

## HAVACILIKTA KULLANILAN BAĞLANTI ELEMANLARININ TOPSIS YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ

### DETERMINATION OF FASTENERS USED IN AVIATION BY THE TOPSIS METHOD

Emir AY<sup>1</sup>  
Berkant AKGÜN<sup>2</sup>  
Hilem ORMAN<sup>3</sup>  
Simge Hilal İVACIK<sup>4</sup>  
Şafak KOCAKALAY<sup>5</sup>  
Kadir DURDU<sup>6</sup>

Makale Geliş Tarihi/Date of Submission : 27.06.2024

Makale Kabul Tarihi/Date of Acceptance : 19.09.2024

Araştırma Makalesi/Research Article

Doi: 10.17339/ejovoc.1505646

#### Öz

Sanayi Devrimi'nden bu yana teknolojik gelişmelerin hızlanması ve bu hızlı gelişmelerin üretim sistemlerini doğrudan etkilemesi üzerine sistemlerin verimliliği artarken israflarda azalmalar gözlemlenmiştir. Özellikle bilgisayar sistemlerinin de üretim sistemlerine dahil olması ile fabrikalarda bulunan süreçlerde önemli ölçüde hız kazanılmış ve kolaylıklar sağlanmıştır. Son yıllarda dijitalleşmenin ve yazılım programlarının kullanımının artması ile firmalar spesifik sorunlarına çözüm üretebilir hale gelmişlerdir. Bu çalışmada Türk Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş. (TUSAŞ) içerisinde kullanılan bağlayıcıların karar verilme süreçleri için bir iyileştirme yapılmıştır. Yapılan iyileştirme çalışmasının kapsamı firma içerisinde yeni üretilen projeler için bağlayıcıların karar verilmesi noktasında yaşanan süreçleri farklı ölçütleri bir arada düşünerek daha hızlı ve etkin çözümler önermektedir. Çalışmanın ana hedefi uygun bağlayıcıların seçilmesini hızlandırmak ve tedarik sürelerini en aza indirmektir. Bu seçimler bir arayüz yardımı ile gerçekleştirilerek kullanıcı dostu bir yapı oluşturulmak istenmiştir. Bu amaçla C# ve SQL programlama dillerinden faydalanılarak bir sistem tasarlanmıştır. Tasarlanan bu sisteme karar verme tekniklerinden olan TOPSIS yönteminin entegrasyonu ile bağlayıcıların seçimini sağlayan bir sistem oluşturulmuştur. Bu arayüzde aynı zamanda bağlayıcılara ait görseller de yer almaktadır. Sonuç olarak tasarlanan bu arayüz ile bağlayıcı seçimleri istenen kısıtlar dahilinde sistematik bir şekilde gerçekleştirilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Bağlantı Elemanları, TOPSIS, Çok Kriterli Karar Verme, Havacılık

#### Abstract

Since the Industrial Revolution, the acceleration of technological developments and the direct impact of these rapid developments on production systems have increased the efficiency of the systems and a decrease in waste has been observed. Especially with the inclusion of computer systems in the production systems, the processes in the factories have been significantly accelerated and conveniences have been provided. In recent years, with the increase in digitalization and the use of software programs, companies have become able to produce solutions to their specific problems.

In this study, an improvement has been made for the decision-making processes of the fasteners used in Turkish Aerospace Industries. The scope of the improvement work is to propose faster and more effective solutions by considering different criteria in the processes involved in deciding on fasteners for new projects to be produced within the company. The main objective of the study is to expedite the selection of proper fasteners and minimize lead times. These selections were made with the help of an interface to create a user-friendly structure. For this purpose, a system has been designed using C# and SQL programming languages. With the integration of the TOPSIS method, which is one of the decision-making theories, a system has been created that enables the selection of fasteners. This interface also includes images of the fasteners. As a result, with this interface designed, fastener selections are carried out systematically within the desired constraints.

**Keywords:** Fastener, TOPSIS, Multi Criteria Decision Making, Aviation

**Atf (Citation):** Ay, E., Akgün, B., Orman, H., İvacık, S. H., Kocakalay, Ş. ve Durdu, K. (2024). Havacılıkta kullanılan bağlantı elemanlarının TOPSIS yöntemiyle belirlenmesi. *Electronic Journal of Vocational Colleges (EJOVOC)*, 14(2), 1-12. <https://doi.org/10.17339/ejovoc.1505646>

<sup>1</sup> Lisans Öğrencisi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, ayyemirr@gmail.com, ORCID: 0009-0000-1427-3737

<sup>2</sup> Lisans Öğrencisi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, berkantakgun@outlook.com, ORCID: 0009-0000-5667-2007

<sup>3</sup> Lisans Öğrencisi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, hilem12345\_orman@hotmail.com, ORCID: 0009-0002-8541-2276

<sup>4</sup> Lisans Öğrencisi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, simgeivacik@gmail.com, ORCID: 0009-0004-2936-2432

<sup>5</sup> Prof. Dr., Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, safak.kocakalay@dpu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7041-4722

<sup>6</sup> Kıdemli Yapısal Tasarım Mühendisi, Türk Havacılık ve Uzay Sanayi, kadir.durdu@tai.com.tr, ORCID: 0009-0005-4713-6268

## EXTENDED ABSTRACT

### Introduction

Today, with the developing technology, it is necessary to work to ensure competition and reduce costs with a quality production process. There are different decision-making points in different sectors, and more accurate decisions can be made faster with the approaches developed. The aviation industry is an extremely important sector and the slightest mistake can cause different situations to occur. For this reason, improvement efforts can be carried out to prevent errors and to make healthier decisions in a shorter time.

In this study, a study was carried out on the fastener selection problem, which is a problem aimed to be improved by the Turkish Aerospace Industry. There are thousands of fasteners in a fighter jet or similar project. TOPSIS method, which is widely used in the literature, was used with the idea that more than one criterion would be effective in solving the problem. A system supported by a user-friendly interface has been designed for the decision-making process. The system was created using C# and SQL programming languages. Data regarding fasteners were obtained from data within "Cherry Aerospace". Turkish Aerospace Industries Inc. There are fasteners used for projects designed and developed within the company and for other aviation activities. The selection of these fasteners is made by the relevant engineers. These decisions of the company may differ at different times and with people with different experiences. Such situations cause binding election processes to slow down or different decisions to be made. Lost time creates an additional cost. There is a certain process for the selection of fasteners, but a regular and more systematic selection process is needed. There is a need for a system with an interface that will accelerate and facilitate the processes in the selection of fasteners for both the current engineers in the company and the engineers who will join the company staff later.

In today's rapidly developing and digitalizing world, it seems that an information system is needed for this problem experienced within the company. With the design of an information system, all fasteners should be easily monitored with the help of an interface. It is also very important to have images of the fasteners at this point. The appropriate decision-making method for this information system must be selected and the relevant data must be processed and run in the background of the system. In this way, engineers will be provided with significant support in deciding on fasteners in a short time.

### Method

In this study, a study was carried out on the fastener selection problem, which is a problem aimed to be improved by the Turkish Aerospace Industry. There are thousands of fasteners in a fighter jet or similar project. TOPSIS method, which is widely used in the literature, was used with the idea that more than one criterion would be effective in solving the problem. A system supported by a user-friendly interface has been designed for the decision-making process.

