

JAR - 7 / 1

E-ISSN: 2687-3338

FEBRUARY 2025



**JOURNAL OF**  
**AVIATION**  
**RESEARCH**

**HAVACILIK ARAŞTIRMALARI DERĐİSİ**





**JOURNAL OF**  
**AVIATION**  
**RESEARCH**

**HAVACILIK ARAŞTIRMALARI DERĐİSİ**

**7 / 1**



JOURNAL OF  
**AVIATION  
RESEARCH**

HAVACILIK ARAŞTIRMALARI DERĐİSİ

Yılda iki sayı olarak yayımlanan uluslararası hakemli,  
açık erişimli ve bilimsel bir dergidir.

Cilt: 7  
Sayı: 1  
Yıl: 2025

2019 yılından itibaren yayımlanmaktadır.

© Telif Hakları Kanunu çerçevesinde makale sahipleri ve  
Yayın Kurulu'nun izni olmaksızın hiçbir şekilde  
kopyalanamaz, çoğaltılamaz. Yazıların bilim,  
dil ve hukuk açısından sorumluluğu  
yazarlarına aittir.

Elektronik ortamda yayımlanmaktadır.  
<https://dergipark.org.tr/jar>  
Ulaşmak için tarayınız:

This is a scholarly, international, peer-reviewed, open-access  
journal published international journal published twice a year.

Volume: 7  
Issue: 1  
Year: 2025

Published since 2019.

© The contents of the journal are copyrighted and may not  
be copied or reproduced without the permission of the  
publisher. The authors bear responsibility for the  
statements or opinions of their  
published articles.

This journal is published digitally.  
<https://dergipark.org.tr/jar>  
Scan for access:



**Yazışma Adresi:**  
Süleyman Demirel Üniversitesi  
Sivil Havacılık Yüksekokulu Müdürlüğü  
Keçiborlu / Isparta - Türkiye

**E-Posta:**  
[journalofaviationresearch@gmail.com](mailto:journalofaviationresearch@gmail.com)

**Telefon:**  
+90 246 211 85 00

**Dahili:**  
8505

**Correspondence Address:**  
Süleyman Demirel University  
Directorate of Civil Aviation School  
Keçiborlu / Isparta - Türkiye

**E-Mail:**  
[journalofaviationresearch@gmail.com](mailto:journalofaviationresearch@gmail.com)

**Telephone:**  
+90 246 211 85 00

**Ext:**  
8505



# JOURNAL OF AVIATION RESEARCH

HAVACILIK ARAŞTIRMALARI DERGİSİ

## Yayın Sahibi

Doç. Dr. İnan Eryılmaz

## Baş Editör

Doç. Dr. İnan Eryılmaz

## Editör Kurulu

Doç. Dr. İnan Eryılmaz  
Doç. Dr. Deniz Dirik  
Doç. Dr. Yasin Şöhret  
Dr. Öğr. Üyesi Şener Odabaşoğlu  
Dr. Öğr. Üyesi Leyla Adiloğlu Yalçinkaya  
Dr. Tamer Saraçyakupoğlu  
Doç. Dr. Vahap Önen  
Doç. Dr. Gökhan Tanrıverdi

## Dil Editörleri

Doç. Dr. Deniz Dirik  
Doç. Dr. Tuğba Erhan

## Mizanpaj Editörü

Dr. Öğr. Üyesi Rıza Gürler Akgün

## Yayın ve Danışma Kurulu

Prof. Dr. Cem Harun Meydan  
Prof. Dr. Dukagjin Leka  
Prof. Dr. Ender Gerede  
Prof. Dr. Ferhat Kolbakır  
Prof. Dr. Osman Ergüven Vatandaş  
Doç. Dr. Akansel Yalçinkaya  
Doç. Dr. Asena Altın Gülova  
Doç. Dr. Burcu Güneri Çangarlı  
Doç. Dr. Engin Kanbur  
Doç. Dr. Eyüp Bayram Şekerli  
Doç. Dr. Ferhan Sayın  
Doç. Dr. Florina Oana Virlanuta  
Doç. Dr. Güler Tozkoparan  
Doç. Dr. Hakkı Aktaş  
Doç. Dr. Mehmet Kaya  
Doç. Dr. Önder Altuntaş  
Doç. Dr. Özgür Demirtaş  
Doç. Dr. Rüstem Barış Yeşilay  
Doç. Dr. Semih Soran  
Dr. Öğr. Üyesi Birsan Açikel  
Dr. Öğr. Üyesi Hasan Hüseyin Uzunbacak  
Dr. Öğr. Üyesi Muhittin Hasan Uncular  
Dr. Öğr. Üyesi Rukiye Sönmez  
Dr. Öğr. Üyesi Tahsin Akçakanat  
Dr. Öğr. Üyesi Uğur Turhan

## Owner

Assoc. Prof. Dr. İnan Eryılmaz, Ph.D.

## Editor in Chef

Assoc. Prof. Dr. İnan Eryılmaz, Ph.D.

## Editorial Board

Assoc. Prof. İnan Eryılmaz, Ph.D.  
Assoc. Prof. Deniz Dirik, Ph.D.  
Assoc. Prof. Yasin Şöhret, Ph.D.  
Asst. Prof. Şener Odabaşoğlu, Ph.D.  
Asst. Prof. Leyla Adiloğlu Yalçinkaya, Ph.D.  
Tamer Saraçyakupoğlu, Ph.D.  
Assoc. Prof. Vahap Önen, Ph.D.  
Assoc. Prof. Gökhan Tanrıverdi, Ph.D.

## Language Editors

Assoc. Prof. Deniz Dirik, Ph.D.  
Assoc. Prof. Tuğba Erhan, Ph.D.

## Layout Editor

Asst. Prof. Rıza Gürler Akgün, Ph.D.

## Editorial and Advisory Board

Prof. Cem Harun Meydan, Ph.D.  
Prof. Dukagjin Leka, Ph.D.  
Prof. Ender Gerede, Ph.D.  
Prof. Ferhat Kolbakır, Ph.D.  
Prof. Osman Ergüven Vatandaş, Ph.D.  
Assoc. Prof. Akansel Yalçinkaya, Ph.D.  
Assoc. Prof. Asena Altın Gülova, Ph.D.  
Assoc. Prof. Burcu Güneri Çangarlı, Ph.D.  
Assoc. Prof. Engin Kanbur, Ph.D.  
Assoc. Prof. Eyüp Bayram Şekerli  
Assoc. Prof. Ferhan Sayın, Ph.D.  
Assoc. Prof. Florina Oana Virlanuta, Ph.D.  
Assoc. Prof. Güler Tozkoparan, Ph.D.  
Assoc. Prof. Hakkı Aktaş, Ph.D.  
Assoc. Prof. Mehmet Kaya, Ph.D.  
Assoc. Prof. Önder Altuntaş, Ph.D.  
Assoc. Prof. Özgür Demirtaş, Ph.D.  
Assoc. Prof. Rüstem Barış Yeşilay, Ph.D.  
Assoc. Prof. Semih Soran, Ph.D.  
Asst. Prof. Birsan Açikel, Ph.D.  
Asst. Prof. Hasan Hüseyin Uzunbacak, Ph.D.  
Asst. Prof. Muhittin Hasan Uncular, Ph.D.  
Asst. Prof. Rukiye Sönmez, Ph.D.  
Asst. Prof. Tahsin Akçakanat, Ph.D.  
Asst. Prof. Uğur Turhan, Ph.D.



