



# Journal of Turkish Operations Management

## Ekip çizelgeleme problemi: Filyasyon ekibi çizelgeleme

Müberra Koçak<sup>1</sup>, Feyzanur Calku<sup>2</sup>, Merve Gündaş<sup>3</sup>, Zümra Poyraz<sup>4</sup>, Emre Yazıcı<sup>5</sup>, Hacı Mehmet Alakaş<sup>6\*</sup>

<sup>1</sup> Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale  
e-mail: muberrakocak@gmail.com, ORCID No: <http://orcid.org/0000-0002-2096-0127>

<sup>2</sup> Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale  
e-mail: feyzacalku@gmail.com, ORCID No: <http://orcid.org/0000-0002-1673-2981>

<sup>3</sup> Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale  
e-mail: gundas.mrv@gmail.com, ORCID No: <http://orcid.org/0000-0003-0591-2597>

<sup>4</sup> Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale  
e-mail: zmrpyrz@gmail.com, ORCID No: <http://orcid.org/0000-0002-4742-2134>

<sup>5</sup> Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale  
e-mail: emreyazici92@hotmail.com, ORCID No: <http://orcid.org/0000-0002-3661-2119>

<sup>6</sup> Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale  
e-mail: hmalagas@kku.edu.tr, ORCID No: <http://orcid.org/0000-0002-9874-7588>

\*Sorumlu Yazar

### Makale Bilgisi

#### Makale Geçmişi:

Geliş:  
13.04.2022  
Revizyon:  
28.07.2022  
Kabul:  
26.08.2022

#### Anahtar Kelimeler:

Filyasyon,  
Ekip Çizelgeleme,  
Personel Çizelgeleme,  
0-1 Tamsayı Programlama  
Hedef Programlama

### Özet

Teknik alanda yıllardır kullanılan filyasyon kelimesi pandemi sürecinde sıkça kullanılarak günlük hayatımızda yerini almıştır. Filyasyon, bulaşıcı hastalık görüldüğünde koruma ve kontrol önlemlerinin alınması amacı ile hastalığı taşıyan kişinin tespiti ve temas ettiği herkesin o hastalık açısından taranması için yapılan bütün çalışmalardır. Pandemi sürecinde yürütülen filyasyon çalışmaları ile pandemi seyrinin kontrol altına alınması amaçlanmaktadır. Bu süreçte iş yükü en çok artan meslek gruplarının başında filyasyon ekipleri gelmektedir. Bu sürecin en az hasarla en kısa zamanda atlatılabilmesi, filyasyon çalışmalarının etkili ve doğru bir biçimde yürütülebilmesi ve filyasyon ekibinde görev alan personellerin hem kişisel yaşamlarını hem de vermiş oldukları sağlık hizmetini verimli bir şekilde devam ettirebilmek için etkin bir ekip çizelgesine ihtiyaç vardır. Yapılan çalışmada, Kırıkkale iline bağlı bir ilçede yürütülen filyasyon çalışmalarında görev alan 15 personelin çizelgenmesi ele alınmıştır. Oluşturulan matematiksel modelde iki hedef kısıtı bulunmaktadır. Birinci hedef kısıtı: Tüm personellerin çalıştıkları toplam gün sayısı birbirine eşit olmalıdır. İkinci hedef kısıtı: Her personelin hafta sonu çalıştıkları toplam gün sayısı birbirine eşit olmalıdır. Matematiksel model ILOG CPLEX Studio IDE optimizasyon paket programına ilgili verilerin girilmesi ile çözülmüştür. Elde edilen çözümde amaç fonksiyonu değeri 3 olarak bulunmuştur. Mümkün olduğunca adil ve dengeli bir çizelge elde edilmiştir.

## Crew scheduling problem: Filiation crew scheduling

### Article Info

#### Article History:

Received:  
13.04.2022  
Revised:  
28.07.2022  
Accepted:  
26.08.2022

#### Keywords:

Filiation,  
Team Scheduling,  
Personnel Scheduling,  
0-1 Integer Programming,  
Goal Programming

### Abstract

The word filiation, which has been used in the technical field for years, has been used frequently during the pandemic process and has taken its place in our daily lives. Filiation is all the work done to detect the person who has the disease and to screen everyone he comes in contact with for that disease to take protection and control measures when an infectious disease is seen. The filiation studies carried out during the pandemic process, it is aimed to control the course of the pandemic. In this process, filiation teams are at the forefront of the occupational groups whose workload has increased the most. There is a need for an effective team schedule to get through this process as soon as possible with the least damage, to carry out the filiation work effectively and correctly, and to continue the personal lives of the personnel working in the filiation team, as well as the health services they have provided. In the study, the scheduling of 15 personnel who took part in the filiation studies carried out in a district of Kırıkkale province was discussed. There are two target constraints in the mathematical model created. First target constraint: The total number of days worked by all personnel must be equal. Second target constraint: The total number of days each employee worked on the weekend should be equal. The mathematical model is solved by entering the relevant data into the ILOG CPLEX Studio IDE optimization package program. In the solution obtained, the objective function value was found to be 3. A fair and balanced schedule has been achieved as much as possible.

## 1. Giriş

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından yapılan tanıma göre nüfusun daha önce maruz kalmadığı bir hastalığın ortaya çıkması, hastalık etkeninin insanlara bulaşması ve tehlikeli bir hastalığa neden olması ve insanlar arasında da hızlı ve kolay bir biçimde yayılması durumu pandemiye oluşturmaktadır.

COVID-19 pandemisinin kontrol altına alınabilmesi amacıyla çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Filyasyon, bu çalışmaların başında gelmektedir ve kritik öneme sahiptir. Fransızca'da köken alma anlamında kullanılan bu terim, pandemiden önce bulaşıcı hastalıklarda hastalığın kaynağın araştırılmasını ifade etmek amacıyla kullanılmıştır. Pandemide ise filyasyon, enfekte kişilerin temaslarını tespit etme ve bu kişilerin hastalık açısından incelenmesi çalışmalarını ifade etmektedir.

