

# MEREC Tabanlı CoCoSo Yöntemiyle Uçuş Okullarının Uçak Seçimlerinin Değerlendirilmesi

## Evaluation of Flight Schools' Aircraft Selections with MEREC-Based CoCoSo Method

Aşkın Özdağoğlu<sup>1</sup>, Barış Işıldak<sup>2</sup>, Murat Kemal Keleş<sup>3</sup>

### Öz

Uçuş okulları; sektörde kalite ve rekabeti sağlamak için ve sektörün pilot ihtiyacını karşılamak amacıyla eğitim faaliyetlerini yürüten kurumlardır. Dolayısıyla eğitimlerde kullanılacak uçakların da doğru seçilmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı, uçuş okullarının uçak seçim kriterlerini belirleyerek, söz konusu kriterlerin ağırlıklarını bulmak ve uçuş okullarında tercih edilen uçak alternatifleri arasında en uygun olanını seçmektir. Çalışmada güncel olan Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden MEREC ve CoCoSo yöntemleri tercih edilmiştir. Kriter ağırlıklarının bulunmasında MEREC yöntemi, uçakların sıralanmasında da CoCoSo yöntemi kullanılmıştır. Yapılan literatür araştırmasında MEREC ve CoCoSo yöntemlerinin uçuş okullarının uçak seçiminde kullanıldığı bir çalışmayla rastlanmamıştır. Analiz sonuçlarında, en önemli üç değerlendirme kriteri sırasıyla, "standart ağırlık", "yakıt depo kapasitesi" ve "maksimum kalkış ağırlığı" olduğu tespit edilmiştir. Önem derecesi en düşük kriter ise, "motor üreticisi firmanın havacılık yeteneği" kriteri olmuştur. Uçak sıralamasında da alternatif 3 kodlu "Piper PA-44 Seminole" uçağı ilk sırada yer almıştır. Çalışmanın havacılık sektörü ve uçuş okulu yöneticilerine faydalı olacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Uçuş Okulu, Uçak Seçimi, Çok Kriterli Karar Verme, MEREC, CoCoSo

### Abstract

Flight schools are institutions that carry out training activities in order to ensure quality and competition in the sector and to meet the pilot needs of the sector. Therefore, the aircraft to be used in the training must be chosen correctly. The aim of this study is to determine the aircraft selection criteria of the flight schools, to find the weights of these criteria and to choose the most suitable aircraft alternatives among the preferred flight schools. In the study, MEREC and CoCoSo methods, which are the current Multi-Criteria Decision Making methods, were preferred. The MEREC method was used to find the criterion weights, and the CoCoSo method was used to rank the aircraft. In the literature search, no study was found in which MEREC and CoCoSo methods were used in aircraft selection of flight schools. In the results of the analysis, it has been determined that the three most important evaluation criteria are "standard weight", "fuel tank capacity" and "maximum take-off weight", respectively. The criterion with the lowest degree of importance was the "aviation capability of the engine manufacturer" criterion. "Piper PA-44 Seminole" with alternative 3 codes took the first place among the aircraft alternatives. It is thought that the study will be beneficial to aviation industry and flight school managers.

**Keywords:** Flight School, Aircraft Selection, Multi Criteria Decision Making, MEREC, CoCoSo

### Araştırma Makalesi [Research Paper]

JEL Codes: C44, L93, C61

Submitted: 25 / 02 / 2022

Accepted: 05 / 06 / 2022

<sup>1</sup>Doç.Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, İşletme Fakültesi İşletme Bölümü, Üretim Yönetimi ve Pazarlama Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye, askin.ozdagoglu@deu.edu.tr , Orcid No: <https://orcid.org/0000-0001-5299-0622>.

<sup>2</sup>Öğr.Gör., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Keçiborlu Meslek Yüksekokulu, Ulaştırma Hizmetleri Bölümü, Isparta, Türkiye, barisisildak@isparta.edu.tr , Orcid No: <https://orcid.org/0000-0002-2068-1611>.

<sup>3</sup>Dr.Öğr.Üyesi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Keçiborlu Meslek Yüksekokulu, Ulaştırma Hizmetleri Bölümü, Isparta, Türkiye, muratkeles@isparta.edu.tr , Orcid No: <https://orcid.org/0000-0003-0374-6839>.

## Giriş

İnsanlık tarihi boyunca; insanların, canlıların, mal ve hizmetlerin bir noktadan başka bir noktaya ulaştırıldığı bilinmektedir. Ulaştırma, geçmişten günümüze pek çok alanda çeşitlilik göstermiş ve geniş alanlara yayılmıştır. Bu çeşitlilik ve geniş alan perspektifinde hızlilik, güvenlik ve rahatlık açısından havacılık sektörü, diğer ulaştırma sektörlerine göre daha çok tercih edilmesinde etkili olmuştur (Arslan, 2021: 28).

Havacılık sektörünün ulusal ve uluslararası boyuttaki faaliyetlerini hızlı, güvenli ve rahat bir şekilde sürdürebilmesi için ulusal ve uluslararası boyuttaki alınan kurallara uyması gerekmektedir. Bu kuralları uluslararası olarak; Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO), denetlerken ulusal olarak da; Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) yürütmekte ve denetlemektedir (Tuncer ve Kızgın, 2021: 171).