### Findings

In this study, a system that enables multi-criteria decision making regarding fastener selection is designed. With this designed system, the user will be able to make fastener selections easily and quickly. There are 7 features and criteria in the system. These are length, diameter, cost, weight, conductivity, strength and material type. Filtering options can be made for some features. On the other hand, the decision-making process is run with the TOPSIS method for three criteria. After filling in the "Quantity Required" section on the task bar, the user can enter the total values in the budget and weight sections. The user who does not want to impose any restrictions on budget, weight and strength criteria can only enter weight values without entering any restrictions. Values must be entered so that the sum of the weight values is 1. At this point, the system does not allow the weights to exceed 1.

Information about the fasteners in the system can be easily viewed in the table. There are also images of the fasteners. In this way, it will be easier for a new user who will choose the fastener to match the fastener name and image in his mind.

### Discussion and Conclusion

Fasteners selections are carried out systematically within the desired constraints by proposed system. The system is designed to be usable in other departments in the company. At this point, it is possible to make it usable in different departments by changing the criteria and features. Areas such as structural design, structural analysis, supply and purchasing can also be used.

## GİRİŞ

Günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte, kaliteli bir üretim süreci sağlamak ve maliyetleri azaltmak adına çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Farklı sektörlerde farklı karar verme noktaları bulunmakta olup, geliştirilen yaklaşımlar sayesinde daha doğru kararlar daha hızlı bir şekilde alınabilmektedir. Havacılık sektörü, son derece önemli bir sektör olup, yaşanabilecek en ufak hata büyük sorunlara yol açabilmektedir. Bu nedenle, hataların önüne geçmek ve daha sağlıklı kararları daha kısa sürede alabilmek için iyileştirme çalışmaları gerçekleştirilmelidir.

Bu çalışmada, TUSAŞ tarafından iyileştirilmesi hedeflenen bağlayıcı seçim problemi ele alınmıştır. Bağlayıcılar, en genel tanımı ile iki ya da daha fazla bileşenin mekanik olarak birleştirilmesini veya sabitlenmesini sağlayan donanım elemanlarıdır. Cıvata, esnek cıvata, germe cıvatası, vida, perçin, kör perçin, geniş kafalı perçin, örümcek perçin, paslanmaz çelik perçin gibi elemanlar bağlayıcı olarak bilinmektedir. Bir savaş uçağında veya benzer bir projede binlerce bağlayıcı bulunmaktadır.

TUSAŞ, herhangi bir projenin tasarım aşamasında ilgili bağlayıcılara karar vererek bu elemanların tedarik edilmesini sağlamaktadır. Mevcut süreçte bazı sıkıntılar olması nedeniyle daha kullanışlı bir sistemin tasarlanmasına karar verilmiştir. Bağlayıcı seçim sürecinde birden fazla ölçütün etkili olması nedeniyle, literatürde yaygın olarak kullanılan TOPSIS yöntemi tercih edilmiştir. Karar verme sürecini desteklemek için kullanıcı dostu bir arayüzle desteklenen bir sistem tasarlanmıştır. Sistem, C# ve SQL programlama dilleri kullanılarak oluşturulmuştur. Bağlayıcılara ilişkin veriler için örnek bir proje ele alınmış ve sonuçlar farklı kullanıcılar tarafından değerlendirilmiştir.

TUSAŞ'ta tasarlanan ve geliştirilen projeler ile diğer havacılık faaliyetleri için kullanılan bağlayıcılar ilgili mühendisler tarafından seçilmektedir. Firmanın bu kararları farklı zamanlarda farklı tecrübeye sahip kişiler tarafından alındığı için seçim süreçlerinde farklılıklar olabilmektedir. Bu durum, bağlayıcı seçim süreçlerinin yavaşlamasına veya farklı kararlar alınmasına neden olabilmektedir. Bu durumda kaybedilen zaman ek bir maliyet oluşturmaktadır. Bağlayıcıların seçimiyle ilgili belirli bir süreç bulunmakta ancak daha kurallı ve sistematik bir seçim sürecine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışma ile hem mevcut mühendisler hem de yeni katılacak mühendisler için bağlayıcı seçim süreçlerini hızlandıracak ve kolaylaştıracak bir sistem önerilmiştir.

Günümüzün hızla gelişen ve dijitalleşen dünyasında, firma içerisinde yaşanan bu sorun için bir bilgi sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sistem sayesinde tüm bağlayıcılar bir arayüz yardımıyla kolaylıkla izlenebilmeli ve bağlayıcılara ait görsellerin bulunması sağlanmalıdır. Karar verme yöntemlerinden uygun olanı seçilerek, sistemin arka planında ilgili verileri işleyip çalışması gerekmektedir. Bu sayede, bağlayıcıların seçiminde mühendisler kısa sürede önemli bir destek almış olacaklardır.

## LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri, birden fazla ölçütü dikkate alarak en iyi kararı vermeyi amaçlayan sistematik süreçlerdir. Bu yöntemler, karmaşık karar verme durumlarında kullanılır ve farklı kriterlerin önemini değerlendirerek en uygun seçeneği belirlemeye yardımcı olur. Başlıca ÇKKV yöntemleri şunlardır: Ağırlıklandırılmış Toplam (WSM), Ağırlıklandırılmış Ürün (WPM), Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), Analitik Ağ Süreci (ANP), TOPSIS, VIKOR, ELECTRE ve PROMETHEE. Bu yöntemler, farklı karar problemleri için uygun çözümler sunar ve karar vericilere sistematik bir yaklaşım sağlar.

TUSAŞ için hazırlanan bu proje kapsamında bir literatür araştırması gerçekleştirilmiştir. Yapılan araştırmalara göre çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan TOPSIS yönteminin kullanımının literatürde yaygın olduğu görülmektedir. Havacılıkta kullanılan bağlayıcılara yönelik bir seçim ise literatürde yer almamaktadır. Önerilen bilgi sistemi de çalışmanın farklılığını göstermektedir. Bu çalışmadaki literatür araştırması iki başlık altında değerlendirilmiştir. Birincisi TOPSIS yönteminin savunma sanayisi alanındaki problemlere yönelik çalışmaları içermekte diğeri ise savunma sanayinin dışındaki farklı sektörlerdeki problemlere yönelik çalışmaları içermektedir.

### **TOPSIS Yönteminin Savunma Sanayi Alanındaki Kullanımı**

Yürekli (2008), Türk Silahlı Kuvvetleri'nin ihtiyacını karşılayacak en uygun taarruz helikopterinin seçimi üzerine çalışmışlardır. Seçimi yapılacak 6 ayrı helikopter alternatifine karar verilmiştir. Bu 6 alternatifin değerlendirilmesi için ise 8 adet kriter belirlenmiştir. Değerlendirme çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan ELECTRE yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan çözümlere göre İtalyan A-129 uçağı birinci sırada yer almıştır.

Tekinay ve Batı (2022) yaptıkları çalışmada askeri amaçlı kullanılan insanız hava araçlarının teknik özelliklerine ve tedarik edilme süreçlerine ilişkin çok kriterli karar verme yöntemleri ile değerlendirmişlerdir. Çalışmada TOPSIS ve Bulanık TOPSIS yöntemleri kullanılmışlardır. TOPSIS yönteminde kullanılmak üzere 3 yerli ve 5 yabancı firmadan

insanız hava araçlarına yönelik teknik veriler derlenmiştir. Çalışmada değerlendirilen kriterler havada kalış süresi, maksimum irtifa, faydalı yük kapasitesi, seyir hızı ve maksimum hızdır. Çalışmanın sonucunda TOPSIS yöntemiyle yapılan değerlendirmeler sonucunda sırasıyla Yabhon United 40 ve Predator C Avenger; bulanık TOPSIS yöntemiyle yapılan değerlendirmeler sonucunda ilk sırada Heron TP modeli belirlenmiştir.