JOURNAL OF  
**AVIATION  
RESEARCH**  
HAVACILIK ARAŞTIRMALARI DERĐİSİ

**İÇİNDEKİLER / CONTENTS**

***Araştırma Makaleleri / Research Articles***

**ECEM ŞEVVAL PINARCI - CEM TARIK VURUŞKAN - EMEL GÜVEN - TAMER EREN**

**Havayolu Ekip Çizelgelemede Sezgisel Yaklaşım**

*Heuristic Approach in Airline Crew Scheduling* ..... 1 - 17

**ARMAĐAN MACİT - MEHMET ARDA ÖZDEN - VOLKAN YAVAŐ - RÜSTEM BARIŞ YEŞİLAY**

**İnsansız Hava Aracı Pilotlarının DijitalleŐme ile Emniyet Bilincinin Artırılması: Mobil Uygulama Örneği**

*Increasing Safety Awareness of Unmanned Aerial Vehicle Pilots through Digitalization: Mobile Application Example* ..... 18 - 33

**YILMAZ YILDIRIM - VİLDAN DURMAZ**

**Flying Between the Genders: Organizational Citizenship Behaviours and Turnover Intentions Among Turkish Airlines Pilots**

*Cinsiyetler Arasında Uçmak: Türkiye'de Hava Yolları Pilotlarında Örgütsel Vatandaşlık DavranıŐları ve İŐten Ayrılma Niyetleri* ..... 34 - 55

**ERAY KAÇAR - KAAAN KALKAN**

**Hava Aracı HareketliliĐi ve Havalimanlarındaki Hava Kalitesi Arasındaki İliŐkinin İncelenmesi: Aerosol İndeksi ve Avrupa Örneği**

*Investigation of the Relationship Between Aircraft Movement and Air Quality at Airports: Aerosol Index and the European Example* ..... 56 - 68

**MEHMET ERGEÇ - EBRU AYKAN**

**Anlık MesajlaŐma Uygulamaları ve Kullanımından Kaynaklanan İŐ Kesintisinin Çalışanların İŐ Performansı Üzerindeki Etkisi: Havacılık Alanında Bir Uygulama**

*Instant Messaging Applications and The Impact of Business Interruption Due to Their Use on Work Performance of Employees: An application in Aviation* ..... 69 - 82



## Havayolu Ekip Çizelgelemesinde Sezgisel Yaklaşım

Ecem Şevval PINARCI<sup>1</sup>

Cem Tarık VURUŞKAN<sup>2</sup>

Emel GÜVEN<sup>3</sup>

Tamer EREN<sup>4</sup>

|                            |                                 |
|----------------------------|---------------------------------|
| Araştırma Makalesi         | DOI: 10.51785/jar.1506950       |
| Gönderi Tarihi: 28.06.2024 | Kabul Tarihi: 23.09.2024        |
|                            | Online Yayın Tarihi: 28.02.2025 |

### Öz

Havayolu ekip çizelgelemesi, havayolu endüstrisinde karşılaşılan karmaşık bir problemdir. Bu problem, ekiplerin görev dağılımı ve zaman yönetimi süreçlerini hızlandırmayı ve daha etkin sonuçlar elde etmeyi hedefler. Bu çalışmada, havayolu ekip çizelgelemesi problemini çözmek için özelleştirilmiş bir sezgisel algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritma, uçuş verileri ve kabin üyeleri verilerini alarak başlar. İlk olarak, kabin üyelerinin başlangıç değerleri ayarlanır. Ardından, her uçuş için gerekli bilgiler alınır ve uçuş süresi hesaplanır. Eğer devam eden bir uçuş yoksa, uygun kabin üyeleri seçilirken belirli kriterlere (haftalık çalışma saati, uçuş süresi ve son uçuş bitiş zamanı) dikkat edilir. Uygun kaptan ve kabin memurları bulunur ve atanır. Eğer devam eden bir uçuş varsa, mevcut ekibin bilgileri güncellenir ve uçuş bilgileri atama listesine eklenir. Tüm uçuşlar tamamlanana kadar bu süreç devam eder ve sonunda atama listesi gösterilir. Elde edilen sonuçlar, operasyonel verimliliği artırmanın yanı sıra, havayolu endüstrisindeki iş gücü planlaması ve kaynak yönetimi konularında ileriye dönük stratejiler geliştirme potansiyelini de ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Ekip çizelgeleme, Sezgisel Yaklaşım, Optimizasyon, Havayolu

**JEL Sınıflandırma:** C61, C63, M11, L93

## Heuristic Approach in Airline Crew Scheduling

### Abstract

Airline crew scheduling is a complex problem encountered in airline industry. This problem aims to accelerate the task distribution and time management processes of teams and achieve more effective results. In this study, a customized heuristic algorithm was developed to solve the airline crew scheduling problem. This algorithm starts by taking flight data and cabin members data. First, the initial values of the cabinet members are set. Then, the necessary information for each flight is obtained and the flight duration is calculated. If there is no ongoing flight, certain criteria (weekly working hours, flight duration and last flight end time) are considered when selecting suitable cabin members. Suitable captains and cabin crew are found and appointed. If there is a flight in progress, the current crew's information is updated and the flight information is added to the assignment list. This process continues until all flights are completed and at the end the assignment list is shown. In addition to improving operational efficiency, the results also reveal the potential to develop forward-looking strategies on workforce planning and resource management in airline industry. This also demonstrates the potential to develop forward-looking strategies on workforce planning and resource management in the airline industry.

**Key Words:** Crew Scheduling, Heuristics, Optimization, Airline

**JEL Classification:** C61, C63, M11, L93

<sup>1</sup> Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, [ecemsevalpinarci@gmail.com](mailto:ecemsevalpinarci@gmail.com)

<sup>2</sup> Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, [cemvuruskan@gmail.com](mailto:cemvuruskan@gmail.com)

<sup>3</sup> Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, [emel-gvn@hotmail.com](mailto:emel-gvn@hotmail.com)

<sup>4</sup> Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, [tamereren@gmail.com](mailto:tamereren@gmail.com) (Sorumlu Yazar).

## GİRİŞ

Çizelgeleme, üretim sistemlerinde işlenecek iş emirlerinin veya siparişlerin hangi kaynaklar tarafından ve hangi zaman aralığında yapılacağını belirlenmesini içerir. Bu süreçte sevkiyat, üretim ve malzeme temin planlarına göre işlerin ve operasyonların hangi sırayla yapılacağı kararlaştırılır (Yardımcı vd., 2012). "Ekip" kavramı, belirli bir hedefe ulaşmak için bir araya gelerek iş birliği yapan insanları ifade eder. Ekip çizelgelemesi ise, havacılık, konaklama, sağlık hizmetleri ve müşteri hizmetleri gibi birçok sektörde verimlilik ve esneklik sağlamak amacıyla kullanılır. Bu geniş kullanım yelpazesi, ekip çizelgelemesinin çeşitli endüstrilerdeki operasyonları optimize etme yeteneğini gösterir (Eren ve Ünal, 2016).

Havayolları, belirli bir zaman dilimi içinde farklı kalkış ve varış noktalarına sahip uçuş serileri oluşturmak zorundadır. Bu uçuşları gerçekleştirmek için, şirketin çeşitli ekipler oluşturması ve her bir ekibi uygun uçuş rotalarıyla eşleştirmesi gerekmektedir. Ekip planlamasının amacı, önceden belirlenmiş uçuş takvimindeki her uçuşu en az bir kez içerecek şekilde, en düşük maliyetle gerçekleştirilebilecek ekip eşleştirmelerinin optimal setini oluşturmaktır (Çankaya ve Arıkan, 2019). Bu bağlamda, ekip üyelerinin dinlenme sürelerinin optimize edilmesi, operasyonel verimliliği artırırken uçuş güvenliğini de geliştirebilir.

Bu çalışmada, uçuş ekibi planlama problemini çözmek için özelleştirilmiş bir sezgisel algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritma, belirli kısıtlar altında uygun ekiplerin uçuşlara atanmasını hedeflemiştir. Elde edilen sonuçlar, operasyonel verimliliği artırmanın yanı sıra havacılık endüstrisinde geleceğe yönelik iş gücü planlaması ve kaynak yönetimi stratejileri geliştirme potansiyelini ortaya koymaktadır. Özellikle, ekip üyelerinin çalışma şartlarının optimize edilip edilmediği ve sezgisel yöntemlerin sağladığı gelişmeler detaylandırılmalıdır.