Ülkemizde havacılığın gelişimi Ulaştırma Bakanlığı'nın 2003 yılında yürürlüğe koyduğu "Bölgesel Havacılık Projesi" ile hem şirketlere hem de vatandaşlara sağladığı teşvik ve kampanyalarla hızlandığı bilinmektedir (Keleş vd., 2021: 328). Bu kapsamda SHGM'nin faaliyet raporlarına göre; 2002 yılında hava taşıma işletmelerine ait genel havacılık işletmesi 34 iken, 2020 yılında bu sayı 85'e yükselmiştir. Yine 2002 yılında hava araçlarına ait genel havacılık işletmesi 189 iken, 2020 yılında bu sayı 421'e yükselmiştir. Bunun yanında faaliyet gösteren havacılık uçuş okulları (eğitim kuruluşları) 2002 yılında 21 iken, bu sayı 2020 yılında 202'ye yükselmiştir (Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü. Faaliyet Raporlarımız. 2020 Yılı Faaliyet Raporu. Erişim Tarihi: 05.02.2022).

Uçuş okulları; havacılık sektörünün pilot ihtiyacını karşılamak amacıyla eğitim faaliyetlerini yürüten kurumlardır. Ülkemizde uçuş okullarının açılması, açıldıktan sonraki eğitimlerin denetlenmesi ve işletilmesine dair kurallar SHGM tarafından yapılmaktadır (Tuncer ve Kızgın, 2021: 171). SHGM'nin faaliyet raporlarına göre, 2017 yılında uçak ve helikopter pilot sayısı 8681 iken, 2020 yılında bu sayı 9603'e yükselmiştir. 2017 yılında öğrenci pilot sayısı 963 iken, 2020 yılında bu sayı 1581'e yükselmiştir (Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü. Faaliyet Raporlarımız. 2020 Yılı Faaliyet Raporu. Erişim Tarihi: 05.02.2022). Uçuş okullarının ve pilot sayılarının bu derece artış göstermesi eğitimlerde kullanılacak uçakların da doğru seçimini zorunlu kılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, hem uçuş okullarının uçak seçim kriterlerini belirleyerek, söz konusu kriterlerin ağırlıklarını bulmak hem de uçuş okullarında tercih edilen uçak alternatifleri arasından en uygununu seçmektir. Çalışmada, eğitim uçaklarının seçiminde dikkate alınması gereken kriterlerin ağırlık değerleri Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden MEREC (Method based on the Removal Effects of Criteria) yöntemi ile bulunmuş, uçakların sıralaması da CoCoSo (Combined Compromise Solution) yöntemi ile yapılmıştır.

MEREC ve CoCoSo yöntemi güncel ÇKKV yöntemlerindedir. Yapılan literatür araştırmasında ÇKKV yöntemleri ile uçuş okullarının uçak seçimi konusunda yapılan bir çalışma olmadığı görülmüştür ve buna ilave olarak MEREC yönteminin yerli literatürde kullanıldığı az sayıda çalışma olması yönleriyle çalışmanın literatüre katkı yapacağı düşünülmektedir.

Çalışmada öncelikle literatür araştırması bölümünde örnek çalışmalar verilmiştir. Daha sonra metodoloji kısmında MEREC ve CoCoSo yöntemlerinin çalışma prensipleri anlatılmıştır. Takip eden uygulama aşamasında uçuş okullarının uçak seçiminde kullandığı kriterlerin ağırlıkları bulunmuş, uçak alternatifleri sıralanmıştır. Sonuç kısmında analiz sonuçları yorumlanmıştır.

Bu çalışma için, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'ndan 21.02.2022 tarihli (Toplantı Sayısı: 88, Karar No:1) "Etik Kurul Onayı" alınmıştır.

## 1. Literatür Araştırması

Çalışmada kullanılan ÇKKV yöntemlerinden MEREC ve CoCoSo yöntemleriyle yapılan uygulamalardan ve uçak seçimi ile ilgili çalışmalardan örneklerin olduğu literatür şu şekilde özetlenmiştir:

Uçak seçimi konusuyla ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında: Kocakaya vd. (2021) Türkiye'de bölgesel havayolu ulaşımında kullanılacak uçak modellerinin AHP (Analytic Hierarchy Process) ve TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to An Ideal Solution) yöntemleriyle seçimini araştırmıştır. Özasan vd. (2021) Türkiye'de kullanılan pistonlu tek motorlu uçakların AHP ve TOPSIS yöntemleriyle seçimini değerlendirmiştir. Akyurt ve Kabadayı (2020) Bulanık AHP ve Bulanık Gri İlişkisel Analiz yöntemlerini kullanarak kargo uçağı seçimini araştırmıştır. Ardil (2020) Paris'te kullanılan altı adet eğitim uçağını altı adet kriter gere göre seçimini TOPSIS yöntemiyle ele almıştır. Sánchez-Lozano ve Rodriguez (2020) İspanyol Hava Kuvvetleri için en iyi askeri eğitim uçağını AHP ve RIM (Reference Ideal Method) yöntemleriyle seçimini amaçlamıştır. Dožić vd. (2018) ise, AHP yöntemini kullanarak doğru yolcu uçağı tipinin seçimini hedeflemiştir.