Pandemi ile mücadelede ülkelerin sağlık sistemlerinin kapasitesi önemli bir faktördür. Bu mücadelenin en önemli unsuru, rutin sağlık hizmetlerine devam ederken bir taraftan da pandemiye yönelik hizmetlerde aktif görev alan sağlık personelleridir. Personellerin verimli çalışabilmek için etkin bir çalışma çizelgesine ihtiyaçları vardır.

Çizelgeleme, belirli hedefleri yerine getirebilmek amacı ile mevcut kısıtları da göz önünde bulundurarak makine, personel ve zaman gibi sınırlı kaynakların istenen işlere atanması işlemidir. (Bahçel, 2022). Literatürde sağlık alanı dışında eğitim, ulaşım, lojistik ve savunma sanayi gibi sektörlerde de birçok çizelgeleme çalışması bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde uzun mesai saatlerinin personellerin fiziksel ve psikolojik olarak olumsuz yönde etkilemesi, personelin verdiği hizmetin niteliğine de yansıtacağından dolayı mümkün olduğunca adil ve dengeli çizelgeler oluşturularak personel ve müşteri memnuniyetinin sağlanması hedeflenmektedir.

Bu çalışmada literatürde ele alınan sağlık personeli çalışmalarından farklı olarak filyasyon ekiplerinin oluşturulması ve çizelgelenmesi ele alınmıştır. Çalışma kapsamında Kırıkkale'nin bir ilçesi için filyasyon ekipleri oluşturulmuş ve ekiplerin mart ayı çalışma çizelgesi hazırlanmıştır. Bu çalışmada hedef programlama yöntemi kullanılarak oluşturulan matematiksel model ile filyasyon ekipleri için etkin bir çizelge oluşturularak ekiplerin daha verimli çalışabilmesi bu sayede hem vakaların düzenli takibi yapılarak pandemi seyrinin kontrol altına alınmasına katkı sağlanması hem de gerekli minimum personel ile çalışmaların verimli yürütülmesi sonucunda ekonomik açıdan fayda sağlanması hedeflenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde literatürde yer alan çalışmalardan bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde personel çizelgeleme problemi anlatılmıştır. Dördüncü bölümde matematiksel programlama modeli hakkında bilgi verilmiştir. Beşinci bölümde problemin çözümüne ilişkin uygulamaya yer verilmiştir. Son bölüm olan Altıncı bölümde ise yapılan çalışmanın sonuçlarına yer verilmiş ve gelecekte yapılabilecek çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

## 2. Literatür taraması

Literatürde, bir işi birden fazla çalışanın aynı anda yapma gerekliliği bazı çalışmalarda eş zamanlılık olarak ele alınmaktadır. Bu durum, ekip oluşturma gerekliliğini beraberinde getirmektedir (Kutayer Bilgin, Yücel ve Kuyzu, 2018). Filyasyon ekibinde görev alan personellerin çizelgelenmesi personel çizelgeleme problemleri arasında yer almaktadır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde personel çizelgeleme problemlerinde hedef programlamanın çok fazla tercih edilen bir yöntem olduğu görülmüştür.

İpekçi Çetin, Kuruüzüm ve Irmak (2008), çalışmalarında küme bölme modeli formunda ifade edilen ekip eşleştirme probleminin tamsayılı programlama ile çözümünü MATLAB programında gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada uygulamanın ikinci kısmını oluşturan ve ekip eşleştirme sonuçlarının girdi olarak kullanıldığı ekip atama problemini küme bölme modeline dönüştürüp tamsayılı programlama yöntemiyle çözmüşlerdir.

Çankaya ve Arıkan (2009), yaptıkları çalışmada ekip çizelgeleme probleminin çözümünde değişkenlerin dinamik olarak üretildiği sütun oluşturma algoritmasını kullanmışlardır. Ana problemi küme kapsama problemi, alt problemi ise en kısa yol problemi olarak formüle etmişlerdir ve başlangıç eşleştirmesi bir doğrusal programlama modeli kullanılarak oluşturulmuştur. Ana problem, alt problem ve başlangıç eşleştirmelerini oluştururken kullanılan model bütünleşik olarak GAMS optimizasyon programında kodlanmış ve çözmüşlerdir. Algoritmayı özel bir havayolu şirketinden alınan verilere uygulamışlar ve optimal ekip çizelgeleri oluşturmuşlardır.

Danış Öncül (2012), yaptığı bu çalışmada hafif-raylı sistemler için tarife oluşturma ve ekip atama problemlerinin birlikte çözülmesi amacıyla yeni bir model önerisinde bulunmuştur. Yöntem olarak karışık tamsayılı programlamayı kullanmış olup çalışmada sunulan modellerin doğruluğunun onaylanmasını, gerçek hayattan alınan verilerle CPLEX algoritması kullanarak gerçekleştirmiştir.

Üstündağ (2014), yaptığı çalışmada ekip çizelgeleme problemini sütun oluşturma algoritması kullanarak, ekip atama problemini ise DELPHI programlama dili ile yazılan rassal atama yöntemini kullanarak çözmüştür.

Özçalıcı (2016), çalışma kapsamında Kilis 7 Aralık Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi bahar döneminde yapılan ara sınavlarına gözetmen atama problemini ele almıştır. Atamayı gerçekleştirmek için Microsoft Excel çalışma sayfası kullanmayı önermiştir. Literatürdeki tek çalışma olma özelliği taşımaktadır.

Özder, Varlı ve Eren (2017), bu çalışmada bir üniversite hastanesindeki 70 temizlik personelinin 1 aylık çizelge planını oluşturmuşlardır. Hedef programlama ile kurulan matematiksel modelin çözümü ILOG CPLEX Studio IDE Optimizasyon programı ile elde edilmiştir.

Kutayer Bilgin ve diğ. (2018), çalışmasında birden fazla konumda, farklı önceliklere sahip ve farklı yetenek ihtiyaçları olan işler için en uygun teknisyen ekibinin ve sıralı iş listelerinin optimal bir şekilde belirlenmesi probleminin söz etmiştir. İlk olarak problemin matematiksel modeli kurulmuştur. Problem boyutunun büyüme durumu için ise üç aşamalı bir sezgisel yöntem geliştirmiştir.