Elde edilen veriler, çalışma öncesinde ekip üyelerinin genellikle her 10 saatte bir 1 saat mola verdiklerini ve bu sürelerin çalışma sonrası 2 saate çıkarıldığını göstermektedir. Bu iyileştirme, dinlenme sürelerinin daha uygun hale gelmesini sağlamış ve personel memnuniyetinde belirgin bir artışa yol açmıştır. Mola sürelerinin iyileştirilmesi, çalışanların yorgunluğunu azaltarak genel uçuş güvenliğini artırmıştır.

Çalışmanın yapısı şu şekildedir: İlk bölümde kavramsal çerçeve, ekip çizelgelemesi, havayolu ekip çizelgelemesi problemleri ve literatür taraması ele alınmıştır. İkinci bölümde, yöntem açıklanmış; üçüncü bölümde, yöntem sonuçlarına yer verilmiştir. Son bölümde ise, çalışma sonuçları detaylı bir şekilde değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan sezgisel algoritmaların gerçek dünya koşullarında nasıl performans gösterdiği ve optimizasyonların ne kadar etkili olduğu daha fazla detaylandırılmalıdır. Bu bağlamda, gerçek zamanlı verilerle yapılan karşılaştırmalar ve sayısal verilere dayanan analizler, yapılan iyileştirmelerin ölçülebilirliğini ortaya koyacaktır.

Sonuç olarak, bu çalışma, havayolu endüstrisinde ekip çizelgeleme süreçlerini iyileştirmek için probleme özgü sezgisel algoritmaların ve yapay zekâ yöntemlerinin kullanılmasının önemini vurgulamaktadır. Daha iyi dinlenme süreleri, çalışan memnuniyetini artırırken, aynı zamanda uçuş güvenliğini de güçlendirir. Gelecekteki çalışmalar, bu alanda daha fazla ilerleme sağlayarak havayolu operasyonlarını daha güvenli ve verimli hale getirebilir.

## 1. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

### 1.1. Ekip Çizelgeleme

Ekip çizelgeleme, çalışanların belirli görevleri ve zaman dilimlerini düzenlemek amacıyla yapılan bir planlama sürecidir. Bu süreçte, her bir çalışanın uygun olduğu zaman dilimleri, yetenekleri, deneyimleri ve tercihlerine göre görevler atanır. Bu planlamanın temel amacı, işyerindeki verimliliği artırmak, çalışan memnuniyetini sağlamak ve operasyonel hedeflere ulaşmaktır. Ayrıca, çalışanların iş-yaşam dengelerini korumalarına yardımcı olur ve iş süreçlerinde aksaklıkları minimize eder.

Personel çizelgeleme problemleri, işyerinin kurallarına uygun olarak, her çalışanın çalışma tercihleri dikkate alınarak çeşitli hizmet türlerini karşılamak için nitelikli personelin tahsis edilmesini gerektirir. Bu problemler, bazen çözülmesi zor, kısıtlı optimizasyon problemleri olabilir (Yurdakul, Alakaş ve Eren, 2021). Ekip çizelgeleme, özellikle kriz dönemlerinde sınırlı kaynakların en verimli şekilde kullanılması ve destek hizmetlerinin sürekliliğinin sağlanması açısından kritik bir rol oynamaktadır (Eren ve Akdaş, 2020). Ekiplerin doğru görevlendirilmesi, ihtiyaçların hızlı bir şekilde karşılanmasını sağlamaktadır (Akdaş ve Eren, 2023). Çizelgeleme, bir dizi işin belirli bir sırayla tamamlanmasını sağlamak için kullanılan bir yöntemdir. Bu işler, bir işletme ortamında gerçekleştirilen görevlerden, bir bilgisayar sisteminde çalıştırılan işlemlere kadar her şeyi kapsayabilir. Çizelgelemenin amacı, kaynakları en etkili şekilde kullanarak işlerin zamanında ve verimli bir şekilde tamamlanmasını sağlamaktır (Dündar, Sarıçiçek ve Yazıcı, 2021).

Ekip planlama problemi, işçi gruplarının belirli çalışma gruplarına atanmasını ifade eder. Bu konu, hava, demiryolu ve karayolu gibi birçok ulaşım grubu için kritik öneme sahiptir (Üstündağ, 2014). Etkili personel seçimi, hizmet sistemlerindeki en zor görevlerden biri olarak kabul edilir. Personel yetersizliği, toplam işçilik maliyetlerini düşürebilse de kaynakların verimsiz kullanımı nedeniyle hizmet kalitesi düşük kalabilir ve işçilik maliyeti yüksek olabilir (Eren vd., 2018). Ekip çizelgeleme ekiplerin günlük iş yüklerini optimize etmek, rotaları minimize ederek hizmetlerin verimliliğini artırmak ve maliyetleri düşürmek hedeflenmektedir (Yurdakul vd., 2020). Personel planlaması, işin sorunsuz bir şekilde ilerlemesini sağlamak için belirli bir çalışma planının hazırlanmasını içerir ve doğru insan gücü gereksinimlerinin karşılanmasını amaçlar (Eren, Varlı ve Aktürk, 2017).

Çetin, Kuruüzüm ve İrmak (2008) çalışmalarında, ekip atama ve ekip eşleme problemlerini küme bölme modeli formunda ifade ederek bu problemin tamsayı programlama ile çözümünü MATLAB bilgisayar programı kullanarak gerçekleştirmiştir. Diğer taraftan, Tam, Ryan ve Ehr Gott (2014) tarafından yazılan çalışmada, çok kriterli optimizasyon yöntemlerinin mürettebat çizelgeleme problemlerindeki uygulamaları incelenmiştir. Bu yaklaşım, maliyet, iş gücü verimliliği ve mürettebat memnuniyeti gibi çeşitli hedefler arasındaki dengeyi kurarak en iyi çözümü bulmayı amaçlamaktadır. Çalışma, farklı kriterlerin aynı anda nasıl optimize edilebileceğine dair yöntemler sunmakta ve bu yöntemlerin teorik temellerini açıklamaktadır. Gür, Pınarbaşı, Alakaş ve Eren (2023), çalışmalarında ameliyathanede cerrahi ekipte yer alan cerrah, hemşire ve anesteziistleri göz önünde bulundurarak ekip çizelgeleme problemini ele almışlardır. Çalışmada kısıt



programlama ve hedef programlama yöntemleri kullanılarak etkili bir çizelge oluşturmuşlardır.

Az ve Ayvaz (2022) ise, genetik algoritma kullanarak ekip rotasyon ve ekip çizelgeleme konularını incelemiş ve maliyet minimizasyonu problemini ele almıştır. Ayrıca, Çetin (2008) çalışmasında, küme bölme modeli formunda ifade edilen ekip eşleştirme probleminin tamsayılı programlama ile çözümünden sonra genetik algoritmalarla çözümünü gerçekleştirmiş ve elde edilen atama planıyla maliyetler açısından tasarruf sağlanabileceğini göstermiştir.

## **1.2. Havayolu Ekip Çizelgeleme**

Havayolu ekip çizelgelemesi, havayolu şirketlerinin karşılaştığı en zorlu ve kapsamlı planlama problemlerinden biridir. Bu problem, uçuş operasyonlarının verimli bir şekilde yürütülmesi için kritik öneme sahiptir. Özellikle, ekip çizelgeleme süreci, her bir uçuşa uygun ekiplerin atanmasını içerir ve bu süreç, maliyetleri optimize etmeyi ve operasyonel verimliliği artırmayı hedefler (Orhan, Kapanoğlu ve Karakoç, 2010).

Havayolu ekip çizelgelemesi, havayolu endüstrisinin karşı karşıya olduğu önemli operasyonel zorluklardan biridir. Bu sürecin karmaşıklığı, uçuşların zamanlaması, uçakların ataması, mürettebatın görevlendirilmesi ve beklenmeyen olayların yönetimi gibi bir dizi karmaşık görevi kapsar (Aksu ve Temiz, 2021). Dolayısıyla, etkin bir ekip çizelgelemesi, sadece operasyonel verimlilik sağlamakla kalmaz, aynı zamanda maliyetlerin kontrol altında tutulmasına da yardımcı olur.