MEREC yönteminin kullanıldığı çalışmalar: Türkçe literatürde MEREC yöntemini ilk olarak Toslak vd. (2022) bir lojistik firmasının yıllara göre performansını değerlendirmede kullanmıştır. Hadi ve Abdullah (2022) MEREC ve TOPSIS

yöntemlerini kullanarak Covid-19 ile enfekte hastalar için hastane yer seçimini araştırmıştır. Goswami vd. (2022) Hindistan için en uygun yenilebilir enerji kaynağı alternatiflerini değerlendirmiştir. Rani vd. (2022) MEREC ve ARAS (Additive Ratio Assessment) yöntemlerini kullanarak gıda atıklarını işleme noktasındaki teknolojinin seçimini araştırmıştır. Keshavarz-Ghorabae vd. (2021) ise, ÇKKV yöntemlerinden olan MEREC'in yeni bir yöntem olduğunu ve bu yöntemin doğruluğunu bir analiz yardımıyla anlatmıştır.

CoCoSo yönteminin kullanıldığı çalışmalar: Armağan vd. (2021) dünya bankasının ekonomik kalkınma göstergelerini baz alarak Türkiye'nin 2000-2019 yılları arasındaki performansını yıllara göre CRITIC (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation) ve CoCoSo yöntemleriyle değerlendirmiştir. Akgül (2021) Borsa İstanbul (BIST)'da yer alan bankaların CRITIC ve CoCoSo yöntemleriyle maliyet analizini çıkarmıştır. Akbulut ve Hepşen (2021) 2015-2019 yıllarında yer alan BIST Kimya, Petrol, Kauçuk ve Plastik sektörlerine kayıtlı firmaların ENTROPI ve CoCoSo yöntemlerini kullanarak performanslarını ölçmüştür. Kumar vd. (2022) imalat endüstrisinde robot kullanımına yönelik SWARA (Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis) ve CoCoSo yöntemleriyle seçimini araştırmıştır. Torkayesh vd. (2021) BWM (Best Worst Method), LBWA (Level Based Weight Assessment) ve CoCoSo yöntemlerini kullanarak Doğu Avrupa Bölgesi'ndeki ülkelerin sağlık performanslarını değerlendirmiştir. Khan ve Haleem (2021) CoCoSo yöntemini kullanarak döngüsel ekonomi üzerine araştırma yapıp kaynakların etkin kullanılmasını amaçlamıştır. Peng vd. (2021) CRITIC ve CoCoSo yöntemlerini kullanarak yapay zekâ teknolojisinin sağlık sektöründeki kullanımını değerlendirmiştir. Özdağoğlu vd. (2020) yapmış oldukları çalışmada CoCoSo ve MARCOS (Measurement of Alternatives and Ranking according to Compromise Solution) yöntemleriyle URAP (University Ranking by Academic Performance)'ın 2019 yılı raporuna göre 166 adet Türk üniversitesini performanslarına göre sıralayıp çıkan sonuçları karşılaştırmıştır. Ulutaş vd. (2020) ise, Bulanık SWARA ve CoCoSo yöntemlerini kullanarak lojistik merkezi için yer seçimini araştırmıştır.

## 2. Metodoloji

Çalışmada güncel çok kriterli karar verme yöntemlerinden MEREC ve CoCoSo yöntemleri kullanılmıştır. Kritik ağırlıkları MEREC yöntemi ile bulunurken, uçak alternatiflerinin sıralaması CoCoSo yöntemi ile yapılmıştır.

### 2.1. MEREC (Method based on the Removal Effects of Criteria)

MEREC yöntemi kriter ağırlıklarını belirlemeye yönelik olarak önerilen objektif yöntemlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Objektif bir yöntem olması nedeniyle öne çıkan üstünlüğü uzman değerlendirmesine ihtiyaç duyulmamasıdır. Yöntemin işleyişi aşağıda verilmiştir (Keshavarz-Ghorabae vd., 2021: 7-9):

MEREC yönteminin ilk adımında karar matrisi oluşturulmalıdır. Başlangıç karar matrisi Eşitlik 1'deki gibi oluşturulur.

$i$ : alternatif;  $i = 1, 2, 3, \dots, m$

$j, k$ : kriter;  $j = 1, 2, 3, \dots, n$

$x_{ij}$ :  $i$  alternatifi için  $j$  kriteri açısından değeri

$X$ : başlangıç karar matrisi

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Fayda yönlü kriterler için başlangıç karar matrisi değerleri Eşitlik 2 yardımıyla normalize edilir.

$n_{ij}$ :  $i$  alternatifi için  $j$  kriteri açısından normalize değeri

$$n_{ij} = \frac{\min_j x_{ij}}{x_{ij}} \quad (2)$$

Maliyet yönlü kriterler için başlangıç karar matrisi değerleri Eşitlik 3 yardımıyla normalize edilir.

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_j x_{ij}} \quad (3)$$

Alternatiflerin genel performans değerleri Eşitlik 4 kullanılarak hesaplanır.

$R_i$ :  $i$  alternatifi için genel performans değeri

$$R_i = \ln \left( 1 + \frac{\sum_{j=1}^n |\ln(n_{ij})|}{n} \right) \quad (4)$$

Ardından her bir kriterin etkisini ortadan kaldırmak için işlemler yapılır. Bu amaçla ortadan kaldırılan kriterin etkisini göz önüne alan performans değerleri hesaplanır.