Koçtepe, Bedir, Eren ve Gür (2018), yaptıkları çalışmada bir Bölge Bayii Toplantı Organizasyonu personellerini yetkinliklerine göre çizelgelemişlerdir. Modeli kurmak için 0-1 tam sayılı programlama kullanılmış 7 gün, 2 vardiya ile 80 personelin yer aldığı organizasyonun çizelgelemesi gerçekleştirilmiştir.

Üzülmez, Ateş ve Çalışkan (2018), yaptıkları çalışmada satır ve sütun yaklaşımı, şebeke yaklaşımı, yapısal sezgiseller ve matematiksel programlama gibi yöntemler kullanılarak özel bir hava kargo işletmesinde en az uçuş saatine sahip olan ekibin yeni rotalarının başlangıç noktasına gelmesi durumunda yeni uçuş atayacak ve uçuşun hangi ekip ile gerçekleşeceğini gösteren bir program geliştirmişlerdir. Bu programın geliştirilmesinde MATLAB programı kullanılmıştır.

Yelek, Demirel, Alağaç ve Eren (2018), yaptıkları çalışmada Kırıkkale Üniversitesi Merkez Kütüphanesinde kısmi zamanlı olarak çalışan öğrenciler için bir aylık vardiya çizelgesi oluşturmayı amaçlamışlardır. Çizelge oluşturulurken öğrencilerin özel istekleri göz önünde bulundurularak, problem hedef programlama yöntemi ile çözülmüştür.

Eren, Özder, Alakaş ve Özcan (2019), çalışmalarında bir üniversite kampüsündeki 3 vardiya ile çalışan 75 güvenlik personelinin çizelgesini planlamışlardır. Modeli oluşturmada kısıt programlama yöntemi kullanarak ILOG CPLEX Studio IDE Optimizasyon programı ile çözümünü gerçekleştirmişlerdir. Bu modelin personel tercihlerini dikkate alması ve personeli eşit vardiyalara ataması önemli özelliklerindedir.

Kaçmaz, Alakaş ve Eren (2020), yaptıkları çalışmada imalat sektöründeki bir fabrikanın ergonomik personel çizelgeleme problemini ele almışlardır. Personellerin çalışma anındaki pozisyonlarının analizi REBA yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bunun dışında hedef programlama yöntemi kullanılarak oluşturulan modelin çözümü ILOG CPLEX Studio IDE ile gerçekleştirilmiştir.

Koçtepe, Alakaş, Gür ve Eren (2019), çalışma kapsamında bir basketbol karşılaşması organizasyonundaki personellerin çizelge planını oluşturmuşlardır. Personel yetkinlikleri göz önüne alınarak ve 0-1 tam sayılı programlama yöntemi kullanılarak 120 personel için 2 gün 2 vardiyalı bir çizelge elde edilmiştir.

Cürebal, Koçtepe ve Eren (2020), çalışmalarında önemli bir turistik bölgede tanıtım amacıyla yürütülen 15 gün sürecek bir etkinliğin personel çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Etkinlikte 84 personelin 6 görev için atamaları yapılmıştır. Görevlerin önceliklendirilmesinde Analitik Hiyerarşi Prosesi yönteminden yararlanılmış olup daha sonra hedef programlama yönteminden de yararlanılarak personel yetkinlikleri ve görev önem derecelerini dikkate alan bir matematiksel programlama modeli kurulmuştur.

Çavdur, Bağlarbaşı Mutlu ve Sebatlı Sağlam (2020), çalışmalarında öğrenci-proje takımı oluşturma problemi için kullanılabilecek bir karar destek sistemi uygulaması geliştirmişlerdir. Çalışmada tamsayı programlama yöntemi kullanılmıştır. Geliştirilen karar destek sistemi akademik bir kurumda uygulanmıştır.

Pınarbaşı ve Alakaş (2020), orta gerilim sigorta üretimi yapan bir işletmede görev alan personellerin, mümkün olduğu kadar maksimum sayıda görevde çalıştırılması problemi üzerinde durmuşlardır. Problemin matematiksel modelini kurup, kurulan modeli MS Excel çalışma sayfası ve çözücü aracı yardımı ile çözüme ulaştırmışlardır.

Cürebal (2021), çalışmasında üretim sektöründe 7/24 faaliyet gösteren bir kuruluştaki mavi yakalı personellerin 30 günlük atama ve çizelgeleme problemini ele almıştır. Mevcut verilerden yararlanılarak, ele alınan problemler için değişken verilere de hızlı ve doğru cevaplar verebilecek personel atama ve çizelgeleme karar destek sistemi tasarlanmıştır. Çalışma kapsamında 6 farklı problem ele alınmış olup Analitik Hiyerarşi Prosesi, TOPSIS, karma tamsayı doğrusal programlama ve önceliklendirilmiş hedef programlama yöntemleri kullanılmıştır.

Danışman (2021), çalışmasında TODIM ve SWARA yöntemlerini birlikte kullanarak ekip atama probleminin çözümünü ele almıştır. TODIM yönteminde kullanılacak kriterler savunma sanayi sektöründe çalışan uzmanlar tarafından belirlendikten sonra bu kriterlerin ağırlıklandırılması SWARA yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda kriterler arasında en önemlisinin takım çalışmasına yatkınlık ve en önemsiz kriterin çalışma ortamına uyum kriterinin olduğunu görmüştür.

Eren, Koçtepe ve Cürebal (2021), yaptıkları çalışmada bir akaryakıt şirketinin 10 farklı istasyonunda görev alacak 40 personelin ataması ve çizelgelenmesi problemi üzerinde durmuşlardır. Ele alınan problemin çözümünde hedef programlama yöntemi kullanılmıştır.

Supçiller ve Erbilek (2021), çalışmalarında bir üniversite merkez kütüphanesinde kısmi zamanlı olarak çalışan 42 öğrenci için personel çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Çizelge hazırlanırken öğrencilerin haftalık ders programları dikkate alınmıştır. Problem çözümünde hedef programlama ve Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemleri kullanılmıştır.