Mürettebat yönetimi, havayolu şirketlerinin maliyetlerini kontrol altında tutmanın yanı sıra, güvenlik ve düzenlemelere uyumu sağlamak için de hayati öneme sahiptir. Bu bağlamda, maliyet etkinliği ve operasyonel verimlilik için literatürde çeşitli modelleme teknikleri ve çözüm yaklaşımları önerilmiştir. Bu modeller, genellikle ekip eşleme ve ekip atama olmak üzere iki ana kategoriye ayrılmaktadır (Üzülmez, Ateş ve Çalışkan, 2018). Bu yaklaşımlar, havayolu şirketlerinin hem maliyetlerini minimize etmeyi hem de operasyonel süreçlerini optimize etmeyi hedeflemektedir.

## **1.3. Literatür Taraması**

Havayolu ekip çizelgelemesi, havayolu operasyonlarının kritik bir parçası olup, genellikle havayolu şirketlerinin kontrol edebileceği en büyük gider kalemlerinden biridir. Bu nedenle, etkin ve düşük maliyetli ekip çizelgeleri oluşturmak için literatürde birçok model önerilmektedir. Özellikle, havayolu şirketlerinin operasyonel verimliliği artırmayı ve maliyetleri optimize etmeyi hedefleyen çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir.

Yangınlar ve Tuna (2020) yaptıkları çalışmada, havayolu taşımacılığındaki hizmet kalitesinin kurumsal imaj, müşteri memnuniyeti ve müşteri sadakati üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışma, hizmet kalitesinin müşteri ihtiyaç ve isteklerinin değişmesi ve bilgi teknolojilerinin etkisi gibi faktörlerle nasıl etkileşime girdiğini göstermektedir. Bu bağlamda, hizmet kalitesinin artırılması, havayolu taşımacılığındaki zorlukları daha da derinleştirebilmektedir.

Wang, Wong ve Xu (2023), kişisel odaklı havayolu mürettebatı planlaması üzerine yaptıkları çalışmalarında mürettebatın tercihlerini ve iş memnuniyetini ele almışlardır. Çalışmada, havayolu mürettebatının iş yükü dağılımı, görev tercihi ve kişisel beklentilerinin çizelgeleme süreçlerinde nasıl dikkate alınabileceği üzerinde durulmuştur.

Ekip eşleme sorununa yönelik bir iyileştirme yaklaşımı öneren Aksu ve Temiz (2021), havayolu operasyonlarında karşılaşılan bu sorunu matematiksel olarak modellemekte ve çözüm sağlamaktadır. Bu yaklaşım, operasyonel kısıtlar ve personel tercihlerinin dikkate alındığı bir optimizasyon problemi olarak formüle edilmiştir. Benzer şekilde, Yaman ve Atmaca (2022) makine öğrenmesi tekniklerini kullanarak uçuş gecikmelerini tahmin etmiş ve çizelgelemenin daha verimli çalışmasını sağlamıştır.

Diğer bir önemli çalışma, Medard ve Sawhney (2007) tarafından gerçekleştirilmiş olup, küme kapsama çözüm yöntemini kullanarak havayolu ekip çizelgelemede oluşabilecek aksaklıklara karşı yeniden ekip çizelgeleme konusunu ele almıştır. Bu yaklaşım, aksaklıkların etkilerini minimize etmeye yönelik stratejiler geliştirmektedir.

Wang (2024) çalışmasında, havayolu sektöründe ekip çizelgeleme sürecinin oldukça karmaşık olduğunu ve birçok kısıt ve değişken içerdiğini vurgulamıştır. Bu zorlukların başında dinlenme süreleri ve regülasyonlara uyum, uçuş güvenliği ve iş yükü dağılımı, maliyetlerin minimize edilmesi ve kısıtlar yer almaktadır. Ekiplerin uçuşlarla optimal bir şekilde eşleştirilmesini sağlamak amacıyla, matematiksel programlama ve sezgisel algoritmalar kullanarak bir model geliştirmiştir. Wang (2024), bu modeli çözmek için genetik algoritmalar ve doğrusal programlama gibi tekniklere başvurmuş ve çeşitli optimizasyon yöntemlerini uygulamıştır. Model, bir havayolu şirketinden alınan verilere uygulanmış ve optimal ekip çizelgeleri oluşturulmuştur.

Çankaya ve Arıkan (2009) ise, doğrusal programlama modelini kullanarak ekip çizelgeleme sürecini analiz etmiş ve elde edilen model GAMS optimizasyon programında kodlanarak iteratif olarak çözülmüştür. Bu model, özel bir havayolu şirketinden alınan verilere uygulanmış ve optimal ekip çizelgeleri oluşturulmuştur. Benzer şekilde, Üzümez, Ateş ve Çalışkan (2018), Airbus A330-243F filosunun uçuş çizelgesindeki verileri kullanarak Matlab programında yeni uçuş rotasyonlarını belirlemeye yönelik bir programlama tasarlamıştır.

Graves, McBride, Gershkoff, Anderson ve Mahidhara (1993), United Airlines için günlük 1700 uçuş gerçekleştiren bir ekip çizelgeleme optimizasyonu yapmış ve yaklaşık 16 milyon dolarlık bir tasarruf sağlamıştır. Diğer taraftan, Kasirzadeh, Saddoune ve Soumis (2017), ABD'de büyük bir havayolu şirketinde havayolu ekip çizelgelemeyi küme kapsama problemi olarak ele almış ve çözüm için sütun oluşturma algoritması kullanmışlardır.

Gershkoff (1989), American Airlines'da tam sayılı doğrusal programlama yöntemini kullanarak ekip çizelgeleme optimizasyonu gerçekleştirmiş ve yılda yaklaşık 18 milyon dolar tasarruf sağlamıştır. Yen ve Birge (2006), mürettebat çizelgeleme problemini belirsizlikler ve rastgelelikler dikkate alarak stokastik programlama teknikleriyle modellemeye çalışmışlardır. Bu çalışma, uçuş iptalleri ve hava koşulları gibi belirsizliklerin mürettebat planlamasını nasıl etkilediğini incelemektedir.

Ouyang ve Zhu (2023), havayolu mürettebat çizelgeleme problemini çözmek için paralel genetik algoritma çerçevesine sahip bir meta-sezgisel çözücü geliştirilmiştir. Çalışmada, mürettebat çizelgeleme sürecinin karmaşıklığını ele almak ve daha etkin çözümler sunmak için genetik algoritmaların paralel işleme yetenekleri kullanılmıştır.

Vance, Barnhart, Johnson ve Nemhauser (1997), küme bölümlene yöntemi kullanarak havacılık kurallarına uygun ekip çizelgeleme yapmayı amaçlamışlardır. Wen, Sun, Sun ve Yue (2021) ise, havayolu ekip çizelgelemesini kabin ve kokpit olarak iki ayrı şekilde ele almış ve tam sayılı modelleme yöntemini kullanarak çözüm sağlamışlardır. Deng ve Lin (2011), havayolu ekip çizelgeleme problemini kısıtlanmış gezgin satıcı problemi olarak formüle etmiş ve çözüm için karınca kolonisi optimizasyonu uygulamıştır.

Sonuç olarak, havayolu ekip çizelgelemesi hem maliyetleri kontrol etmek hem de hizmet kalitesini artırmak için kritik bir öneme sahiptir. Bu alandaki araştırmalar, havayolu şirketlerinin operasyonlarını daha verimli hale getirmek için çeşitli stratejiler ve teknikler geliştirmesine yardımcı olmaktadır. Havayolu sektöründe başarılı uluslararası firmalar, gelişmiş bilgisayar-destekli çözüm yöntemleri kullanarak planlama ve çizelgeleme problemlerini etkili bir şekilde çözmekte ve bu yöntemler işletmelere önemli bir rekabet avantajı sağlamaktadır.