$R'_{ij}$ : kriter etkisi ortadan kaldırılmış performans değeri

$$R'_{ij} = \ln \left( 1 + \frac{\sum_{j=1, j \neq k}^n |\ln(n_{ij})|}{n} \right) \quad (5)$$

Eşitlik 4 ve 5'te elde edilen değerlere ilişkin mutlak farkların toplamları Eşitlik 6 yardımıyla hesaplanır.

$E_j$ : j kriteri açısından mutlak farkların toplamı

$$E_j = \sum_{i=1}^m |R'_{ij} - R_i| \quad (6)$$

MEREC yönteminin son aşamasında Eşitlik 7 yardımıyla kriter ağırlıkları hesaplanır.

$w_j$ : j kriteri ağırlığı

$$w_j = \frac{E_j}{\sum_{j=1}^n E_j} \quad (7)$$

## 2.2. CoCoSo (Combined Compromise Solution)

CoCoSo yöntemi ÇKKV problemleri için kullanılan güncel yöntemlerden birisidir. Yöntemin güncel olmasının yanında öne çıkan üstün yönleri basit ağırlıklı toplam ve üssel ağırlıklı çarpım modellerini bütünleştirilmesi, üç farklı bütünleştirme stratejisi ile basit ağırlıklı toplam ve üssel ağırlıklı çarpım modellerini birleştirilmesi ve negatif değerlerin olduğu bir karar matrisinde bile özel bir dönüşüme gerek duymadan işlemleri gerçekleştirmeye olanak sağlamasıdır. Yöntemin işleyişi şu şekildedir (Yazdani vd., 2019: 2507-2508):

CoCoSo yöntemi için öncelikle başlangıç karar matrisinin hazırlanması gerekmektedir. Başlangıç karar matrisi MEREC yönteminde yer alan Eşitlik 1'deki başlangıç karar matrisi ile aynıdır.

Başlangıç karar matrisi hazırlandıktan sonra fayda kriterleri için normalizasyon işlemi Eşitlik 8 kullanılarak yapılır.

$r_{ij}$ : i alternatifinin j kriteri açısından normalize değeri

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_j x_{ij}}{\max_j x_{ij} - \min_j x_{ij}} \quad (8)$$

Maliyet kriterleri için normalizasyon işlemi Eşitlik 9 kullanılarak yapılır.

$$r_{ij} = \frac{\max_j x_{ij} - x_{ij}}{\max_j x_{ij} - \min_j x_{ij}} \quad (9)$$

Daha sonra her bir alternatifin toplam ağırlıklı karşılaştırma değeri Eşitlik 10 kullanılarak hesaplanır.

$S_i$ : i alternatifinin toplam ağırlıklı karşılaştırma değeri

$w_j$ : j kriterinin ağırlığı

$$S_i = \sum_{j=1}^n (w_j r_{ij}) \quad (10)$$

CoCoSo yönteminin sonraki adımında her bir alternatif için üssel ağırlıklı karşılaştırma değeri Eşitlik 11 kullanılarak hesaplanır.

$P_i$ : i alternatifinin üssel ağırlıklı karşılaştırma değeri

$$P_i = \sum_{j=1}^n (r_{ij})^{w_j} \quad (11)$$

Elde edilen değerler 3 farklı bütünleştirme stratejisi ile birleştirilir. Bütünleştirme stratejileri sırasıyla Eşitlik 12, 13 ve 14'te gösterilmiştir.

$k_{ia}$ : i alternatifi a bütünleştirme stratejisi

$$k_{ia} = \frac{P_i + S_i}{\sum_{i=1}^m (P_i + S_i)} \quad (12)$$

$k_{ib}$ : i alternatifi b bütünleştirme stratejisi

$$k_{ib} = \frac{S_i}{\min S_i} + \frac{P_i}{\min P_i} \quad (13)$$

$k_{ic}$ :  $i$  alternatifi  $c$  bütünleştirme stratejisi

$\lambda$ : üssel ve toplam kısmı denge değeri;  $0 \leq \lambda \leq 1$

$$k_{ic} = \frac{\lambda S_i + (1-\lambda)P_i}{\lambda \max S_i + (1-\lambda) \max P_i} \quad (14)$$

Denge değeri karar verici tarafından belirtilen aralıkta seçilebilmektedir ancak üssel kısım ile ağırlıklı kısmın etkisini eşit yansıtmak amacıyla genellikle 0,5 değeri kullanılmaktadır.

Son aşamada her bir alternatif için final değeri Eşitlik 15 kullanılarak bulunur.