Oktay (2021) çalışmasında, 5 adet firmanın endüstri 4.0'a hangi ölçüde geçişini tamamlayabildiğine dair bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu amaçla MACBETH yöntemi kullanılarak 17 adet kriterin ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra bu ağırlıklar TOPSIS yönteminde kullanılarak firmaların kriterler bazındaki uygunluk değerleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak 5 numaralı firma Endüstri 4.0'a diğer 4 firmaya göre daha büyük ölçüde geçiş sağlamıştır.

Duman (2021) Türkiye'nin savunma politikaları gereği ihtiyaç duyduğu hava savunma sistemlerinin seçimine yönelik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada değerlendirilen alternatifler Türkiye'nin sınır ülkelerinde kullanılan hava savunma sistemleridir (S-400, Patriot, ASTER, MEADS, HQ-9). Alternatiflere ilişkin seçimler için maliyet, menzil, irtifa, maksimum hız, füze ağırlığı ve radar menzili kriterleri ele alınmıştır. Daha sonra önemli görülen kriterlerin karşılaştırmaları yapılmak üzere AHP, TOPSIS, Analitik Serim Süreci, Basit Toplam Ağırlıklandırma, Ağırlık Çarpım ve ELECTRE yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda S-400 hava savunma sistemi en iyi alternatif olarak belirlenmiştir.

Ayut ve Kabadayı (2020), Türkiye'de hizmet veren uçak ile kargo hizmeti veren kargo şirketi için uçak seçimi problemini ele almışlardır. Bu çalışmada, maliyet, operasyonel uyumluluk ve zaman olmak üzere üç ana kriter adı altında 16 alt kriter belirlenmiştir. Kriterlerin, ağırlık hesaplamalarında bulanık AHP yöntemi, kargo uçakları sıralamasında bulanık gri ilişkisel analiz (GIA) yöntemleri kullanılmıştır. Sonuç olarak, kargo şirketi için en uygun uçak tipinin B777F olduğu belirlenmiş, ardından A320-200F, A310-300F ve B747-400F gelmiştir.

Uçakcioğlu ve Eren (2017) çalışmasında, hava savunma sanayisinde faaliyet gösteren bir işletme için yatırım projelerinin seçimi problemi ele alınmıştır. Bu problemde, yatırım projesi seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve VIKOR yöntemleri kullanılmıştır.

Eren ve Azeer (2024) çalışmalarında, çevrimiçi seyahat işlemlerinin gerçekleştirilmesi için hangi kriterlerin önemli olduğunu araştırmışlardır. Ayrıca, kullanıcıların belirlenen kriterlere göre hangi platformları tercih edebileceği incelenmiştir. Çalışmada, doğru alternatif sıralamasını belirlemek için AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır.

Durmaz ve Gencer (2020), Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığı'nın kullanımına uygun akrobasi uçağı seçimi için JSMAA programının yeni yazılımları SMAA-2 ve SWARASMAA-2 yöntemleri ile analiz edilmiştir. Uçak performansı, uluslararası prestij, pilot adaptasyonu, lojistik performans ve ekonomiklik kriterleri dikkate alınarak KT-1T, HÜRKUŞ-B, F-16 ve JF-17 uçakları arasında seçim yapılmış ve F-16'nın en uygun uçak olduğu bulunmuştur.

Eren ve Hamurcu (2020) çalışmalarında İHA seçimi problemini ele almışlardır. AHP ve TOPSIS yöntemini birleştirmişlerdir. 7 kriter belirlenmiş ve 6 adet İHA değerlendirilmiştir.

Sánchez-Lozano ve Radriguez (2020) çalışmalarında, ileri düzey askeri eğitim uçağı seçimine ilişkin bir karar problemini çözmüşlerdir. Bu çalışmada, askeri eğitim uçağı seçiminde dikkate alınması gereken 13 kriter belirlenmiş ve bu kriterlerin önem dereceleri AHP yöntemi ile hesaplanmıştır. Bu önem dereceleri RIM ve FRIM yöntemlerinde kullanılarak en iyi alternatif uçak belirlenmiştir.

Ersöz ve Kabak (2010), çok kriterli karar verme yöntemlerinin teorik temellerini ve kullanım amaçlarını inceleyerek bir sınıflandırma yapmışlardır. Ayrıca, Türk Savunma Sanayisinde yapılan akademik çalışmalarda en çok kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerini tespit etmişlerdir. Araştırma sonucunda, Hedef Programlama (HP) yöntemi ile en eski ve en çok bilinen yöntem olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yönteminin kullanıldığı, son yıllarda ise AHP yönteminin yerini Analitik Şebeke Süreci (ANP) yönteminin aldığı görülmüştür.

Aydın ve Eren (2018) çalışmasında, Türkiye'nin savunma sanayisi için kritik bir bileşen olan gövde parçası tedarikçisinin seçimi için AHP-TOPSIS melez yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada, kalite, maliyet, teslimat, makina parkuru, kalifiye işçilik ve teknik yeterlilik kriterlerine göre en iyi tedarikçi belirlenmeye çalışılmıştır.

Kurtay ve diğerleri (2021), Türk Savunma Sanayii'nde planlanan 20 jenerik projenin önceliklendirilmesi amacıyla 6 farklı Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemi kullanmıştır. Çalışmada, projelerin önceliklendirilmesi için 8 kriter belirlenmiş ve bu kriterlerin ağırlıkları AHP yöntemi ile hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, projelerin sıralanması için TOPSIS, VIKOR, MOORA, ARAS, EDAS ve MAUT yöntemlerinde kullanılmıştır. Bu yöntemler ile projelerin karşılaştırılması ve önceliklendirilmesi yapılmıştır.

## TOPSIS Yönteminin Diğer Sektörlerdeki Kullanımı

TOPSIS yöntemi son yıllarda ağırlıklı olarak ekonomi ve finans sektörleri başta olmak üzere çalışmalarda ele alınmıştır. Özkan ve Deliktaş (2020) gerçekleştirdikleri çalışmalarında Türkiye’de yer alan bankaların performanslarını TOPSIS yöntemi ile değerlendirmiştir. Yapılan çalışmalar doğrultusunda belirlenen finansal kriterler ile 2014-2018 yılları arasında en iyi faaliyet gösteren ve diğer bankalar arasında daha düşük performans gösteren bankalar belirlenmiştir. Yetiz (2021) 2016-2019 yılları arasında Türkiye’de faaliyet gösteren 5 Katılım bankasının finansal performanslarını TOPSIS yöntemi ile karşılaştırmıştır. Yapılan çalışmaya göre 12 finansal oran ifade edilen ölçütler ile ilgili yıllarda en iyi faaliyet gösteren Katılım bankaları belirlenmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının seçimi ile ilgili yapılan çalışmalarda da TOPSIS yönteminden yararlanılabilmektedir. Derse ve Yontar (2020) Türkiye geneli için yenilenebilir enerji alternatiflerinin eniyileme çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada SWARA ve TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. Karşılaştırmaların yapılabilmesi için belirlenen kriterler doğrultusunda Türkiye için en iyi enerji alternatifi seçilmiştir.