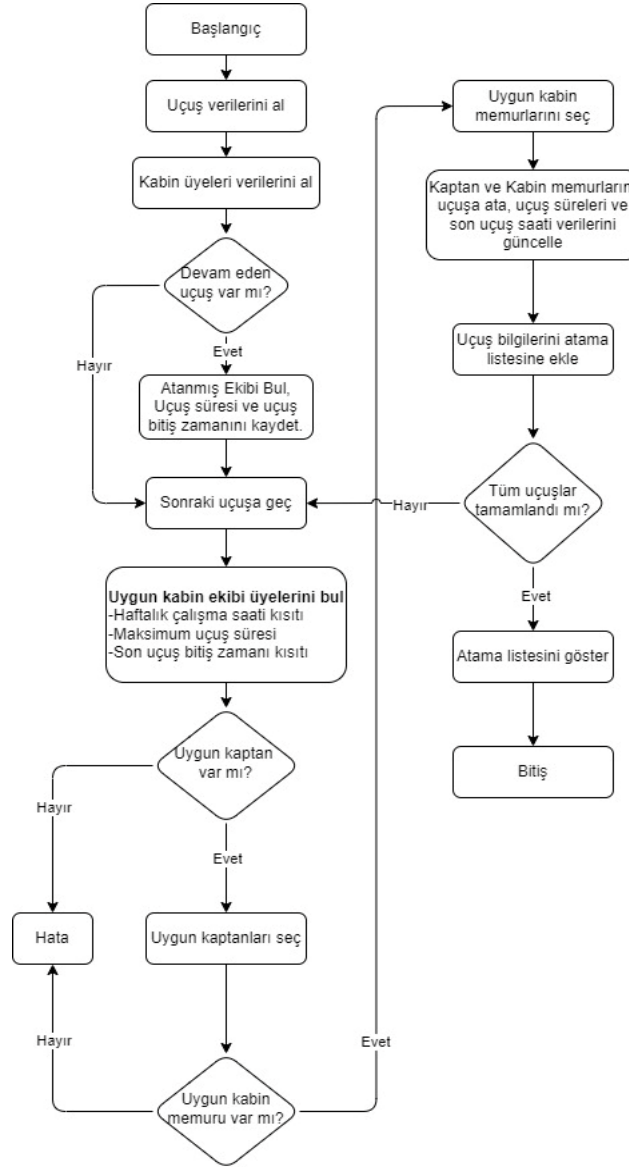
## **2. YÖNTEM**

### **2.1. Araştırma Modeli**

Sezgisel algoritmalar, bilgisayar bilimlerinde yaygın olarak kullanılan ve genellikle optimal çözümlere yakın sonuçlar üreten etkili problem çözme teknikleridir. Bu algoritmalar, genellikle belirli bir problem için iyi bir çözüm bulma yeteneğine sahip olup, tam optimal çözüme yakın çözümler sunabilirler (Karaboğa, 2011). Bu nedenle, sezgisel algoritmalar, karmaşık ve geniş ölçekli problemleri çözmek için tercih edilen yöntemler arasında yer almaktadır.

Bu bağlamda, bu araştırma modeli, uçuş ekibi atama sürecini sistematik bir şekilde analiz etmek ve optimize etmek için kullanılan çeşitli yöntemlerin kapsamlı bir incelemesini sunmaktadır. Çalışmada, veri toplama, kısıtlamalar, atama kriterleri, performans değerlendirme ve analiz bileşenleri gibi önemli unsurlar dikkate alınarak, probleme özgü bir sezgisel algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritmanın tasarımı, belirli aşamaları ve uygulama süreçlerini içermektedir. Şekil 1’de algoritmanın aşamaları detaylı olarak verilmiştir.

Bu sezgisel algoritmanın aşamalarına geçmeden önce, algoritmanın nasıl çalıştığını ve hangi adımlardan oluştuğunu anlamak önemlidir. Bu sayede, uçuş ekibi atama sürecinde karşılaşılan zorluklar daha iyi anlaşılabilir ve optimize edilebilir. Araştırma, algoritmanın her bir aşamasını detaylı bir şekilde ele alarak, uygulama sürecinin etkinliğini ve sonuçlarını değerlendirmeyi amaçlamaktadır.



Şekil 1. Probleme Özgü Sezgisel Algoritma Şeması

Şekil 1’de verilen algorithmda havayolu ekip çizelgelemesi problemini çözmek için özelleştirilmiş bir sezgisel algoritma geliştirilmiştir. Algoritma, uçuş verileri ve kabin üyeleri verileriyle çalışır. İlk adımda, kabin üyelerinin başlangıç değerleri ayarlanır. Daha sonra, her uçuş için gerekli bilgiler toplanır ve uçuş süresi hesaplanır. Uygun kabin üyeleri seçilirken haftalık çalışma saati, uçuş süresi ve son uçuş bitiş zamanı gibi kriterler göz önünde bulundurulur. Uygun kaptan ve kabin memurları belirlenip atanır. Eğer devam eden bir uçuş varsa, mevcut ekibin bilgileri güncellenir ve uçuş bilgileri atama listesine eklenir. Bu süreç, tüm uçuşlar tamamlanana kadar devam eder ve sonunda atama listesi oluşturulur.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Problemin Tanımı

Bu çalışmada, bir havayolu şirketi 16 günlük bir süre boyunca Türkiye’den belirli şehirlere yapılan uçuşlar için kabin ekibi atama süreci optimize edilmiştir. Araştırma kapsamında,

İstanbul, Ankara, İzmir, Antalya, Adana, Bursa, Gaziantep, Konya, Samsun, Diyarbakır ve Zonguldak şehirlerinden gerçekleştirilen ulusal veya uluslararası uçuşlar analiz edilmiştir. Toplamda 545 kaptan ve 1530 kabin memuru olmak üzere 2075 kabin üyesi, farklı uçuşlara atanmak üzere her uçuşta 2 kaptan 4 kabin memuru olacak şekilde ekip halini almıştır. Toplamda 30 farklı ekip oluşturulmuştur. Kabin üyelerinin günlük maksimum 12 saat ve haftalık maksimum 36 saat çalışma kısıtlamaları, uçuşlar arasındaki minimum 18 saat dinlenme süresi dikkate alınarak atamalar yapılmıştır. Atama sürecinde, kabin üyelerinin uygunluk skorları, çalışma saatleri ve dinlenme süreleri göz önünde bulundurulmuştur. Bu çalışma, kabin ekibi atama sürecinin verimliliğini artırmayı ve kabin üyelerinin çalışma koşullarını iyileştirmeyi amaçlamaktadır.

### **3.2. Problem Verileri**

Araştırmanın evreni, Türkiye'deki havaalanları arasında gerçekleştirilen iç hat uçuşlarında görev yapan kabin ekibidir. Bu kapsamda, uçuş emniyetini ve operasyonel verimliliği sağlamak amacıyla uçuş ekibi atama süreçleri incelenmiştir. Araştırmanın evrenini oluşturan unsurlar şunlardır:

**Kabin Üyeleri:** Türkiye'deki bir havayolu şirketinde görev yapan kaptanlar ve kabin memurları.

**Uçuşlar:** Türkiye'deki belirli havaalanlarından gerçekleştirilen iç ve dış hat uçuşları.

**Havaalanları:** Ankara, İzmir, Antalya merkezli büyük şehirlerdeki havaalanları.

**Araştırmanın örnekleme:** Evrenin belirli bir alt kümesini temsil eder ve aşağıdaki unsurları içerir:

- Kabin Üyeleri, Ankara, İzmir, Antalya şehirlerindeki havayolu şirketlerinde görev yapan kaptanlar ve kabin memurlarından rastgele seçilen 2073 kabin üyesi.
- Uçuş Verileri, Bu kabin üyelerinin görev yaptığı ve örneklem alınan uçuşlardan oluşan bir veri seti. Örneklem alınan uçuşlar, 2024 yılı haziran ayının ilk 16 gününde yapılan uçuşları kapsamaktadır.
- Havaalanları, Örneklem kapsamında ele alınan uçuşların gerçekleştirildiği İstanbul, Ankara, İzmir, Antalya, Adana, Bursa, Gaziantep, Konya, Samsun, Diyarbakır ve Zonguldak havaalanları.