$k_i$ :  $i$  alternatifi final değeri

$$k_i = \sqrt[3]{k_{ia}k_{ib}k_{ic}} + \frac{k_{ia}+k_{ib}+k_{ic}}{3} \quad (15)$$

### 3. Uygulama

Çalışma kapsamın ilk aşamasında, uçuş okulları için uçak seçim kriterlerini belirlemek amacıyla literatür araştırması (URL1, URL2, URL3, URL4 ve URL5) ve alanında uzman, sektör deneyimine de sahip Sivil Havacılık Ulaştırma Hizmetleri Bölümü öğretim elemanının görüşleri doğrultusunda belirlenmiştir. Değerlendirme kriterleri belirlendikten sonra en önemliden en önemsize doğru sıralanmıştır. Uçuş okullarının uçak seçiminde dikkate alması gereken kriterlere ilişkin bilgiler Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1: Kriter Bilgileri**

| Kriter Kodu     | Kriter Türü | Kriter Adı                                  | Ölçü Birimi |
|-----------------|-------------|---|-------------|
| K <sub>1</sub>  | Fayda       | Menzil                                      | km          |
| K <sub>2</sub>  | Fayda       | Maksimum Seyir Hızı                         | km/h        |
| K <sub>3</sub>  | Maliyet     | Kalkış Rulesi                               | m           |
| K <sub>4</sub>  | Maliyet     | İniş Rulesi                                 | m           |
| K <sub>5</sub>  | Maliyet     | Servis Tavanı                               | m           |
| K <sub>6</sub>  | Fayda       | Motor Gücü                                  | hp          |
| K <sub>7</sub>  | Maliyet     | Standart Ağırlık                            | kg          |
| K <sub>8</sub>  | Maliyet     | Maksimum Kalkış Ağırlığı                    | kg          |
| K <sub>9</sub>  | Fayda       | Yakıt Depo Kapasitesi                       | lt          |
| K <sub>10</sub> | Fayda       | Maksimum Koltuk Kapasitesi                  | adet        |
| K <sub>11</sub> | Fayda       | Motor Üreticisi Firmanın Havacılık Yeteneği | Puan        |
| K <sub>12</sub> | Fayda       | Menşei (Ülkenin Havacılık Yeteneği)         | Puan        |

Çalışmada kullanılan değerlendirme kriterlerinin ne anlama geldiği şu şekilde açıklanmıştır (Eken, 2009: 15-52, Ören ve Koçyiğit, 2016: 60-63, URL1, URL2, URL3, URL4 ve URL5);

- *Menzil*; Uçakların uçabileceği maksimum uçuş mesafesidir.
- *Maksimum seyir hızı*; Uçakların uçuş esnasında gösterdiği hız limitidir.
- *Kalkış rulesi*; Kalkış koşusu olarak da bilinen bu kriter, uçakların kalkış öncesi pist başından yaptıkları kalkış hız limitidir.
- *İniş rulesi*; İniş koşusu olarak da bilinen bu kriter, uçakların iniş esnasında piste teker koydukları andan itibaren yavaşlama hız limitidir.
- *Servis tavanı*; Uçakların kalkış esnasındaki tırmanış mesafesidir.
- *Motor gücü*; Uçakların kalkış ve hız limitini belirleyen güçtür.
- *Standart ağırlık*; Uçakların etki ettiği yer çekim kuvvetidir.
- *Maksimum kalkış ağırlığı*; Uçakların kalkış esnasında kaldırabileceği azami ağırlıktır.

- *Yakıt depo kapasitesi*; Maksimum yanıcı sıvının depolandığı alandır.
- *Maksimum koltuk kapasitesi*; Fiziksel ve yasal olarak belirli bir alana oturabilecek kişi sayısıdır.
- *Motor üreticisi firmanın havacılık yeteneği*; Ürün ya da ekipman üreten imalatçı firmadır.
- *Menşei ülkenin havacılık yeteneği*; Ürün ya da ekipmanı üreten ülkedir.

Çalışma kapsamında, uçuş okullarınca genellikle tercih edilen uçak modelleri araştırılmış olup, uçak modellerinin isimleri Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2: Alternatifler**

| Alternatif Kodu | Alternatif Adı (Uçak Modelleri) |
|-----------------|---------------------------------|
| A <sub>1</sub>  | Cessna 172S                     |
| A <sub>2</sub>  | Tecnam P2008jc                  |
| A <sub>3</sub>  | Piper PA-44 Seminole            |
| A <sub>4</sub>  | Diamond DA42 Twin Star          |
| A <sub>5</sub>  | Sonaca 200                      |

Tablo 2'deki uçak modeli alternatiflerine ilişkin bilgiler de şu şekildedir;

- *Cessna 172S*; Amerika Birleşik Devletleri (ABD) menşei olup 1956 yılından itibaren uluslararası boyutta en çok üretilen ve tercih edilen eğitim uçağıdır. Sahip olduğu motor, ABD'nin önde gelen uçak motoru üreticisi Lycoming Engines şirketine aittir. Tek motor, dört koltuklu ve üstten kanat tasarımıyla kullanıcıya kolaylık sağlayan bir eğitim uçağıdır (URL1).
- *Tecnam P2008jc*; İtalya menşei bir eğitim uçağıdır. Üretici ülke İtalya gözüktüğü de sahip olduğu Rotax motor, Avusturya kökenlidir. Tek motor, iki koltuklu ve üstten kanat tasarımına sahiptir (URL2).
- *Piper PA-44 Seminole*; ABD menşei, çift motorlu ve dört koltuklu bir eğitim uçağıdır. 1979 yılında planlanıp 1995 yılından itibaren seri üretimine geçilmiştir. Cessna 172S modelindeki gibi Lycoming Engines şirketine ait motor kullanılmaktadır (URL3).
- *Diamond DA42 Twin Star*; Avusturya menşei Diamond Aircraft Industries şirketi tarafından geliştirilen ve üretilen çift motorlu, dört koltuklu bir eğitim uçağıdır. Bünyesinde Austro Engine şirketine ait Avusturya menşei motor bulunmaktadır. Diamond Aircraft Industries şirketinin ilk çift motorlu eğitim uçağıdır. 2004 yılında Kuzey Atlantik'den kesintisiz geçiş yapan ilk dizel motorlu, sabit kanatlı uçak olarak da tarihe geçmiştir (URL4).
- *Sonaca 200*; Belçika menşei olup Rotax motora sahip bir eğitim uçağıdır. Tasarım olarak; tek motor ve iki koltuktan oluşmaktadır (URL5).