Yurdakul, Alakaş ve Eren (2021), Ankara Eğitim Araştırma Hastanesi Evde Sağlık Hizmetleri Biriminde çalışan 11 personelin iş yükünün minimize edilmesini amaçlayan bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında farklı görevlere sahip olan personellerden ekipler oluşturulmuştur.

Literatürde incelenen çalışmalara ait özet bilgiler Tablo 1’de yer almaktadır.

**Tablo 1.** Literatür çalışmaları

Yazar (Yıl)	Problem Tipi	Uygulama Alanı	Yöntemler	
			0-1 TP	0-1 HP
İpekçi Çetin ve diğ. (2008)	Ekip Çizelgeleme	Havayolu	✓	
Çankaya ve Arıkan (2009)	Ekip Çizelgeleme	Havayolu		
Danış Öncül (2012)	Tarife hazırlama ve Ekip Atama	Demiryolu		
Üstündağ (2014)	Ekip Çizelgeleme ve Ekip Atama	Demiryolu		
Özçalıcı (2016)	Personel Atama	Eğitim	✓	
Özder ve diğ. (2017)	Personel Çizelgeleme	Kamu		✓
Kutayer Bilgin ve diğ. (2018)	Ekip Oluşturma, Çizelgeleme ve Rotalama	Hizmet		
Koçtepe ve diğ. (2018)	Personel Çizelgeleme	Organizasyon	✓	
Üzülmez ve diğ. (2018)	Ekip Planlama ve Ekip Rotasyon Optimizasyonu	Lojistik		
Yelek ve diğ. (2018)	Personel Çizelgeleme	Eğitim		✓
Eren ve diğ. (2019)	Vardiya Çizelgeleme	Hizmet		✓
Koçtepe ve diğ. (2019)	Personel Çizelgeleme	Organizasyon	✓	
Cürebal ve diğ. (2020)	Personel Çizelgeleme	Organizasyon		✓
Çavdur ve diğ. (2020)	Takım Oluşturma	Eğitim	✓	
Kaçmaz ve diğ. (2020)	Ergonomik Personel Çizelgeleme	Üretim		✓
Pınarbaşı ve Alakaş (2020)	Personel Görev Çizelgeleme	Üretim	✓	
Cürebal (2021)	Personel Atama ve Çizelgeleme	Üretim		✓
Danışman (2021)	Ekip Atama	Savunma Sanayi		
Eren ve diğ. (2021)	Personel Çizelgeleme	Organizasyon		✓
Supçiller ve Erbilek (2021)	Personel Çizelgeleme	Eğitim		✓
Yurdakul ve diğ. (2021)	Araç Rotalama ve Ekip Çizelgeleme	Sağlık	✓	

### 3. Personel çizelgeleme

Personel çizelgeleme, personellerin gereksinim ve tercih gibi kısıtlarını göz önüne alarak çalışma zamanlarını belirleyen bir çizelgeleme türüdür. Amacı işgücü gereksiniminin en doğru yer ve zamanda karşılanabilmesi için personeli en uygun yere atayarak çizelgelemektir (Supçiller ve Erbilek, 2021). Personelin etkin bir şekilde çizelgelenmesi oldukça zor bir iştir. Bu iş doğru bir şekilde yerine getirilemediğinde personel eksikliği veya fazlalığı ile karşı karşıya kalınabilmektedir. İşletmelerde personel eksikliği olması durumunda personel maliyetleri ile hizmet kalitesinde de bir düşme; personel fazlalığı olması durumunda ise personel maliyetleri ile gereksiz kaynak kullanımında da bir artış gözlenmektedir (Seçkiner, Kılıç ve Kurt, 2004).

Personel çizelgeleme, üretim sektöründe personel çizelgeleme ve hizmet sektöründe personel çizelgeleme olmak üzere iki ana başlıkta ele alınmaktadır. Personel çizelgeleme uygulama alanlarından bazıları şu şekilde sıralanabilir: sağlık hizmeti sistemleri, çağrı merkezleri, üretim sistemleri, ulaşım sistemleri.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde personel çizelgeleme üzerine en çok örneği görülebilecek konu sağlık alanındaki çizelgelenmelerdir. Bu alandaki temel girdinin insan olması ve bu alanın insan hayatını etkilemesi sebebiyle verilen hizmetin niteliği son derece önemlidir. Bu nedenle çalışan personellerin işlere en iyi şekilde atanmasıyla memnuniyeti artırarak maksimum verim elde etmenin yanında maliyetlerin minimizasyonu da sağlanabilmektedir (Varlı, Ergişi ve Eren, 2017).

Personel çizelgeleme problemlerinin çözümünde dikkat edilmesi gereken durumlar ve koşullar bulunmaktadır. Bu durumlar ve koşullar problemin çözümünü sınırlayarak problemi karmaşık bir hale getirmektedir. Karmaşık problemlerin çözümünde matematiksel programlama modellerinin kullanılması optimal bir çözüm elde edilmesine yardımcı olmaktadır. Gerekli personel sayısının belirleneceği bir model kurulması durumunda sonucun sürekli olması uygulanabilirlikte sorunlar yaratacağından matematiksel modelde değişkenlerin tam sayı olma kısıtı eklenmelidir.

### 4. Hedef programlama

Hedef Programlama (HP), üretim ve işgücü planlamadan finansal planlamaya kadar çeşitli alanlarda birden fazla amacın gerçekleştirilebilmesi için kullanılan bir yöntemdir. Amaç, karar vericinin isteğidir, bu amacın gerçekleştirilmesi için sağlanması gereken kesin ifade de hedef olarak adlandırılmaktadır. Bu yöntem ile sistemdeki tüm kısıtların mümkün olduğunca hedeflere ulaşması amaçlanmaktadır. Hedeflerin istenilen şekilde gerçekleşmemesi halinde hedeflerden pozitif ve negatif yöndeki istenmeyen sapmaların minimizasyonu sağlanır. Çözümlerde elde edilen sonuçlar bazen hedeflenen değeri karşılayamayabilir. Bu nedenle sonucun olabildiğince karar vericileri tatmin etmesi gerekmektedir.