### **3.3. Amaç ve Kapsam**

Çalışmada uçuş ekibi atama sürecini optimize etmek amaçlanmıştır. Ele alınan problem kabin üyelerinin çalışma saatleri, dinlenme süreleri ve uçuş güvenliği faktörlerini göz önünde bulundurarak en uygun atamayı gerçekleştirmeyi kapsamaktadır.

### **3.4. Veri Toplama**

Kabin üyelerinin isimleri, roller (kaptan veya kabin memuru), başlangıç şehirleri, çalışma saatleri ve son uçuş bitiş zamanları, uçuş numaraları, uçak tipleri, kalkış ve varış şehirleri, kalkış ve varış zamanları, belirli havaalanlarının coğrafi koordinatları bir havayolu şirketindeki uzmanlar tarafından elde edilmiştir.

### 3.5. Kısıtlar ve Atama Kriterleri

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nün "SHT 6A-50 Rev.06" talimatı olan "Uçucu Ekip Uçuş Görev ve Dinlenme Süreleri ile Uygulama Esasları Talimatı" doğrultusunda belirli kısıtlar dikkate alınmıştır. Uygulamada ele alınan kısıtlar Tablo 1 ve Tablo 2'de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Azami Çalışma Süreleri Tablosu

| Süre | Haftalık | Aylık    | 3 Aylık  | Yıllık    |
|------|----------|----------|----------|-----------|
| UGS  | 56 Saat  | 210 Saat | 500 Saat | 1800 Saat |
| US   | 36 Saat  | 110 Saat | 300 Saat | 1000 Saat |

Tablo 1'de yer alan Uçuş Görev Süresi (UGS), bir uçuş görevinin başından sonuna kadar geçen toplam süreyi, yani ekiplerin uçuş boyunca geçirdikleri süreyi kapsar. Bu süre, uçuşun tüm aşamalarını, kalkış hazırlıkları ve varış işlemleri dahil olmak üzere, ekiplerin görevde geçirdiği süreyi içerir. Uçuş Süresi (US), bir uçuşun toplam süresini ifade eder ve bu süre, kalkıştan varışa kadar geçen süreyi kapsar. US haftalık azami 36 saat olması kısıtı dikkate alınmıştır.

**Tablo 2.** Günlük Azami Çalışma Süreleri Tablosu

| Görev Başlangıç Saati | 1-4 İniş | 5 İniş  | 6 İniş  |
|-----------------------|----------|---------|---------|
| 05.00-14.00           | 14 Saat  | 13 Saat | 12 Saat |
| 14.01-17.00           | 13 Saat  | 12 Saat | 11 Saat |
| 17.01-04.59           | 12 Saat  | 11 Saat | 10 Saat |

Günlük Azami Çalışma Süreleri Tablosunda bulunan 17.01 – 04.59 saatleri arasında 1-4 iniş olması durumunda bulunan 12 saatlik azami çalışma süresi kısıtı dikkate alınmıştır. Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3.** Asgari Dinlenme Süreleri Tablosu

| Bir Önceki UGS                           | Asgari DS | SKPK İle Asgari DS | 6 İniş İçin Asgari DS |
|--|-----------|--------------------|-----------------------|
| 6 Saate Kadar                            | 8 Saat    | 8 Saat             | 11 Saat               |
| 11 Saate Kadar (Dahil)                   | 10 Saat   | 10 Saat            | 14 Saat               |
| 11 Saatten Daha Fazla                    | 12 Saat   | 10 Saat            | 14 Saat               |
| 12-14 Saat Veya ZD Farkı 3 Saatten Fazla | 14 Saat   | 12 Saat            | 16 Saat               |
| Uzun Menzil Uçuşları                     | 24 Saat   | 22 Saat            | –                     |

Tablo 3'te yer alan Dinlenme Süreleri (DS), ekiplerin uçuş görevleri arasında veya uçuş sonrasında gereken minimum dinlenme süresini ifade eder. Bu süre, ekiplerin yeterli dinlenme ve iyileşme sağlamak için uçuş görevlerinden sonra veya arasında geçirmeleri

gereken süreyi kapsar. Sürekli Kalkış-Park-Kalkış (SKPK), bir uçuş görevinin tüm aşamalarını kapsamlı bir şekilde ifade eder ve uçuş öncesi hazırlıklar, kalkış, park etme ve tekrar kalkış süreçlerini içerir. Asgari Dinlenme Süreleri Tablosunda bulunan 11 saatten daha fazla çalışma durumunda gerekli asgari dinlenme süresi olan 12 saat kısıtı problemde dikkate alınmıştır.

Günlük ve Haftalık Çalışma Saatleri:

- Kabin üyeleri bir gün içerisinde maksimum 12 saat çalışabilir.
- Kabin üyeleri bir hafta içerisinde maksimum 36 saat çalışabilir.

Dinlenme Süresi Kısıtı:

- Kabin üyelerinin gerçekleştirdiği son uçuşun ardından, yeni bir uçuşun kalkış zamanına kadar en az 12 saat dinlenmiş olmaları gerekmektedir.

Rol Bazlı Kısıt:

- Her uçuşta bulunması gereken kabin memuru ve kaptan sayısı belirlenmiş olmalıdır.

Şehir Bazlı Kısıt:

- Kabin üyeleri öncelikli olarak kalkış şehirlerine göre atanmalıdır.
- Yeterli sayıda kabin üyesi bulunmaması durumunda, diğer şehirlerden en yakın kabin üyeleri seçilmelidir.

### **3.6. Verilerin Analizi**

Veri analizi, araştırmanın temel bulgularını ortaya koymak ve uçuş ekibi atama sürecini iyileştirmek amacıyla toplanan verilerin sistematik bir şekilde incelenmesi sürecidir.

İlk olarak, toplanan verilerdeki eksik, tutarsız veya hatalı kayıtlar tespit edilip düzeltilmiştir. Bu adım, analiz sürecinin doğruluğunu ve güvenilirliğini sağlamak için kritik öneme sahiptir. Veriler, analiz için uygun formatlara dönüştürülmüştür; örneğin, tarih ve saat verileri standart bir formatta düzenlenmiş ve metin verileri kategorilere ayrılmıştır. Bu analiz, kabin üyelerinin genel profiline dair bilgi sağlayarak atama işleminde verilerin okunurluğunu artırmıştır. Kabin üyelerinin görev yapacakları uçuşların kalkış şehirlerine olan mesafeleri hesaplanmış ve en uygun atamaların yapılması için değerlendirilmiştir.

Atama sonuçları tablolar aracılığıyla görselleştirilmiş ve kolay anlaşılır bir şekilde sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar, araştırma soruları ve hedefleri doğrultusunda değerlendirilmiş ve bulguların genellenebilirliği ile ilgili yorumlar yapılmıştır. Verilerin bu şekilde sistematik bir şekilde analiz edilmesi, araştırmanın amacına ulaşması ve uçuş ekibi atama sürecinin iyileştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Analiz sonuçları, havayolu şirketlerinin operasyonel verimliliğini artırmak ve kabin üyelerinin çalışma koşullarını iyileştirmek için kullanılabilir.

### **3.7. Çözüm**

Bu çalışmada, uçuş ekibi atama sürecinin optimize edilmesine yönelik verilerin analiz edilmesi ve geliştirilen algoritmanın, PYTHON 3.10 Programı ve Windows 10 işletim

sistemi kullanılarak modellenip çözülmesi sonucunda önemli bulgular elde edilmiştir programa ait görüntü Şekil 2’de verilmiştir.