Tablo 1'de verilen kriterlere ilişkin olarak eğitim uçaklarının bilgileri Eşitlik 1'de verilen karar matrisini oluşturmuştur. Değerler Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3: Teknik Değerler**

|                | K <sub>1</sub> | K <sub>2</sub> | K <sub>3</sub> | K <sub>4</sub> | K <sub>5</sub> | K <sub>6</sub> | K <sub>7</sub> | K <sub>8</sub> | K <sub>9</sub> | K <sub>10</sub> | K <sub>11</sub> | K <sub>12</sub> |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| A <sub>1</sub> | 1.185          | 230            | 293            | 175            | 4267           | 180            | 762            | 1.157          | 201            | 4               | 8               | 8               |
| A <sub>2</sub> | 1.065          | 215            | 213            | 173            | 4267           | 100            | 375            | 600            | 123            | 2               | 6               | 7               |
| A <sub>3</sub> | 1.296          | 300            | 207            | 173            | 4.572          | 180            | 1.070          | 1.723          | 409            | 4               | 8               | 8               |
| A <sub>4</sub> | 2.250          | 365            | 280            | 340            | 5.486          | 168            | 1.410          | 1.999          | 512            | 4               | 7               | 6               |
| A <sub>5</sub> | 1.400          | 213            | 350            | 300            | 4.000          | 115            | 430            | 750            | 140            | 4               | 6               | 5               |

**Kaynak:** URL1, URL2, URL3, URL4 ve URL5

Tablo 3'teki değerler hem kriter ağırlığı belirlemek için kullanılan MEREK yöntemi için hem de alternatif uçakları değerlendirmede kullanılan CoCoSo yöntemi için başlangıç karar matrisini oluşturmaktadır. Veri toplama sürecinin ardından ilk olarak kriter ağırlıklarını belirlemek üzere MEREK yöntemi işlemleri yapılmıştır. Eşitlik 2 ve 3 kullanılarak elde edilen normalize değerler Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4: MEREC Normalize Değerleri

| $n_{ij}$       | K <sub>1</sub> | K <sub>2</sub> | K <sub>3</sub> | K <sub>4</sub> | K <sub>5</sub> | K <sub>6</sub> | K <sub>7</sub> | K <sub>8</sub> | K <sub>9</sub> | K <sub>10</sub> | K <sub>11</sub> | K <sub>12</sub> |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| A <sub>1</sub> | 0,8987         | 0,9261         | 0,8371         | 0,5147         | 0,7778         | 0,5556         | 0,5404         | 0,5788         | 0,6119         | 0,5000          | 0,7500          | 0,6250          |
| A <sub>2</sub> | 1,0000         | 0,9907         | 0,6086         | 0,5088         | 0,7778         | 1,0000         | 0,2660         | 0,3002         | 1,0000         | 1,0000          | 1,0000          | 0,7143          |
| A <sub>3</sub> | 0,8218         | 0,7100         | 0,5914         | 0,5088         | 0,8334         | 0,5556         | 0,7589         | 0,8619         | 0,3007         | 0,5000          | 0,7500          | 0,6250          |
| A <sub>4</sub> | 0,4733         | 0,5836         | 0,8000         | 1,0000         | 1,0000         | 0,5952         | 1,0000         | 1,0000         | 0,2402         | 0,5000          | 0,8571          | 0,8333          |
| A <sub>5</sub> | 0,7607         | 1,0000         | 1,0000         | 0,8824         | 0,7291         | 0,8696         | 0,3050         | 0,3752         | 0,8786         | 0,5000          | 1,0000          | 1,0000          |

Eşitlik 4 kullanılarak hesaplanan genel performans değerleri Tablo 5'tedir.

Tablo 5: MEREC Genel Performans Değerleri

|                | $R_i$  |
|----------------|--------|
| A <sub>1</sub> | 0,3465 |
| A <sub>2</sub> | 0,3061 |
| A <sub>3</sub> | 0,3822 |
| A <sub>4</sub> | 0,3175 |
| A <sub>5</sub> | 0,2332 |

Eşitlik 5 kullanılarak hesaplanan ortadan kaldırılan kriterin etkisini göz önüne alan performans değerleri Tablo 6'daki gibidir.