HP, doğrusal programlamanın özel bir hali olarak kabul edilmektedir ve ilk defa doğrusal HP olarak 1961 yılında Charnes ve Cooper tarafından geliştirilmiştir. Doğrusal programlamaya ek olarak kullanılan bazı tanımlar şu şekildedir:

Amaç: Karar vericinin isteğini ifade eder.

Hedef: Karar vericinin isteği doğrultusunda belirlenen amaç için gerçekleştirilmesi istenen kesin ifadedir.

Hedef Kısıtları: Karar vericinin gerçekleştirmek istediği hedefler, hedef kısıtları olarak adlandırılmaktadır. Hedef kısıtlarının sağlanması sistem kısıtlarının gerçekleşmesinden sonra gelmektedir. Bu kısıtlar esnek kısıtlar olduğu için bazı durumlarda ihlal edilmesi söz konusu olabilir. Hedef kısıtlarının ihlal edilmesi ile ortaya çıkan sapmalar ayrı birer değişken olarak ele alınmaktadır. Bu değişkenler sapma değişkenleri olarak adlandırılmaktadır.

Sapma Değişkenleri: Oluşturulan matematiksel modelde sadece hedef kısıtları ve amaç fonksiyonunda yer alan sapma değişkenleri, karar vericinin gerçekleştirmek istediği hedefin aşılması ve altında kalınması durumunu göstermektedirler. Modelde yer alan her bir hedef için birer pozitif sapma değişkeni ve birer negatif sapma değişkeni tanımlanmaktadır. Sapma değişkenleri hiçbir zaman negatif değer almazlar, ayrıca belirlenen hedef için aşılma ve altında kalma durumlarından yalnızca bir tanesi gerçekleşebileceği için sapma değişkenlerinden biri daima sıfır değerini almaktadır.

Pozitif Sapma Değişkeni: Karar vericinin gerçekleştirmek istediği hedefin ne kadar aşıldığını gösteren sapma değişkenidir.

Negatif Sapma Değişkeni: Karar vericinin gerçekleştirmek istediği hedefin ne kadar altında kaldığını gösteren sapma değişkenidir.

HP matematiksel gösterimi aşağıdaki gibidir:

HP karar değişkenleri:

$x_j$  : j. Karar değişkeni

$d_i^+$  : i. hedefin pozitif sapma değişkeni

$d_i^-$  : i. hedefin negatif sapma değişkeni

HP parametreleri

$a_{ij}$  : i. hedefin j. karar değişkeni katsayısı

$b_i$  : i. hedef için ulaşılmak istenen değer

HP amaç fonksiyonu:

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

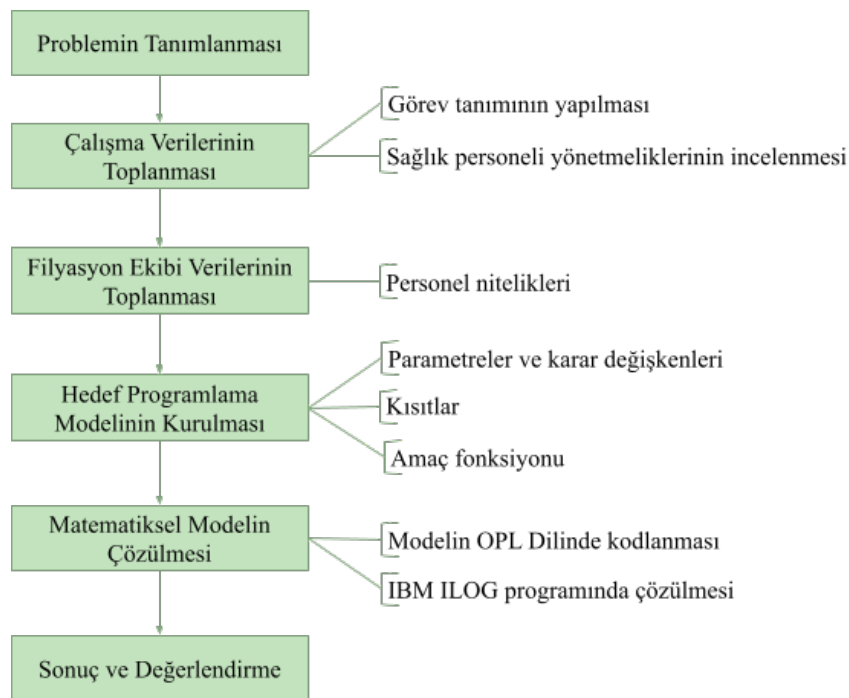
HP Kısıtları:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j + d_i^+ + d_i^- = b_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$x_j, d_i^+, d_i^- \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

**5. Uygulama**

Bu çalışmada filyasyon ekiplerinde görev alan personeller için dengeli atama yapılması ve adil bir çizelgeleme oluşturulması amaçlanmaktadır. Bu amaçla hazırlanan çalışmaya ait uygulamaya ait akış şeması Şekil 1'de yer almaktadır.



Şekil 1. Uygulama Akış Şeması

**5.1 Problemin tanımlanması**

Pandemi seyrinin kontrol altına alınabilmesinde doğru ve etkili bir biçimde yürütülen filyasyon çalışmalarının katkısı çok büyüktür. Bu çalışmada, Kırıkkale iline bağlı bir ilçede yürütülen filyasyon çalışmalarında görev alan 6 erkek, 9 kadın olmak üzere toplam 15 personel için yetkinliklerin de dikkate alındığı ve çalışılan toplam gün sayısının mümkün olduğunca eşit olduğu bir çalışma çizelgesi oluşturmak amacıyla personel çizelgeleme problemi ele alınmıştır.

## 5.2 Verilerin toplanması

- Filyasyon ekipleri 7 gün 24 saat çalışma düzeninde hizmet vermektedir.
- Personeller tek vardiya sisteminde çalışmaktadır, vardiya süresi 24 saattir.
- Her personel 24 saatlik çalışmanın ardından 72 saatlik izinli olmalıdır.
- Ekipler en az 3 kişiden oluşmalıdır.
- Her ekipte en az 1 sürücü, en az 1 erkek ve 1 kadın personel, en az 1 aşı yetkilisi ve 1 filyasyon yetkilisi bulunmalıdır.
- Personel verileri ilgili ekipte yer alan personel aracılığı ile alınmış ve bu düzende numaralandırılmıştır. Tablo 2'de bu veriler yer almaktadır.