**Şekil 2.** Python Atama Arayüzü

Şekil 2’de verilen arayüze kabin üyelerinin verileri ve uçuş verileri bilgileri girildikten sonra belirlenen algoritma ve kısıtları göz önünde bulundurarak çözüme ulaşır. Yapılan analizler ve çözümler sonucunda tüm kabin üyelerinin uygun uçuşlara atandığı ve görev dağılımının dengeli bir şekilde gerçekleştirildiği belirlenmiştir. Günlük maksimum çalışma süresi ve haftalık maksimum çalışma saati kısıtlamalarına büyük ölçüde uyulmuştur, kabin üyelerinin çalışma saatleri kısıtlamalara uygun olarak düzenlenmiş ve haftalık uçuş saatleri ortalama olarak 36 saatin altında tutulmuştur. Ayrıca, uçuşlar arasındaki dinlenme sürelerinde belirgin bir artış sağlanmış olup, kabin üyelerinin tamamının 12 saatlik minimum dinlenme süresinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu iyileştirmeler, kabin üyelerinin daha verimli çalışmasını ve dinlenmiş bir şekilde göreve başlamasını sağlamıştır. Program çözümünden edilen sonuçlar düzenlenip ekip-uçuş atama sonuçları olarak Şekil 3’te verilmiştir.





Şekil 3’te görüldüğü gibi, ekiplerin ve uçuşların numaraları detaylı bir şekilde belirtilmiştir. Tablo, her bir uçuş numarasının, belirli ve uygun ekiplerle eşleştirilmesini sağlamaktadır. Her uçuş numarasına karşılık gelen ekipler, uçuşun gereksinimlerine ve ekip üyelerinin yetkinliklerine göre belirlenmektedir. Bu eşleştirme, her uçuşun güvenli ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamak için kritik bir rol oynamaktadır. Tablo, ekiplerin uçuş görevlendirmelerini düzenlerken, operasyonel süreçlerin koordinasyonunu ve personel yükünün yönetimini optimize etmektedir. Ayrıca, herhangi bir değişiklik durumunda hızlı bir güncelleme yapılabilmesi için düzenli olarak revize edilebilmektedir. Bu sistem, uçuş planlamasının etkinliğini artırırken, ekiplerin görevlerini en verimli şekilde yerine getirmelerine olanak tanımaktadır. Tablo 4’te atama ile ilgili bir örnek gösterimi verilmiştir.

**Tablo 4.** Ekip-Uçuş Atama Tablosunun Bir Bölümü

|       | Ekip 1 | Ekip 2 | Ekip 3 | Ekip 4 |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| TK101 | ✓      |        |        |        |
| TK102 |        | ✓      |        |        |
| TK103 |        |        | ✓      |        |
| TK104 | ✓      |        |        |        |
| TK105 |        |        |        | ✓      |

Örneğin Tablo 4’te atama tablosunun belirli bir kısmı ele alınmış olup şekilde de görüldüğü üzere Ekip 1 için TK101 numaralı uçuşu yaptıktan sonra dinlenme süresi olan en az 12 saatlik süreyi sağlayacak şekilde çizelgeleme yapılmış ve bir sonraki uçuşları olan TK104 için Ekip 1 tekrar atanmıştır ve Ekip 1 için gerekli şartlar sağlanmıştır. Bu şartlar tüm ekipler için geçerli olduğundan tüm kabin üyeleri için gerekli olan azami çalışma saatlerine uyulmuş ve iş yükü dağılımları dengeli şekilde sağlanmıştır. Bunun yanında tüm kabin üyelerinin uygun uçuşlara atanması sağlanmış ve görev dağılımı dengeli bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu sayede, daha öncesinde çalışma saatlerinin eşit dağılmaması problemi, herhangi bir kabin üyesinin aşırı çalışması veya iş yükünün dengesiz dağılımı önlenmiştir. Geliştirilen uçuş ekibi atama sistemi, havayolu işletmelerinin ekip atama süreçlerini daha verimli ve güvenli hale getirmekte, ekip üyelerinin dinlenme sürelerini optimize ederek uçuş güvenliğini artırmaktadır. Bu tür bir sistemin kullanılması, operasyonel maliyetlerin düşürülmesine ve çalışan memnuniyetinin artırılmasına katkı sağlayarak, genel havayolu performansını olumlu yönde etkilemektedir. Ayrıca tabloda ekiplerin farklı uçuşlara ve zaman dilimlerine esnek bir şekilde atanabildiği görülmektedir. Bu esneklik, operasyonel aksaklıkların ve beklenmedik durumların daha kolay yönetilmesini sağlar. Ekiplerin ihtiyaçlara hızlıca uyum sağlayabilmesi, havayolu operasyonlarının daha sorunsuz yürütülmesine yardımcı olur.

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, havayolu uçuş ekiplerinin bir aylık çizelgelemesi için kullanılan probleme özgü sezgisel algoritmalar sayesinde dinlenme sürelerinde belirgin bir artış sağlanırken, iş yükü dağılımında da dengelenme sağlanmıştır. Havayolu endüstrisinde ekiplerin uygun dinlenme sürelerine sahip olması, uçuş güvenliği ve personel memnuniyeti açısından kritik bir öneme sahiptir. Dinlenme sürelerinin yeterli olması hem uçuş güvenliğini artırmakta hem de çalışanların performansını olumlu yönde etkilemektedir.

Klasik ekip çizelgeleme problemlerinde, ekiplerin uçuş süreleri ve dinlenme aralıklarını dengelemek zor olabilir. Ancak, bu çalışmada kullanılan genetik algoritma ve sürü optimizasyonu gibi yapay zekâ tabanlı yöntemler, bu dengeyi sağlamak için etkili bir çözüm sunmaktadır. Geleneksel manuel çizelgeleme yöntemlerine kıyasla, bu algoritmalar daha iyi sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır.

Havayolu şirketleri, mevcut çizelgeleme sistemlerine sezgisel algoritmaları entegre ederek operasyonel verimliliklerini artırabilirler. Ayrıca, çizelgeleme algoritmalarını sürekli olarak güncelleyerek ve geliştirerek, değişen operasyonel ihtiyaçlara daha iyi uyum sağlayabilirler. Bu entegrasyon, personelin dinlenme sürelerini iyileştirirken, iş yükünün dengeli dağılımını sağlayarak genel uçuş güvenliğini ve çalışan memnuniyetini artıracaktır. Ekip üyelerine yeni çizelgeleme yöntemleri ve dinlenme sürelerinin önemi hakkında eğitim verilmesi, algoritma tabanlı çizelgeleme sistemine adaptasyonu hızlandırabilir ve çalışanların yeni sisteme olan güvenini artırabilir.

Her havayolu şirketinin operasyonel gereksinimleri ve çalışan profilleri farklı olduğundan, çizelgeleme algoritmalarının esnek ve uyarlanabilir olması önemlidir. Algoritmalar, her şirketin özel ihtiyaçlarına göre kişiselleştirilebilir ve böylece daha spesifik ve etkili sonuçlar doğurabilir. Kişiselleştirilmiş çözümler hem operasyonel verimliliği hem de çalışan memnuniyetini artırabilir.

Algoritmaların performansını artırmak için gerçek zamanlı verilerin kullanılması önerilmektedir. Uçuş süreleri, hava durumu ve ekip durumu gibi dinamik verilerle algoritmaların güncellenmesi, daha doğru ve etkili çizelgeleme sağlayabilir. Gerçek zamanlı veri entegrasyonu, çizelgeleme süreçlerinin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırarak, operasyonların daha verimli ve güvenli bir şekilde yürütülmesini sağlar.

Çalışmanın sonuçları, havayolu şirketlerinin operasyonel verimliliğini artırmak ve personel yorgunluğunu azaltmak için daha akıllı çizelgeleme yöntemlerini benimsemeleri gerektiğini göstermektedir. Ancak, her havayolu şirketinin ihtiyaçları farklı olduğundan, çizelgeleme algoritmalarının esnek ve uyarlanabilir olması büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, gelecekteki araştırmaların, çeşitli havayolu şirketlerinin operasyonel gereksinimlerini karşılamak için daha spesifik çözümler geliştirmeye odaklanması gerekmektedir.