Çetin ve Alvalı (2020) yaptıkları çalışmada bu proje için gerçekleştirilen bağlayıcı seçimine benzer bir durumu çalışmalarında ele almışlardır. Demiryolu araçları için kritik parçalardan biri olarak ifade edilen ve kaynaklı çelik konstrüksiyondan imal edilen bojinin yapı malzemesine ilişkin en uygun seçim bu çalışmada gerçekleştirilmiştir. Birinci derecede ve ikinci derecede en uygun yapı malzemesi belirlenmiştir. Ayrıca birinci ve ikinci derece yapı malzemesinin kombinasyonu ile gerçekleştirilecek olan konstrüksiyonun daha iyi sonuçlar vereceği belirtilmiştir.

Sarımehmet ve diğerleri (2020), çalışmalarında Kırıkkale’de yüksek hızlı tren istasyonu için en uygun güzergahı belirlemek amacıyla Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Analitik Hiyerarşi Süreci, güzergah belirlemede kriter ağırlıklarının hesaplanmasında, TOPSIS ise güzergahların sıralanmasında kullanılmıştır. Bu yöntemler kullanılarak dört farklı tren hattı için en uygun güzergahlar belirlenmiştir.

Kaya ve diğerleri (2020), elektrikli araç şarj istasyonu için en uygun konumu belirlemek amacıyla çalışmalarını yürütmüşlerdir. İstanbul’da bulunan 100 farklı alternatif konumu değerlendirirken, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), PROMETHEE, VIKOR ve GIA yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre, PROMETHEE ve VIKOR analizleri benzer sonuçlar verdiği için yöntemin doğruluğunu teyit etmişlerdir.

Siksnyte-Butkiene ve diğerleri (2020), hanelerde yenilenebilir enerji teknolojilerini değerlendirmek için çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanan bilimsel çalışmaları incelemişlerdir.

Kıracı ve Akan (2020), belirsizlik altında ticari havayolu şirketlerinin yolcu uçağı seçimi için bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemlerini birleştirmiştir. Çalışma, teknik, ekonomik ve çevresel açılardan üç ana kriter ve on üç alt kriterle ilgili bir problemi araştırmıştır. Yazarlar öncelikle alt kriterler için bulanık AHP yöntemini uygulamış ve bu alt kriterlerden bazılarını ağırlıklarına göre elemişlerdir. Ardından, birinci adımda seçilen sekiz alt kriterin ağırlıklarını bulanık AHP ile belirlemişlerdir. Son olarak alternatiflerin performans değerlerini belirlemişlerdir. Literatürden seçilen toplam dört orta menzilli alternatif değerlendirilerek Airbus A321neo birinci sırada yer almıştır.

Köse (2021) yaptığı çalışmasında Türk Hava Yolları ve Pegasus Hava Taşımacılık A.Ş. belirli kriterler çerçevesinde 2014-2019 yılları arasındaki verileri analiz edilmiş olup yapılan analizde CASK ve RASK verileri Pegasus Havayollarında daha yüksek çıkmıştır. Yapılan analiz ikinci kısımda yedi adet finansal kriter kullanılarak TOPSIS yöntemi ile tekrar analiz edilmiştir. Bu sonuca göre de ilk analize benzer şekilde Pegasus Havayolları finansal açıdan Türk Hava Yolları’na göre daha başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Shen ve Yahya’nın (2021) çalışması, Güneydoğu Asya’da faaliyet gösteren düşük maliyetli havayollarının hizmet kalitesini incelemeyi ve yolcu memnuniyeti bağlantısı aracılığıyla fiyatın yolcu memnuniyeti üzerindeki etkisini araştırmayı amaçlamıştır. Araştırmacılar, literatürden farklı olarak, AIRQUAL modelini ilk kez Güneydoğu Asya’daki düşük maliyetli havayollarına uygulamışlardır. Aynı zamanda, yolcu memnuniyet seviyesini ölçmek için 200 yolcuyu anket aracılığıyla değerlendirmeye alarak bir veri seti elde etmişlerdir. Sonuç olarak, müşteri memnuniyeti ile fiyat arasında bir ilişki olduğunu gözlemlemişlerdir. Bu durumda, müşteri memnuniyetinin, böylesine yoğun rekabetin olduğu havacılık pazarında düşük maliyetli havayollarının hayatta kalması için hayati bir faktör olduğu sonucuna varmışlardır.

Chonsalasin ve diğerleri (2021) çalışmalarında, Tayland’daki havaalanlarının hizmet kalitesini ölçmeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla, yedi boyuttan oluşan bir hizmet kalitesi anketi, iç hat uçuşlarındaki 1037 yolcuya uygulanmıştır. Bu boyutlar: havaalanı erişimi, havaalanı ortamı, güvenlik hizmeti, yol bulma işaretlerinin işlevselliği, bilet gişeleri, havaalanı tehditleri ve havaalanı varış hizmetidir. Analize dahil edilen yedi boyuttan en önemlisinin güvenlik boyutu olduğuna sonucuna varmışlardır.

Usman ve diğerleri (2022), havalimanı hizmet kalitesi konusunda 2000-2020 yılları arasından 27 makaleyi kullanarak bir literatür taraması yapmıştır. Araştırmanın sonuçlarına göre, ilgili alanda teorik ve pratik bir boşluk olduğu gözlemlenmiş ve ayrıca yolcu memnuniyetine odaklanmanın hizmet zincirine olumlu bir etkisinin olacağı sonucuna varılmıştır.

Kocakaya ve diğerleri (2021), Türkiye'de bölgesel havacılık operasyonları için kullanılacak uçak modelleri arasından seçim yapmayı amaçlamışlardır. Bu çalışmada, maliyet, teknik özellikler ve emniyet gibi ana kriterlerin yanı sıra 10 alt kriter değerlendirilerek 9 alternatif uçak modeli incelenmiştir. Uçak seçim kriterlerinin ağırlıkları, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) metodunun küresel kümeler entegrasyonu ile elde edilmiştir. Alternatif uçakların sıralaması ise İdeal Çözüm Benzerlik Yoluyla Tercih Sıralaması (TOPSIS) metodunun küresel kümeler entegrasyonu ile yapılmıştır.

Tezcan (2024), havayolu işletmeleri için geniş gövdeli yolcu uçak tipi seçimini optimize etmeyi hedeflemiştir. Bu çalışmada, Pisagor Bulanık Kümeler ile Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve İdeal Çözüm Benzerlik Yoluyla Tercih Sıralaması (TOPSIS) hibrit modeli kullanılarak 6 kriter ve 8 alternatif uçak arasında seçim yapılmıştır.

Liu vd. (2019), Hata Türü ve Etki Analizi'nin (HTEA) etkililiğini artırmak ve başarısızlık türlerinin risklerini belirlemek amacıyla kapsamlı bir literatür incelemesi yapmışlardır. Bu incelemede, 1998 ile 2018 yılları arasında yayımlanmış 169 dergi makalesi ele alınmıştır. Çalışmada, GİA ve TOPSİS yöntemlerinin en çok kullanıldığı belirtilmiştir.

## YÖNTEM

Bu çalışmada bağlayıcıların seçimine ilişkin kütle ve maliyet kriterlerini değerlendirmek üzere 1981 yılında Hwang ve Yoon tarafından geliştirilen, çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. (Shyjith ve diğerleri, 2008). Bu yöntemde amaç ideal çözüme en yakın olan seçeneğin karar verilmesine yöneliktir.