Tablo 6: MEREC  $R'_{ij}$  Değerleri

| $R'_{ij}$      | K <sub>1</sub> | K <sub>2</sub> | K <sub>3</sub> | K <sub>4</sub> | K <sub>5</sub> | K <sub>6</sub> | K <sub>7</sub> | K <sub>8</sub> | K <sub>9</sub> | K <sub>10</sub> | K <sub>11</sub> | K <sub>12</sub> |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| A <sub>1</sub> | 0,3402         | 0,3419         | 0,3359         | 0,3065         | 0,3315         | 0,3112         | 0,3095         | 0,3137         | 0,3171         | 0,3048          | 0,3294          | 0,3184          |
| A <sub>2</sub> | 0,3061         | 0,3055         | 0,2751         | 0,2638         | 0,2906         | 0,3061         | 0,2213         | 0,2294         | 0,3061         | 0,3061          | 0,3061          | 0,2852          |
| A <sub>3</sub> | 0,3710         | 0,3626         | 0,3519         | 0,3431         | 0,3718         | 0,3482         | 0,3664         | 0,3737         | 0,3115         | 0,3420          | 0,3657          | 0,3551          |
| A <sub>4</sub> | 0,2711         | 0,2843         | 0,3039         | 0,3175         | 0,3175         | 0,2855         | 0,3175         | 0,3175         | 0,2270         | 0,2745          | 0,3081          | 0,3064          |
| A <sub>5</sub> | 0,2605         | 0,2779         | 0,2779         | 0,2700         | 0,2578         | 0,2691         | 0,2000         | 0,2141         | 0,2697         | 0,2332          | 0,2779          | 0,2779          |

Eşitlik 6 yardımıyla bulunan mutlak farkların toplamı ve Eşitlik 7 sonucunda bulunan objektif kriter ağırlıkları Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7:  $E_j, w_j$  Değerleri

|       | K <sub>1</sub> | K <sub>2</sub> | K <sub>3</sub> | K <sub>4</sub> | K <sub>5</sub> | K <sub>6</sub> | K <sub>7</sub> | K <sub>8</sub> | K <sub>9</sub> | K <sub>10</sub> | K <sub>11</sub> | K <sub>12</sub> |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $E_j$ | 0,0814         | 0,0580         | 0,0854         | 0,1294         | 0,0610         | 0,1101         | 0,2154         | 0,1818         | 0,1988         | 0,1696          | 0,0430          | 0,0872          |
| $w_j$ | 0,0573         | 0,0408         | 0,0601         | 0,0910         | 0,0429         | 0,0775         | 0,1516         | 0,1279         | 0,1399         | 0,1193          | 0,0302          | 0,0613          |

Tablo 7'de bulunan verilere göre en önemli ilk üç kriter; 0,1581 skoruyla "standart ağırlık", 0,1437 skoruyla "yakıt depo kapasitesi" ve 0,1334 skoruyla "maksimum kalkış ağırlığı"dır. Önem derecesi en düşük olan kriter ise, 0,0310 skoruyla "motor üreticisi firmanın havacılık yeteneği" olduğu görülmektedir. Ulusal ve uluslararası alanda havacılığın sürekli gelişme göstermesi kalifiyeli personele ihtiyaç oluşturmaktadır. Havacılıkta da en önemli kalifiyeli personeli pilotlar oluşturmaktadır. Pilotlar da eğitimlerini uçuş okulları aracılığıyla almaktadır. Dolayısıyla uçuş okullarının, eğitimlerde kullanılacak uçakları doğru seçmesi gerekmektedir. Uçuş okulları uçakları seçerken; uçakların etki ettiği ağırlığa, maksimum aldığı yakıt kapasitesine ve kalkış esnasında kaldırabileceği ağırlığa dikkat ettiği için çıkan sonuçlarda da bu durum pekişmiştir.

Kriter ağırlıklarının bulunmasının ardından eğitim uçaklarını değerlendirmek üzere CoCoSo yöntemine özgü işlemler yapılmıştır. Eşitlik 8 ve 9 yardımıyla bulunan normalize değerler Tablo 8'de verilmiştir.

**Tablo 8: CoCoSo Normalize Değerleri**

|                | K <sub>1</sub> | K <sub>2</sub> | K <sub>3</sub> | K <sub>4</sub> | K <sub>5</sub> | K <sub>6</sub> | K <sub>7</sub> | K <sub>8</sub> | K <sub>9</sub> | K <sub>10</sub> | K <sub>11</sub> | K <sub>12</sub> |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| A <sub>1</sub> | 0,1013         | 0,1118         | 0,3986         | 0,9880         | 0,8203         | 1,0000         | 0,6261         | 0,6019         | 0,2005         | 1,0000          | 1,0000          | 1,0000          |
| A <sub>2</sub> | 0,0000         | 0,0132         | 0,9580         | 1,0000         | 0,8203         | 0,0000         | 1,0000         | 1,0000         | 0,0000         | 0,0000          | 0,0000          | 0,6667          |
| A <sub>3</sub> | 0,1949         | 0,5724         | 1,0000         | 1,0000         | 0,6151         | 1,0000         | 0,3285         | 0,1973         | 0,7352         | 1,0000          | 1,0000          | 1,0000          |
| A <sub>4</sub> | 1,0000         | 1,0000         | 0,4895         | 0,0000         | 0,0000         | 0,8500         | 0,0000         | 0,0000         | 1,0000         | 1,0000          | 0,5000          | 0,3333          |
| A <sub>5</sub> | 0,2827         | 0,0000         | 0,0000         | 0,2395         | 1,0000         | 0,1875         | 0,9469         | 0,8928         | 0,0437         | 1,0000          | 0,0000          | 0,0000          |

Eşitlik 10 yardımıyla hesaplanan her bir alternatifin toplam ağırlıklı karşılaştırma değeri, Eşitlik 11 yardımıyla hesaplanan her bir alternatifin üssel ağırlıklı karşılaştırma değeri, Eşitlik 12 kullanılarak hesaplanan bütünleştirme stratejisi sonuçları ile Eşitlik 13 kullanılarak hesaplanan bütünleştirme stratejisi sonuçları Tablo 9'da sunulmuştur. Her bir alternatifin toplam ağırlıklı karşılaştırma değeri ile üssel ağırlıklı karşılaştırma değeri hesaplama sürecinde MEREC yönteminden elde edilen ağırlık değerleri CoCoSo yöntemine entegre edilmiştir.