**Tablo 2.** Filyasyon ekibi personel bilgileri

Personel No	Sürücü	Aşı Yetkilisi	Filyasyon Yetkilisi	Cinsiyet
1	✓	✓	✓	E
2	✓			E
3	✓		✓	E
4	✓		✓	E
5	✓		✓	E
6		✓	✓	E
7	✓		✓	K
8		✓	✓	K
9			✓	K
10		✓	✓	K
11		✓	✓	K
12		✓	✓	K
13			✓	K
14		✓	✓	K
15			✓	K

## 5.3 Problemin varsayımları

- Bir günlük çalışma süresi 24 saattir.
- Her personelin bir günlük çalışmanın ardından 3 gün izinli olması gerekmektedir.
- Çalışmada 2022 Mart ayı için çizelge hazırlanacak olup, çalışılan gün sayısı 31'dir.

## 5.4 Problemin parametreleri

$i$ : personel indisi

$$i = 1, 2, \dots, 15$$

$i_{surucu}$ : sürücü olarak atanabilen personeller kümesi

$$i_{surucu} = 1, 2, 3, 4, 5, 7$$

$i_{asi}$ : aşı yetkilisi olarak atanabilen personeller kümesi

$$i_{asi} = 1, 6, 8, 10, 11, 12, 14$$

$i_{filyasyon}$ : filyasyon yetkilisi olarak atanabilen personeller

$$i_{filyasyon} = 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15$$

$j$ : gün indisi

$$j = 1, 2, \dots, 31$$

$j_{hs}$ : hafta sonuna denk gelen gunler kumesi

$$j_{hs} = 5, 6, 12, 13, 19, 20, 26, 27$$

## 5.5 Problemin karar değişkenleri

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & i. \text{ personel, } j. \text{ güne atanırsa} \\ 0, & \text{dd.} \end{cases}$$

$$h_{ij} = \begin{cases} 1, & i. \text{ personel, } j. \text{ günde izinli ise} \\ 0, & \text{dd.} \end{cases}$$

### 5.5.1 Sapma değişkenleri

$d1_{ij}^-$ : i. personelin j. gün 1. hedeften negatif sapma miktarı

$d1_{ij}^+$ : i. personelin j. gün 1. hedeften pozitif sapma miktarı

$d2_{ij}^-$ : i. personelin j. gün 2. hedeften negatif sapma miktarı

$d2_{ij}^+$ : i. personelin j. gün 2. hedeften pozitif sapma miktarı

## 5.6 Problemin matematiksel modeli

### Amaç Fonksiyonu

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^{15} \sum_{j=1}^{31} (d1_{ij}^- + d1_{ij}^+) + \sum_{i=1}^{15} \sum_{j \in j_{hs}} (d2_{ij}^- + d2_{ij}^+)$$

### Kısıtlar

1. Kısıt: Ekipler en az 3 kişiden oluşmalıdır.

$$\sum_{i=1}^{15} x_{ij} \geq 3 \quad j = 1, 2, \dots, 31 \quad (4)$$

2. Kısıt: Ekipler en fazla 4 kişiden oluşmalıdır.

$$\sum_{i=1}^{15} x_{ij} \leq 4 \quad j = 1, 2, \dots, 31 \quad (5)$$

3. Kısıt: Her ekipte en az 1 sürücü bulunmalıdır.

$$\sum_{i \in i_{surucu}} x_{ij} \geq 1 \quad j = 1, 2, \dots, 31 \quad (6)$$

4. Kısıt: Her ekipte en az 1 erkek personel bulunmalıdır.

$$\sum_{i=1}^6 x_{ij} \geq 1 \quad j = 1, 2, \dots, 31 \quad (7)$$

5. Kısıt: Her ekipte en az 1 kadın personel bulunmalıdır.

$$\sum_{i=7}^{15} x_{ij} \geq 1 \quad j = 1, 2, \dots, 31 \quad (8)$$

6. Kısıt: Her ekipte en az 1 aşı yetkilisi bulunmalıdır.

$$\sum_{i \in i_{asi}} x_{ij} \geq 1 \quad j = 1, 2, \dots, 31 \quad (9)$$

7. Kısıt: Her ekipte en az 1 filyasyon yetkilisi bulunmalıdır.

$$\sum_{i \in i_{filyasyon}} x_{ij} \geq 1 \quad j = 1, 2, \dots, 31 \quad (10)$$

8. Kısıt: Her personel 1 gün çalıştıktan sonra 3 gün izinli olmalıdır.

$$x_{ij} + x_{i(j+1)} + x_{i(j+2)} + x_{i(j+3)} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, 15 \quad j = 1, 2, \dots, 28 \quad (11)$$

9. Kısıt: Her personel izinli olduğu gün çalışmamalıdır.

$$x_{ij} \leq (1 - h_{ij}) \quad i = 1, 2, \dots, 15 \quad j = 1, 2, \dots, 31 \quad (12)$$

### Hedef Kısıtları

Hedef 1: Tüm personellerin çalıştıkları toplam gün sayısı birbirine eşit olmalıdır (1 gün çalıştıktan sonra 3 gün izinli olma kısıtı nedeniyle sağ taraf değeri 8 olarak belirlenmiştir).

$$\sum_{j=1}^{31} x_{ij} + d1_{ij}^- - d1_{ij}^+ = 8 \quad i = 1, 2, \dots, 15 \quad (13)$$

Hedef 2: Her personelin hafta sonu çalıştıkları toplam gün sayısı birbirine eşit olmalıdır.

$$\sum_{j \in j_{hs}} x_{ij} + d2_{ij}^- - d2_{ij}^+ = 2 \quad i = 1, 2, \dots, 15 \quad (14)$$