Bağlayıcıların seçilmesinde kullanıcıların talebi üzerine birçok ölçüt için filtrelemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle önerilen sistem içerisinde filtreleme süreci ve TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Uzunluk, çap, malzeme türü ve iletkenlik filtreleme ile kararlaştırılmaktadır; kütle, maliyet ve mukavemet kriterleri ise TOPSIS yönteminden yararlanılarak değerlendirilmektedir. Sistem kütle ve maliyet değerlerinin en küçüklenmesini sağlarken mukavemet değerlerinin en büyüklenmesini sağlamaktadır. Gerçekleştirilen literatür taraması sonucunda yaygın kullanımı ve başarılı sonuçlar elde edilmesi nedeniyle bu yaklaşım tercih edilmiştir. Aşağıda TOPSIS yöntemine ilişkin genel matematiksel işlem adımları yer almaktadır:

### Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması

Satırlarında alternatifler sütunlarında ise değerlendirme kriterleri yer alan karar matrisleri oluşturulur (Çaylak, 2019).

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

### Adım 2: Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması (Normalizasyon)

Normalize karar matrisi elemanları eşitlik 2 ve normalize karar matrisi ise eşitlik 3'teki gibi elde edilir.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (2)$$

Normalize matris aşağıdaki gibi elde edilir;

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (3)$$

### Adım 3: Ağırlıklandırılmış Karar Matrisinin Oluşturulması

Normalize matrisin her bir sütunundaki elemanlar ( $r_{ij}$ ) ilgili sütunun ifade ettiği değerlendirme kriterine ilişkin ağırlık değeri ( $w_i$ ) ile çarpılarak ağırlıklandırılmış normalize matris elde edilir. Bu matrise ait elemanlar  $v_{ij}$  şeklinde sembolize edilir (Avcı ve Çınaroğlu, 2018).

$$V = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_m r_{1m} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_m r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{n1} & w_2 r_{n2} & \dots & w_m r_{nm} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1m} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{n1} & v_{n2} & \dots & v_{nm} \end{bmatrix} \quad (5)$$

#### Adım 4: Pozitif İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Değerlerinin Belirlenmesi

İdeal çözüm setinin oluşturulabilmesi için, pozitif ideal ( $A^*$ ) ve negatif ideal ( $A^-$ ) çözüm değerleri hesaplanır. İlk olarak, en büyükleme amacı içeren değerlendirme kriterlerine ait sütunlarda en büyükleme değerler belirlenirken, en küçükleme amacı içeren değerlendirme kriterlerine ait sütunlarda ise minimum değerler tespit edilir. Bu değerler pozitif ideal çözüm değerleri ( $A^*$ ) olarak adlandırılır. Ardından, en büyükleme amacı içeren değerlendirme kriterlerine ait sütunlarda minimum değerler, en küçükleme amacı içeren değerlendirme kriterlerine ait sütunlarda ise maksimum değerler belirlenir. Bu değerlere de negatif ideal çözüm değerleri ( $A^-$ ) denir (Avcı ve Çınaroğlu, 2018).

$$A^* = \left\{ (\max_i v_{ij} \mid j \in J), (\min_i v_{ij} \mid j \in J) \right\} \quad (6)$$

$$A^- = \left\{ (\min_i v_{ij} \mid j \in J), (\max_i v_{ij} \mid j \in J) \right\} \quad (7)$$

#### Adım 5: Pozitif İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Değerlerine Olan Uzaklıkların Hesaplanması

Pozitif ideal ve negatif ideal çözümlere olan uzaklık değerlerinin ( $S^+$  ve  $S^-$ ) hesaplanması için öklidyen uzaklık formülleri kullanılır. (Avcı ve Çınaroğlu, 2018).

Pozitif İdeal Uzaklık;

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - v_j^*)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

Negatif ideal uzaklık;

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - v_j^-)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

#### Adım 6: İdeal Çözüme Olan Uzaklığın Hesaplanması

Her bir karar alternatifinin ideal çözüme göreli yakınlık değerini hesaplamak için pozitif ve negatif ideal çözümlere olan uzaklık değerleri kullanılır. Pozitif ideal çözüme yakınlık değeri  $C_i^*$  şeklinde ifade edilir ve 0 ile 1 arasında değer alır.  $C_i^* = 1$  ise, karar alternatifinin pozitif ideal çözüme mutlak yakınlığını ifade ederken,  $C_i^* = 0$  ise negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir (Özdemir, 2015). Bu değerler sıralanarak her bir karar alternatifi için önem sırası belirlenir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (10)$$

## BULGULAR

TUSAŞ içerisinde kullanılan bağlayıcıların karar verme süreçleri için bir iyileştirme ve geliştirme çalışması yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada bağlayıcıların karar verilmesinde yaşanan subjektif kararların önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Bu maksatla arayüze sahip çok ölçütlü karar verme tabanlı bir bilgi sistemi tasarlanmıştır. Deneme çalışmaları için de bir bağlayıcı grubu olan “Cherry Aerospace” bünyesindeki verilerden yararlanılmıştır.

TUSAŞ’ın mevcut ve planlanan projelerindeki ihtiyaçları doğrultusunda bağlayıcı seçimine yönelik 7 kritere karar verilmiştir. Kriterlerin belirlenmesinde literatürün taranması ve uzman görüşleri etkili olmuştur. Bu ölçütler bir bağlayıcıya ilişkin uzunluk, çap, kütle, maliyet, malzeme türü, iletkenlik ve mukavemettir. Bağlayıcılara ait ağırlık, maliyet ve mukavemet kriterleri TOPSIS yöntemi kullanılarak; uzunluk, çap, malzeme türü ve iletkenlik özellikleri ise filtreleme yapılarak optimum sonuç aranacaktır. Kullanıcı sistemde öncelikle istenen filtreleme işlemleri gerçekleştirecektir. Bu işlemin ardından kalan bağlayıcılar için TOPSIS tuşuna tıklanarak ilgili işlemler sistem tarafından çalışacaktır. Sistem en iyi seçimi bir pencere açarak kullanıcıya sunacaktır. En iyi seçim için açılan pencere kapatıldıktan sonra arayüzün sol üst köşesinde bir tablo ortaya çıkacaktır. Bu tabloda bağlayıcılara ilişkin “İdeal Çözüme Yakınlık Değerleri” görülebilecektir. Bu değer sistemde “C\*” şeklinde gösterilmektedir. İdeal çözüme yakınlık değeri en yüksek olan değer en iyi seçenektir.

Sanayi danışmanımızın talebi üzerine sistemdeki bağlayıcılara ait görseller de sisteme eklenmiştir. Bu sayede yeni kullanıcıların bu sisteme ve bağlayıcı türlerine hızlı uyum sağlayabilmesi amaçlanmaktadır.

