem etkinliği artırılabilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Gu J., Han B., Wang J., COVID-19: Gastrointestinal manifestations and potential fecal-oral transmission, *Gastroenterology*, 158 (6), 1518–1519, 2020.
2. Demirel B., Yelek A., Alağaç H.M., Eren T., Ankaray güvenlik personelinin vardiya çizelgeleme probleminin hedef programlama yöntemi ile çözümü, *Demiryolu Mühendisliği*, 18 (2), 1-17, 2018.
3. Ersöz F., Kabak M., Savunma sanayi uygulamalarında çok kriterli karar verme yöntemlerinin literatür araştırması, *Savunma Bilimleri Dergisi*, 9 (1), 97-125, 2010.
4. Ünal Ö.F., Performans değerlemede Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) uygulamaları, *Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 7 (1), 37-55, 2012.
5. Özden Ü.H., TOPSIS yöntemi ile Avrupa Birliği’ne üye ve aday ülkelerin ekonomik göstergelere göre sıralanması, *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13 (2), 215-236, 2011.
6. Cürebal A., Koçtepe S., Eren T., Organizasyon firması için COVID-19 pandemi döneminde aylık personel atama ve çizelgeleme probleminin çözümü: bir uygulama, *Journal of Turkish Operations Management*, 4 (2), 479-493, 2020.
7. Ernst A.T., Jiang H., Krishnamoorthy M., Sier D., Staff scheduling and rostering: a review of applications, methods and models, *Eur. J. Oper. Res.*, 153 (1), 3-27, 2004.
8. Moz M., Pato M.V., Solving the problem of rostering nurse schedules with hard constraints: new multicommodity flow models, *Annals of Operations Research*, 128 (1-4), 179-197, 2004.
9. Topaloglu S., Ozkarahan I., An implicit goal programming model for the tour scheduling problem considering the employee work preferences, *Annals of Operations Research*, 128 (1-4), 135-158, 2004.
10. Horn M.E., Jiang H., Kilby P., Scheduling patrol boats and crews for the Royal Australian Navy, *The Journal of the Operational Research Society*, 58 (10), 1284-1293, 2007.
11. Günther M., Nissen V., Sub-daily staff scheduling for a logistics service provider, *KI-Künstliche Intelligenz*, 24 (2), 105-113, 2010.
12. Kaluzny B.L., Hill A., Scheduling security personnel for the Vancouver 2010 winter Olympic games, *INFOR: Inf. Syst. Oper. Res.*, 49 (3), 221-231, 2011.

13. Fırat M., Hurkens, C.A.J., An improved MIP-based approach for a multi-skill workforce scheduling problem, *Journal of Scheduling*, 15 (3), 363-380, 2012.
14. Li J., Burke E.K., Curtois T., Petrovic S., Qu R., The falling tide algorithm: A new multi-objective approach for complex workforce scheduling, *ACS*, 40 (3), 283-293, 2012.
15. Bektur G., Hasgöl S., Kıdem seviyelerine göre işgücü çizelgeleme problemi: hizmet sektöründe bir uygulama, *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15 (2), 385-402, 2013.
16. Dadelo S., Krylovas A., Kosareva N., Zavadskas E.K., Dadeliene R., Algorithm of maximizing the set of common solutions for several MCDM problems and it's application for security personnel scheduling, *International Journal of Computers Communications & Control*, 9 (2), 151-159, 2014.
17. Ciritcioğlu C., Akgün S., Varlı E., Eren T., Kırıkkale Üniversitesi güvenlik görevlileri için vardiya çizelgeleme problemine bir çözüm önerisi, *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 9 (2), 1-23, 2017.
18. 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, 2018.
19. Demirovic E., Musliu N., Winter F., Modeling and solving staff scheduling with partial weighted maxSAT, *Annals of Operations Research*, 275 (1), 79-99, 2019.
20. Butt S.E., Acar I.P., Modeling independent pharmacy staff scheduling, *European International Journal of Science and Technology*, 2 (9), 101-108, 2020.
21. Özder E.H., Özcan E., Eren T., Staff task-based shift scheduling solution with an ANP and goal programming method in a natural gas combined cycle power plant, *Mathematics*, 7 (2), 192, 2019.
22. Özder E.H., Özcan E., Eren T., Sustainable personnel scheduling supported by an artificial neural network model in a natural gas combined cycle power plant, *International Journal of Energy Research*, 9 (44), 7525-7547, 2020.
23. Çavdur F., Sebatlı A., Köse Küçük M., A group-decision making and goal programming-based solution approach for the studentproject team formation problem, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 34 (1), 505-522, 2019.
24. Kat B., An algorithm and a decision support system for the panelist assignment problem: The case of TÜBİTAK, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 36 (1), 69-88, 2020.
25. Adem A., Dağdeviren M., A personnel scheduling model containing thermal comfort and equivalent metabolic rate factors, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 36 (1), 303-318, 2020.
26. Tapkan P., Özbakır L., Kulluk S., Telcioğlu B., Modelling and solving railway crew rostering problem, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 33 (3), 953-966, 2018.
27. Özcan E., Danişan T., Eren T., A hybrid model proposal for maintenance scheduling in hydropower plants, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35 (4), 1815-1828, 2020.
28. Uslu B., Bedir N., Gür Ş., Eren T., 0-1 hedef programlama yöntemi kullanılarak hemşire çizelgeleme probleminin çözümü, *Sağlık Akademisi Kastamonu*, 3 (3), 148-170, 2018.
29. Özder E.H., Özcan E., Eren T., A systematic literature review for personnel scheduling problems, *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 19 (06), 1695-1735, 2020.
30. World Health Organization. Advice for the public on COVID-19. <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public>. Yayın tarihi Ekim 13, 2020. Erişim tarihi Aralık 20, 2020.