### 5.7 Matematiksel model sonuçları

Matematiksel model ILOG CPLEX paket programına ilgili verilerin girilmesi ile çözülmüştür. Elde edilen çözümde 5., 10. ve 14. personeller mart ayında toplam 7 gün çalıştıkları için “Hedef 1: Tüm personellerin çalıştıkları toplam gün sayısı birbirine eşit olmalıdır.” kısıtında negatif sapmalar olmuş ve  $d1_{513}^-$ ,  $d1_{1011}^-$  ve  $d1_{1418}^-$  sapma değişkenleri “1” değerini almıştır. Bu nedenle amaç fonksiyonu değeri 3 olarak bulunmuştur. Tablo 3’te ILOG CPLEX ile elde edilen çizelge yer almaktadır. Filyasyon ekibinde görev alan 15 personel için oluşturulan bu çizelgede 12 personelin toplam çalışma günü sayısı birbirine eşit ve 8 olduğu için adil bir çizelgeleme yapıldığı söylenebilir.

Tablo 3. Mart ayı çalışma çizelgesi

1	Personel hafta içi atanmışsa	1	Personel hafta sonu atanmışsa
---	------------------------------	---	-------------------------------

	Personeller															Toplam Personel	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Günler	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	4
	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	4
	3	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3
	5	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	4
	6	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	4
	7	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3
	9	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	4
	10	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	4
	11	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4
	12	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3
	13	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	4
	14	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	4
	15	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4
	16	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3
	17	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	4
	18	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	4
	19	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4
	20	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3
	21	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	4
	22	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	4
	23	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4
	24	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3
	25	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	4
	26	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	4
	27	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4
	28	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3
	29	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	4
	30	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	4
	31	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4
Toplam Çalışma Günü	8	8	8	8	7	8	8	8	8	7	8	8	8	7	8		

## 6. Sonuç ve tartışma

Pandemi, daha önce maruz kalınmayan bir hastalığın ortaya çıkması, hastalık etkeninin insanlar arasında hızlı ve kolay bir biçimde yayılması durumunu ifade etmektedir. Hasta temaslarının tespit edilmesi ve bu kişilerin hastalık açısından incelenmesi çalışmaları ise filyasyon olarak tanımlanmaktadır. Filyasyon çalışmaları, salgın hastalıkların kontrol altına alınmasında ve salgınlarla mücadelede kritik bir öneme sahiptir. Bu çalışmaların doğru ve etkili bir şekilde yürütülebilmesinde personellerin rolü son derece önemlidir. Personellerin ise daha verimli çalışabilmek için etkin bir çalışma çizelgesine ihtiyaçları vardır.

Yapılan bu çalışmada Kırıkkale iline bağlı bir ilçede yürütülen filyasyon çalışmalarında görev alan 15 personelin çizelgelenmesi problemi ele alınmıştır. Problem matematiksel modeli yöneylem araştırması optimal çözüm yöntemlerinden 0-1 hedef programlama yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Hedef programlama modelinin birinci hedef kısıtı ile tüm personellerin çalıştıkları toplam gün sayısının birbirine eşit ve 8 olması, ikinci hedef kısıtı ile ise personellerin hafta sonu çalıştıkları toplam gün sayısının birbirine eşit olması amaçlanmıştır. Problem çözümünde ILOG CPLEX paket programı kullanılmış olup Mart 2022 çalışma dönemi için amaç fonksiyonu değeri 3 olan bir çizelge oluşturulmuştur. Elde edilen çizelge ile 3 personelin toplam 7 gün çalıştıkları için birinci hedefe uygun olmayan bir biçimde atandığı, 12 personelin ise her iki hedefe uygun biçimde atandığı görüldüğünden mümkün olduğunca adil bir çizelgeleme yapıldığı söylenebilir. Bu çalışma kapsamında oluşturulan matematiksel model, personel sayısı ve diğer koşulların da elverişli olması durumunda özel izin isteklerini de dikkate alacak biçimde güncellenerek personel motivasyon artışı ve buna bağlı olarak hizmet kalitesinde artış sağlanabilir.

Bu çalışmada hedef programlama modeli kullanılmıştır. Hedef programlama yönteminde hedeften sapmalardan minimizasyonunu amaçladığı için zaman sınırlı olarak yaklaşık bir çözüm değeri elde edilebilir. Ancak problem boyutunun büyümesi halinde ele alınan problemin yapısına ve boyutuna göre optimal çözüm yöntemlerinden matematiksel programlama modellerinden başka bir yöntem kullanılabilir. Çözüm süresinin önemli kriter olduğu durumlarda ise özel sezgisel yöntemler veya meta sezgisel yöntemler kullanılabilir.

İleride yapılacak çalışmalarda ekiplerin araç rotalaması yapılarak mevcut koşullar altında en uygun rota belirlenerek ulaşılmak istenen hedefe en kısa sürede ulaşılması ile hizmet kalitesinin artması ve ulaşım maliyetlerinin azaltılması sağlanabilir.

### Araştırmacıların katkısı

Çalışmada Müberra Koçak ve Merve Gündaş verilerin toplanması ve düzenlenmesi, yöntemin uygulanması ve makalenin oluşturulması işlemlerini gerçekleştirmiştir. Feyzanur Calku ve Zümra Poyraz Problemin belirlenmesi, bilimsel yayın araştırması ve yöntemin uygulanması işlemlerini gerçekleştirmiştir. Emre Yazıcı ve Hacı Mehmet Alakaş problemin çözüm yöntemlerinin belirlenmesi ve hedef programlama modelinin kurulması sürecinde çalışmaya katkı sağlamışlardır.