BAGLAYICI_ID	BAGLAYICI_AD	BAGLAYICI_GRUP	BAGLAYICI_OLCUMLERI	BAGLAYICI_BIRIM_MALİYET_ÜSSÜ	BAGLAYICI_AĞIRLIK	BAGLAYICI_İLETKENLİK	BAGLAYICI_MUKAVEMET	BAGLAYICI_MALZEME	BAGLAYICI_RESİM
1901	Deneme	2	3	0,2	0,7	Ene	1042	Titanium	
1902	CR7774S-EN-ENP	3,38	4,142	0,23912347845	0,683047817	Ene	1042,3903	Titanium	
1903	CR7774S-EN-ENP	7,928	4,142	0,2742210020	0,791742201	Ene	1042,3903	Titanium	
1904	CR7774S-EN-ENP	0,393	4,142	0,3097674259	0,683047817	Ene	1042,3903	Titanium	
1905	CR7774S-EN-ENP	10,376	4,142	0,3402091701	0,683047817	Ene	1042,3903	Titanium	
1906	CR7774S-EN-ENP	11,368	4,142	0,351317030	1,08621988	Ene	1042,3903	Titanium	
1907	CR7774S-EN-ENP	13,6128	4,142	0,4158442228	1,1331122284	Ene	1042,3903	Titanium	
1908	CR7774S-EN-ENP	15,113	4,142	0,4202761170	1,2362323338	Ene	1042,3903	Titanium	

Şekil 1. Bağlayıcı Seçimine İlişkin Tasarlanan Sistem

Görev çubuğu tanıtımı (Şekil 1.): 1 numaralı bölümde, eklenmesi, silinmesi, güncellenmesi ya da resim eklenmesi istenen bağlayıcıya ilişkin bilgiler girilmelidir. 2 numaralı bölüm, 1 numaralı alanda istenen bilgiler girildikten sonra veri ekleme amacını sağlar. 3 numaralı bölüm, 1 numaralı alanda istenen bilgiler girildikten sonra veri silme amacını taşır. 4 numaralı bölüm, 1 numaralı alanda istenen bilgiler girildikten sonra ilgili verinin güncellenmesi için kullanılır. 5 numaralı bölüm, 1 numaralı alanda istenen bilgiler girildikten sonra ilgili bağlayıcıya ait resim eklenmesini sağlar. 6 numaralı bölümde gereken adet, grip (uzunluk), diameter (çap), bütçe, ağırlık, iletkenlik, mukavemet ve malzeme türü özellikleri mevcuttur. Bağlayıcılara ait maliyet, ağırlık ve mukavemet kriterleri (ölçütleri) TOPSIS yöntemiyle değerlendirilebilmektedir. Değerlendirilmesi istenen bu üç ölçütün ağırlıkları ( $W_i$ ) sistemi kullanan mühendis tarafından ilgili kutucuklara girilmelidir. Bu üç ölçütün dışında kalan özellikler ise filtreleme yaparak bağlayıcıların elenmesini sağlar. Kullanıcı, ağırlıkların toplamı 1 olacak şekilde ilgili kutucukları doldurmalıdır. 7 numaralı bölümdeki “filtre” seçeneği, TOPSIS yöntemi kullanılmadan önce filtreleme işlemini gerçekleştirmek için kullanılır. 8 numaralı bölümdeki “TOPSIS” seçeneği, kullanıcının filtreleme işlemlerini gerçekleştirdikten sonra kullanacağı bir seçenektir. TOPSIS seçeneği kullanıldığında, sistem filtrelenen bağlayıcılar arasından en iyi alternatifi kullanıcıya sunar.



BAGLAYICI_ID	BAGLAYICI_AD	BAGLAYICI_SIRNO	BAGLAYICI_DURUM	BAGLAYICI_BIRIM	BAGLAYICI_LANIR	BAGLAYICI_LETNIK	BAGLAYICI_MUKAV	BAGLAYICI_MALZ
1000	ORTAĞLIK 09-09-09	1.000	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1001	ORTAĞLIK 09-09-09	1.001	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1002	ORTAĞLIK 09-09-09	1.002	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1003	ORTAĞLIK 09-09-09	1.003	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1004	ORTAĞLIK 09-09-09	1.004	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1005	ORTAĞLIK 09-09-09	1.005	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1006	ORTAĞLIK 09-09-09	1.006	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1007	ORTAĞLIK 09-09-09	1.007	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1008	ORTAĞLIK 09-09-09	1.008	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1009	ORTAĞLIK 09-09-09	1.009	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1010	ORTAĞLIK 09-09-09	1.010	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1011	ORTAĞLIK 09-09-09	1.011	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1012	ORTAĞLIK 09-09-09	1.012	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1013	ORTAĞLIK 09-09-09	1.013	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1014	ORTAĞLIK 09-09-09	1.014	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1015	ORTAĞLIK 09-09-09	1.015	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1016	ORTAĞLIK 09-09-09	1.016	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1017	ORTAĞLIK 09-09-09	1.017	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1018	ORTAĞLIK 09-09-09	1.018	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1019	ORTAĞLIK 09-09-09	1.019	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1020	ORTAĞLIK 09-09-09	1.020	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1021	ORTAĞLIK 09-09-09	1.021	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1022	ORTAĞLIK 09-09-09	1.022	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1023	ORTAĞLIK 09-09-09	1.023	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1024	ORTAĞLIK 09-09-09	1.024	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1025	ORTAĞLIK 09-09-09	1.025	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1026	ORTAĞLIK 09-09-09	1.026	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1027	ORTAĞLIK 09-09-09	1.027	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1028	ORTAĞLIK 09-09-09	1.028	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1029	ORTAĞLIK 09-09-09	1.029	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1030	ORTAĞLIK 09-09-09	1.030	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1031	ORTAĞLIK 09-09-09	1.031	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1032	ORTAĞLIK 09-09-09	1.032	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1033	ORTAĞLIK 09-09-09	1.033	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1034	ORTAĞLIK 09-09-09	1.034	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1035	ORTAĞLIK 09-09-09	1.035	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1036	ORTAĞLIK 09-09-09	1.036	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1037	ORTAĞLIK 09-09-09	1.037	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1038	ORTAĞLIK 09-09-09	1.038	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1039	ORTAĞLIK 09-09-09	1.039	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1040	ORTAĞLIK 09-09-09	1.040	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1041	ORTAĞLIK 09-09-09	1.041	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1042	ORTAĞLIK 09-09-09	1.042	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1043	ORTAĞLIK 09-09-09	1.043	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1044	ORTAĞLIK 09-09-09	1.044	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1045	ORTAĞLIK 09-09-09	1.045	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1046	ORTAĞLIK 09-09-09	1.046	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1047	ORTAĞLIK 09-09-09	1.047	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1048	ORTAĞLIK 09-09-09	1.048	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1049	ORTAĞLIK 09-09-09	1.049	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon
1050	ORTAĞLIK 09-09-09	1.050	4.1402	0.202026794	0.000000000		1000-0902	Stasyon