## KAYNAKÇA

- Akdaş, E. ve Eren, T. (2023). Afet ve acil durum yönetiminde psikososyal destek ekiplerinin çizelgelenmesi: Bingöl örneği. *Disaster Science and Engineering*, 9(1), 23-33.
- Akdaş, E. ve Eren, T. (2025). Arama kurtarma ekiplerinin atanması: Olası Bingöl depremi örneği. *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, 5(2), 128-147.
- Aksu, E. Ö. ve Temiz, İ. (2021). Havayolu operasyonlarında dayanıklı ekip eşleme için eniyileme yaklaşımı: Bir havayolu şirketi uygulaması. *Politeknik Dergisi*, 24(2), 417-429.
- Az, M. T. ve Ayvaz, B. (2022). Havayolu ekip rotasyon optimizasyonu için genetik algoritma kullanımı. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 21(42), 194-210.
- Çankaya, G. ve Arıkan, M. (2009). Sütun oluşturma yaklaşımı ile bir havayolu ekip çizelgeleme uygulaması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 24(1), 1-16.
- Çetin, E. İ. (2008). Uçuş ekip planlamada genetik algoritmalar yönteminin kullanılması [Doktora tezi, Gazi Üniversitesi].
- Çetin, E. İ., Kuruüzüm, A. ve Irmak, S. (2008). Ekip çizelgeleme probleminin küme bölme modeli ile çözümü. *Journal of Aeronautics and Space Technologies*, 3(4), 47-54.
- Deng, G. F. ve Lin, W. T. (2011). Ant colony optimization-based algorithm for airline crew scheduling problem. *Expert Systems with Applications*, 38(5), 5787-5793.
- Dündar, D. R., Sarıççek, İ. ve Yazıcı, A. (2021). Bakım faaliyetlerini dikkate alan makine çizelgeleme: Literatür araştırması. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 26(2), 737-756.
- Eren, T. ve Ünal, F. M. (2016). Hedef programlama ile nöbet çizelgeleme probleminin çözümü. *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, 4(1), 1-10.
- Eren, T., Varlı, E. ve Aktürk, M. S. (2017). Tam gün vardiyalı ve özel izin istekli hemşire çizelgeleme probleminin hedef programlama ile çözümü. *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(2), 1-16.
- Eren, T., Yelek, A., Demirel, B. ve Alağaç, H. M. (2018). Kısmi zamanlı çalışan personellerin çizelgelenmesi: Kırıkkale Üniversitesi Merkez Kütüphanesi örneği. *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(2), 313-330.
- Gershkoff, I. (1989). Optimizing flight crew schedules. *Interfaces*, 19(4), 29-43.
- Graves, G. W., McBride, R. D., Gershkoff, I., Anderson, D. ve Mahidhara, D. (1993). Flight crew scheduling. *Management Science*, 39(6), 736-745.
- Gür, Ş., Pınarbaşı, M., Alakaş, H. M. ve Eren, T. (2023). Operating room scheduling with surgical team: A new approach with constraint programming and goal programming. *Central European Journal of Operations Research*, 31(4), 1061-1085.
- Karaboğa, D. (2011). *Yapay zeka optimizasyon algoritmaları* (Genişletilmiş 2. basım). Nobel Yayın Dağıtım.
- Kasirzadeh, A., Saddoune, M. ve Soumis, F. (2017). Airline crew scheduling: Models, algorithms, and data sets. *EURO Journal on Transportation and Logistics*, 6(2), 111-137.

- Kırca, Ö. (1987). Çizelgelemenin verimliliğe katkısı. *Makina Tasarım ve İmalat Dergisi*, 1(3), 142-146.
- Medard, C. P. ve Sawhney, N. (2007). Airline crew scheduling from planning to operations. *European Journal of Operational Research*, 183(3), 1013-1027.
- Orhan, İ. E., Kapanoğlu, M. ve Karakoç, T. H. (2010). Havayolu operasyonlarında planlama ve çizelgeleme.
- Ouyang, W. ve Zhu, X. (2023). Havayolu mürettebat çizelgelemesinde paralel genetik algoritma çerçevesine sahip meta-sezgisel çözücü. *Sürdürülebilirlik*, 15(2), 1506.
- Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü. (2014). *Uçucu ekip uçuş görev ve dinlenme süreleri ile uygulama esasları talimatı (SHT-6A.50 Rev. 05)*. Erişim: 04.04.2024, <https://web.shgm.gov.tr>
- Tam, B., Ryan, D. ve Ehrgott, M. (2014). Multi-objective approaches to the unit crewing problem in airline crew scheduling. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 21(5-6), 257-277.
- Ünal, H. T. (2018). *AWACS uçaklarında ekip çizelgeleme probleminin genetik algoritmalar yöntemiyle çözümü* [Doktora tezi].
- Üstündağ, Y. (2014). Ekip çizelgeleme problemi. *Demiryolu Mühendisliği*, 1, 72-83.
- Üzülmez, M., Ateş, S. S. ve Çalışkan, A. (2018). Havayolu operasyonlarında uçucu ekip planlama ve ekip rotasyon optimizasyonu: Bir hava kargo işletmesinde uygulama. *Electronic Turkish Studies*, 13(18), 1-20.
- Vance, P. H., Barnhart, C., Johnson, E. L. ve Nemhauser, G. L. (1997). Airline crew scheduling: A new formulation and decomposition algorithm. *Operations Research*, 45(2), 188-200.
- Wang, J. (2024). Havayolu ekibi optimizasyonu çizelgeleme problemi. *Uluslararası Çekirdek Mühendislik Dergisi*, 10(5), 23-33.
- Wang, Y., Wong, K. ve Xu, M. (2023, Aralık). Kişisel odaklı havayolu mürettebatı planlaması: Mürettebat tercihlerinin ve memnuniyetinin anlaşılması. 27. *Uluslararası Hong Kong Ulaştırma Araştırmaları Derneği Konferansı: Ulaştırma ve Eşitlik, HKSTS 2023* (ss. 608-613). Hong Kong Ulaştırma Araştırmaları Derneği Limited.
- Wen, X., Sun, X., Sun, Y. ve Yue, X. (2021). Airline crew scheduling: Models and algorithms. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 149, 102304.
- Yaman, N. ve Atmaca, E. (2024). Havayolu bozulma yönetiminde gecikme tahmini için makine öğrenmesi algoritmaları ile sınıflandırma. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 39(4), 2031-2040.
- Yangınlar, G. ve Tuna, F. (2020). Havayolu taşımacılığında hizmet kalitesinin kurumsal imaj, müşteri memnuniyeti ve müşteri sadakati üzerindeki etkisi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 12(1), 173-187
- Yardımcı, F., Başbakkal, Z., Beytut, D., Muslu, G. ve Ersun, A. (2012). Ekip çalışması tutumları ölçeğinin geçerlilik ve güvenilirlik çalışması. *Anatolian Journal of Psychiatry/Anadolu Psikiyatri Dergisi*, 13(2), 131-137.

Yen, J. W. ve Birge, J. R. (2006). A stochastic programming approach to the airline crew scheduling problem. *Transportation Science*, 40(1), 3-14.

Yılmaz Kaya, B. (2018). Ekip çizelgeleme probleminde insani faktör etkilerinin incelenmesi ve bir karar destek sistemi önerisi [Doktora tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].

Yılmaz, K. (2020). Türkiye’de eğitim yönetimi araştırmalarında kullanılan bazı veri toplama araçları ile ilgili bir değerlendirme. *Dumlupınar Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(1), 1-18.

Yurdakul, K., Alakaş, H. M. ve Eren, T. (2021). Evde sağlık hizmetlerinin planlanması: Araç rotalama ve ekip çizelgeleme. *Journal of Turkish Operations Management*, 5(2), 703-720.

Yurdakul, K., Alakaş, H. M., Eren, T. ve Gür, Ş. (2020). Yaşlılara evde bakım hizmetinde bulunan ekiplerin rotalanması: Büyükşehir belediyesinde bir uygulama. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(1), 206-223.