### Çıkar çatışması

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## Kaynaklar

- Abraham Charnes, William Wager Cooper. (1961). *Management Models and Industrial Applications of*. New York: John Wiley and Sons.
- Bahçel, H. (2022). *Sezgisel Yöntemler ve Kural Tabanlı Sistem Kullanımı ile Çoklu Sınav Oturum Çizelgeleme Probleminin Modellenmesi (Yüksek Lisans Tezi)*. Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (709382).
- Cürebal, A. (2021). *Personel Atama ve Çizelgeleme Problemi İçin Hedef Programlama Bazlı Karar Destek Sistemi Geliştirilmesi: Bir Fabrika İçin Uygulama (Yüksek Lisans Tezi)*. Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (687488).
- Cürebal, A., Koçtepe, S., & Eren, T. (2020). Tanıtım Festivalinde Personel Çizelgeleme Problemi: Bir Uygulama. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(3), 217-229. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gmbd/issue/58697/807040>
- Çankaya, G., & Arıkan, M. (2009). Sütun Oluşturma Yaklaşımı ile Bir Havayolu Ekip Çizelgeleme Uygulaması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 24(1), 43-50. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gazimmfd/issue/6679/88239>
- Çavdur, F., Bağlarbaşı Mutlu, M., & Sebatlı Sağlam, A. (2020). Öğrenci-Proje Takımı Oluşturma Problemi İçin Bir Karar Destek Sistemi Uygulaması. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 25(1), 485-500. doi: <https://doi.org/10.17482/uumfd.537826>
- Danış Öncül, S. (2012). *Hafif Raylı Sistemlerde Tarife Oluşturma ve Ekip Atama Problemlerinin Bütünleştirilmesi (Doktora Tezi)*. Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (323705).
- Danışman, O. (2021). *Ekip Atama Probleminin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi)*. Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (659587).
- Eren, T., Koçtepe, S., & Cürebal, A. (2021). Hedef Programlama Yöntemi ile Akaryakıt İstasyonları Tanıtımı için Personel Çizelgeleme Problemi. *Politeknik Dergisi*, 1-1. doi: <https://doi.org/10.2339/politeknik.796136>
- Eren, T., Özder, E. H., Alakaş, H. M., & Özcan, E. (2019). Kısıt Programlama Yaklaşımıyla Güvenlik Personeli Çizelgeleme Probleminin Çözümü. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 4, 16-25. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/humder/issue/47643/497848>
- İpekçi Çetin, E., Kuruüzüm, A., & Irmak, S. (2008). Ekip çizelgeleme probleminin küme bölme modeli ile çözümü. *Journal of Aeronautics and Space Technologies*, 3(4), 47-54. Erişim adresi: <https://jast.hezarfen.msu.edu.tr/index.php/JAST/article/view/193>
- Kaçmaz, S. Ö. , Alakaş, H. M. & Eren, T. (2020). Ergonomic Staff Scheduling Problem with Goal Programming in Glass Industry . *Journal of Turkish Operations Management*, 4 (1), 369-377. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jtom/issue/56013/727142>
- Koçtepe, S., Alakaş, H. M., Gür, Ş. & Eren, T. (2019). Basketbol Karşılaşmasında Görevli Organizasyon Personellerinin 0-1 Tam Sayılı Programlama Yöntemi ile Çizelgelenmesi . *Başkent Üniversitesi Ticari Bilimler Fakültesi Dergisi* , 3 (2), 44-53. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jcsci/issue/49447/589097>
- Koçtepe S., Bedir N., Eren T., Gür Ş. (2018). Organizasyon Görevlileri İçin Personel Çizelgeleme Probleminin 0-1 Tam Sayılı Programlama İle Çözümü. *Ekonomi, İşletme ve Yönetim Dergisi*, 2(1), 25-46. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jebm/issue/37394/441275>
- Kutayer Bilgin, G., Yücel, E. & Kuyzu, G. (2018). Öncelik Seviyelerine Sahip Çoklu Yetenek Gerektiren İşler için Ekip Oluşturma, Çizelgeleme ve Rotalama. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 20 (60), 930-945. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/deumffmd/issue/42696/514763>
- Özçalıcı, M. (2016). Sınavlara Gözetmen Atama Problemlerinin Çalışma Sayfaları ile Optimizasyonu. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(3), 103-114. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/niguiibfd/issue/24557/260074>
- Özder E. H., Varlı E, Eren T. (2017), Hedef Programlama Yaklaşımı İle Temizlik Personeli Çizelgeleme Problemi İçin Bir Model Önerisi, *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 114-127. doi: <https://doi.org/10.31466/kfbd.342344>
- Pınarbaşı, M., & Alakaş, H. M. (2020). Personel Görev Çizelgeleme Problemi İçin Bir Excel Çözücü Modeli: Orta Gerilim Sigorta Üretimi Uygulaması. *International Journal of Engineering Research and Development*, 12(2), 729-744. doi: <https://doi.org/10.29137/umagd.721797>

- Seçkiner, S. U., Kılıç, E., & Kurt, M. (2004). Personel Çizelgelemede Bazı Pratik Sezgiseller. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 3(2), 50-71. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/khosbd/issue/19239/204424>
- Supçiller, A. A., & Erbilek, P. (2021). Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Hedef Programlama ile Bir Üniversite Kütüphanesindeki Kısmi Zamanlı Personellerin Çizelgelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(1), 1-12. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/pajes/issue/60238/876111>
- Üstündağ, Y. (2014). Ekip Çizelgeleme Problemi. *Demiryolu Mühendisliği*, 1, 72-83. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/demiryolu/issue/35060/450170>
- Üzülmez, M., Ateş, S. S., & Çalışkan, A. (2018). Havayolu Operasyonlarında Uçucu Ekip Planlama ve Ekip Rotasyon Optimizasyonu: Bir Hava Kargo İşletmesinde Uygulama. *Turkish Studies*, 13(18), 1343-1356. Doi: <http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.14003>
- 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. doi: <https://doi.org/10.18070/erciyesiibd.323910>
- Yelek, A., Demirel, B., Alağaç, H. M., & Eren, T. (2018). Kısmi Zamanlı Çalışan Personellerin Çizelgelenmesi: Kırıkkale Üniversitesi Merkez Kütüphanesi Örneği. *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(2), 313-330. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kusbd/issue/38953/365786>
- Yurdakul, K., Alakaş, H. M., & Eren, T. (2021). Evde Sağlık Hizmetlerinin Planlanması: Araç Rotalama ve Ekip Çizelgeleme. *Journal of Turkish Operations Management*, 5(2), 703-720. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jtom/issue/67597/896608>