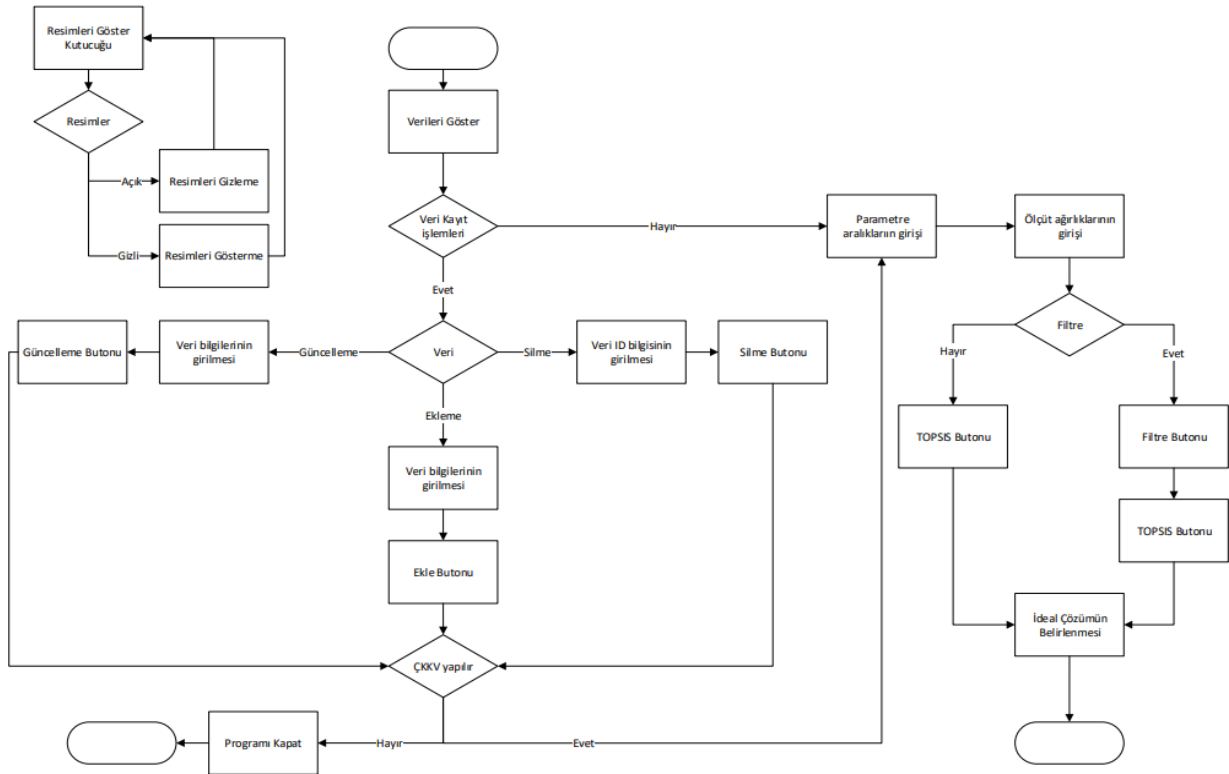
Şekil 2. Bağlayıcılara İlişkin Veriler

Bağlayıcı listesinde yer alan (Şekil 2.) kırmızı vurguyla gösterilen bağlayıcı deneme amacıyla eklenmiştir. Bu bağlayıcı sistemin sol tarafında bulunan görev çubuğunda mavi vurguyla belirtilen ilgili kutucuklar doldurulduktan sonra “Veri Ekle” seçeneği ile bağlayıcıların bulunduğu listeye dâhil olmuştur. Bu bağlayıcıya ait olan bilgiler yine ilgili kutucuklara girildikten sonra diğer 3 fonksiyon (Veri sil, veri güncelle, resim ekle) seçilerek istenenler gerçekleştirilebilir.

BAGLAYICI_ID	BAGLAYICI_AD	BAGLAYICI_SIRNO	BAGLAYICI_DURUM	BAGLAYICI_BIRIM	BAGLAYICI_LANIR	BAGLAYICI_LETNIK	BAGLAYICI_MUKAV	BAGLAYICI_MALZ	BAGLAYICI_BEDEN
1041	ORTAĞLIK 09-09-09	1.041	5.0202	0.440202020	0.000000000		1000-0902	Stasyon	
1042	ORTAĞLIK 09-09-09	1.042	5.0202	0.440202020	0.000000000		1000-0902	Stasyon	

Şekil 3. Filtreleme ve TOPSIS Süreçlerinin Ardından Sistem Görünümü

Sistemin çalışmasını göstermek amaçlı bir örnek için TOPSIS sonuçları Şekil 3’de verilmiştir. Bu örnekte yeşil vurguyla gösterilen bölüme istenen kısıtlar kullanıcı tarafından girilir. Bütçe, ağırlık ve mukavemet ölçütlerine (kriter) ilişkin ise kullanıcı tarafından herhangi bir kısıt (sınırlama) varsa eklenir. Eğer kullanıcı bu 3 ölçüte ilişkin kısıt eklemek istemiyorsa ilgili kutucuklar boş bırakılır. TOPSIS yönteminin çalışabilmesi için bu 3 ölçüte ilişkin ağırlıkları kullanıcının girmesi zorunludur. Eğer sıfır değeri girilirse o kriter dikkate alınmayacak anlamı taşımaktadır. Bu bölümde yer alan “Gereken Adet” kutucuğundaki veriler bağlayıcılara ait birim maliyet ve birim ağırlık ile ayrı ayrı çarpılacaktır. Bu sayede gereken adet kadar bağlayıcının toplam maliyetinin ve toplam ağırlığının ne olacağı belirlenmiş olacaktır. Bu bölümde istenen bölümler doldurulduktan sonra filtreleme ve TOPSIS işlemleri gerçekleştirilir. TOPSIS işleminin gerçekleştirilmesinin ardından mavi vurguyla gösterilen tablo sistemde gözükcektir. Bu tabloda değeri en yüksek olan “C<sup>+</sup>” değeri en iyi alternatif bağlayıcı olarak belirlenmiştir. Şekil 4’te sisteme ilişkin akış diyagramı verilmiştir.



Şekil 4. Sisteme İlişkin Akış Diyagramı

## TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

TUSAŞ içerisinde bağlayıcı seçimine ilişkin çok kriterli karar vermeyi sağlayan bir sistem tasarlanmıştır. Bağlayıcılar, iki ya da daha fazla bileşenin mekanik olarak birleştirilmesini veya sabitlenmesini sağlayan donanım elemanları olup havacılık sektörü için son derece önemli parçalardır. Tasarlanan bu sistem ile kullanıcı bağlayıcı seçimlerini etkin, kolay ve hızlı bir şekilde gerçekleştirebilecektir. Sistemde 7 özellik ve ölçüt yer almaktadır. Bunlar; uzunluk, çap, maliyet, ağırlık, iletkenlik, mukavemet ve malzeme türüdür. Tüm özellikler için filtreleme tercihi yapılabilmektedir. 3 ölçüt için ise TOPSIS yöntemi ile karar verme süreci çalıştırılmaktadır. Maliyet, ağırlık ve mukavemet ölçütlerinde herhangi bir sınırlama getirmek istemeyen kullanıcı bir kısıt girmeden yalnızca ağırlık değerlerini girebilmektedir. Ağırlıklar karar verici tarafından önceliğe göre belirlenebilmektedir. Sistem farklı kullanıcılar tarafından denenmiş olup yeni veri girişleri ile farklı projelerin de desteklenebileceği düşünülmektedir.

Sistemde yer alan bağlayıcılara ilişkin bilgiler tabloda rahatlıkla izlenebilmektedir. Ayrıca bağlayıcılara ilişkin görseller de yer almaktadır. Bu sayede bağlayıcı seçimini gerçekleştirecek olan yeni bir kullanıcının zihninde bağlayıcı adı ve görselini eşleştirmesi kolaylaşacaktır. Sistem, diğer yöntemlere kıyasla basit ve hızlı sonuçlar üretebilme özelliği ile öne çıkmaktadır. En önemli avantajlarından biri, birden fazla kullanıcının isteklerini girdiğinde doğru ve tutarlı bir şekilde aynı sonucu verebilmesidir. TOPSIS yöntemi, bağlayıcı seçimleri yaparken karar vericilere basit ve doğrudan uygulanabilir veriler sunmaktadır. Böylece karar süreçlerini daha etkili ve güvenilir hale getirmektedir. Örnek olarak, bir hava aracının belirli bir bölgesinde aerodinamik ve yapısal özellikler belirlendiğinde çap, uzunluk, malzeme, elektriksel iletkenlik ve kafa tipi gibi tüm parametreler dikkate alınarak sonuca ulaşılması sağlanır.

Sistem, firmada yer alan diğer departmanlarda da kullanılabilir bir şekilde tasarlanmıştır. Bu noktada ölçütlerin ve özelliklerin değiştirilmesi ile farklı departmanlarda kullanılabilir hale getirilmesi mümkündür. Yapısal tasarım, yapısal analiz, tedarik ve satın alma gibi alanlar da kullanılabilir.

### Teşekkür

Bu çalışma TUSAŞ tarafından LIFT UP projesi kapsamında desteklenmiştir.

**KAYNAKÇA**

- Akyurt, Z. A., & Kabadayı, N. (2020). Bulanık AHP ve bulanık gri ilişkisel analiz yöntemleri ile kargo uçak tipi seçimi: Bir türk havayolu firmasında uygulama. *Yaşar Üniversitesi Dergisi*, 15(57), 38-55.
- Aydın, Y., & Eren, T. (2018). Savunma sanayiinde stratejik ürün için çok kriterli karar verme yöntemleri ile tedarikçi seçimi. *NÖHÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(1)129-148.
- Avcı, T., & Çınaroğlu, E. (2018). AHP temelli TOPSIS yaklaşımı ile havayolu işletmelerinin finansal performans değerlendirilmesi. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 19(1), 316-335.
- Chonsalasin, D., Jomnonkwo, S., & Ratanavaraha, V. (2021). Measurement model of passengers' expectations of airport service quality. *International Journal of Transportation Science and Technology*, (10), 342-352.
- Çaylak, M. (2019). TOPSIS yöntemi ile en uygun otel seçimi. *Oğuzhan Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(2), 65-76.
- Çetin, M. H., & Alvalı, G. T. (2020). Yük vagonu bojsi tasarımında çok kriterli karar verme teknikleri ile malzeme seçimi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(1), 91-104.
- Derse, O., & Yontar, E. (2020). *Swara-Topsis yöntemi ile en uygun yenilenebilir enerji kaynağının belirlenmesi*. Endüstri Mühendisliği, 31(3)389-419.
- Duman, İ. (2019). *Çok ölçütlü karar verme yöntemleriyle hava savunma sistemi seçimi*. Yüksek Lisans Tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi.
- Durmaz, K. İ., & Gencer, C. (2020). A new plugin based on jsmaa: Swara-jsmaa and aerobatic aircraft selection. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(33), 1487-1498.
- Eren, A., & Azeez, H. (2024). Determining online travel planning with AHP and TOPSIS methods. *Acta Infologica*, 7(1), 29-45.
- Eren, T., & Hamurcu, M. (2020). Selection of unmanned aerial vehicles by using multicriteria decision-making for defence. *Journal of Mathematics*, 1-11.
- Ersöz, F., & Kabak, M. (2010). Savunma sanayi uygulamalarında çok kriterli karar verme yöntemlerinin literatür araştırması. *KHO Savunma Bilimleri Dergisi*, 9(1), 97-125.
- Kaya, Ö., Tortum, A., Alemdar, K. D., & Çodur, M. Y. (2020). Site selection for evcs in istanbul by gis and multi-criteria decision making. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, (80), 1-16.
- Kıracı, K., & Akan, E. (2020). Aircraft selection by applying ahp and topsis in interval type-2 fuzzy sets. *Journal of Air Transport Management*, (89), 1-16.
- Kocakaya, K., Engin, T., Tektaş, M., & Aydın, U. (2021). Türkiye'de bölgesel havayolları için uçak tipi seçimi: Küresel bulanık AHP-TOPSIS yöntemlerinin entegrasyonu. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulama Dergisi*, 4(1), 27-58.
- Köse, Y. 2021. Havacılık sektöründe spesifik finansal oranlar: Türkiye'deki havayolu şirketleri üzerine analiz ve değerlendirme. *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, (13)25, 623-636.
- Kurtay, K. G., Gökmen, Y., & Altundaş, A. (2021). Savunma sanayii projelerinin çok kriterli karar verme yöntemleriyle önceliklendirilmesi ve karşılaştırılması: Karma bir model önerisi. *SAVSAD Savunma ve Savaş Araştırmaları Dergisi*, (31), 1-24.
- Liu, H.-C., Chen, X.-Q., Duan, C.-Y., & Wang, Y.-M. (2019). Failure mode and effect analysis using multi criteria decision making methods: A systematic literature review. *Computers and Industrial Engineering*, (135), 881-897.
- Oktay, U. (2021). *Türk savunma sanayisi için endüstri 4.0 uygunluk modeli geliştirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi.
- Özdemir, M. (2015). *TOPSIS*. (Ed.) Yıldırım, B.F., & Önder, E. *Çok kriterli karar verme yöntemleri*. Dora Basım Yayın, Bursa.
- Özkan, G., & Deliktaş, E. (2020). Banka performanslarının topsis yöntemiyle analizi. *İzmir Katip Çelebi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (3), 1-31.
- Sánchez-Lozano, J. M., & Rodríguez, O. N. (2020). Application of fuzzy reference ideal method (frim) to the military advanced training aircraft selection. *Applied soft computing*, (88), 106061.

- Sarımehmet, B., Hamurcu, M., & Eren, T. (2020). Çok kriterli karar verme: Kırıkkale yht istasyonu - şehir bağlantısının sağlanması. *Demiryolu Mühendisliği Dergisi*, (11), 26-40.
- Shen, C., & Yahya, Y. (2021). The impact of service quality and price on passengers' loyalty towards low-cost airlines: The southeast asia perspective. *Journal of Air Transport Management*, (91), 101966.
- Shyjith, K., Ilankumaran, M., & Kumanan, S. (2008). Multi-criteria decision-making approach to evaluate optimum maintenance strategy in textile industry. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 14(4), 375-386.
- Siksnylyte-Butkiene, I., Zavadskas, E. K., & Streimikiene, D. (2020). Multi-criteria decisionmaking (mcdm) for the assessment of renewable energy technologies in a household: a review. *Energies*, 13(5), 1164.
- Tekinay, O. N., & Bozoğlu Batı, G. (2022). Askeri alanlarda kullanılmak üzere insansız hava aracı (İHA) sistemleri seçiminde TOPSIS ve bulanık TOPSIS yönteminin kullanılması. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, (44), 78-103.
- Tezcan, M. C. (2024). Pisagor bulanık kümelere entegre ahp ve topsis yöntemleri ile uçak tipi seçiminin optimizasyonu: Havayolu işlemleri için model önerisi. *Havacılık Araştırmaları Dergisi*, 6(1), 1-24.
- Usman, A., Ozturk, I., Naqvi, S. M. M. A., Ullah, S. & Javed, M. I. (2022). Revealing the nexus between nuclear energy and ecological footprint in stirpat model of advanced economies: Fresh evidence from novel cs-ardl model. *Progress in Nuclear Energy*, (148), 1-10.
- Uçakcıoğlu, B., & Eren, T. (2017). Analitik hiyerarşi prosesi ve VIKOR yöntemleri ile hava savunma sanayisinde yatırım projesi seçimi. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 2(2), 35-53.
- Yürekli, H. (2008). *Tarruz helikopterleri seçiminde Electre yöntemi kullanılması*. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi.
- Yetiz, F. (2021). TOPSIS yöntemi ile türk katılım bankalarının performans analizi ve bankacılıkta risk yönetim politikalarının önemi. *Journal of Empirical Economics and Social Sciences*, 3(1), 121-138.