**Tablo 9:  $S_i$ ,  $P_i$ ,  $k_{ia}$ ,  $k_{ib}$  Değerleri**

|                | $S_i$  | $P_i$   | $k_{ia}$ | $k_{ib}$ |
|----------------|--------|---------|----------|----------|
| A <sub>1</sub> | 0,6362 | 11,3773 | 0,2586   | 3,5099   |
| A <sub>2</sub> | 0,5233 | 6,7976  | 0,1576   | 2,4800   |
| A <sub>3</sub> | 0,6659 | 11,4638 | 0,2611   | 3,6031   |
| A <sub>4</sub> | 0,4694 | 7,8560  | 0,1792   | 2,5040   |
| A <sub>5</sub> | 0,3739 | 6,2917  | 0,1435   | 2,0000   |

Eşitlik 14'e göre bütünleştirme stratejisi değerlerini elde etmek için 9 farklı denge değeri ile hesaplamalar gerçekleştirilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır. 9 farklı denge değerine göre yapılan hesaplamalar Tablo 10'da gösterilmiştir.

**Tablo 10: Farklı Denge Değerleri için  $k_{ic}$  Sonuçları**

| $\lambda$      | 0,1    | 0,2    | 0,3    | 0,4    | 0,5    | 0,6    | 0,7    | 0,8    | 0,9    |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A <sub>1</sub> | 0,9922 | 0,9919 | 0,9916 | 0,9911 | 0,9904 | 0,9895 | 0,9880 | 0,9855 | 0,9797 |
| A <sub>2</sub> | 0,5942 | 0,5957 | 0,5977 | 0,6002 | 0,6036 | 0,6084 | 0,6160 | 0,6293 | 0,6592 |
| A <sub>3</sub> | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| A <sub>4</sub> | 0,6854 | 0,6856 | 0,6858 | 0,6860 | 0,6864 | 0,6869 | 0,6876 | 0,6890 | 0,6920 |
| A <sub>5</sub> | 0,5489 | 0,5490 | 0,5491 | 0,5493 | 0,5495 | 0,5499 | 0,5503 | 0,5512 | 0,5532 |

Son aşamada 3 farklı bütünleştirme stratejisinin sonuçları Eşitlik 15 kullanılarak birleştirilmiş ve her bir alternatifin final değeri elde edilmiştir. 9 farklı denge değerine göre bulunan final değerleri Tablo 11'de gösterilmiştir.

**Tablo 11: Farklı Denge Değerleri için  $k_i$  Sonuçları**

| $\lambda$      | 0,1    | 0,2    | 0,3    | 0,4    | 0,5    | 0,6    | 0,7    | 0,8    | 0,9    |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A <sub>1</sub> | 2,5526 | 2,5524 | 2,5522 | 2,5519 | 2,5514 | 2,5508 | 2,5499 | 2,5482 | 2,5444 |
| A <sub>2</sub> | 1,6919 | 1,6930 | 1,6943 | 1,6960 | 1,6982 | 1,7015 | 1,7066 | 1,7155 | 1,7352 |
| A <sub>3</sub> | 2,6012 | 2,6012 | 2,6012 | 2,6012 | 2,6012 | 2,6012 | 2,6012 | 2,6012 | 2,6012 |
| A <sub>4</sub> | 1,7979 | 1,7980 | 1,7982 | 1,7983 | 1,7986 | 1,7989 | 1,7994 | 1,8003 | 1,8023 |
| A <sub>5</sub> | 1,4375 | 1,4376 | 1,4377 | 1,4378 | 1,4379 | 1,4382 | 1,4385 | 1,4391 | 1,4403 |

Tablo 11'de yer alan değerler tüm kriterler birlikte incelendiğinde en iyi eğitim uçağı alternatifini ifade etmektedir. Farklı denge değerleri için sonuçlarda farklılıklar olmasına rağmen sıralamada herhangi bir değişiklik olmadığı görülmüştür. Sıralama sonuçları Tablo 12'deki gibidir.



Tablo 12: Sıralama

|                | Sıra |
|----------------|------|
| A <sub>1</sub> | 2    |
| A <sub>2</sub> | 4    |
| A <sub>3</sub> | 1    |
| A <sub>4</sub> | 3    |
| A <sub>5</sub> | 5    |

Tablo 12’de ortaya çıkan sıralamaya göre ilk 3 sırayı sırayla; alternatif 3 “Piper PA-44 Seminole”, alternatif 1 “Cessna 172S” ve alternatif 4 “Diamond DA42 Twin Star” uçakları alırken, son sırayı da; alternatif 5’te yer alan “Sonaca 200” uçağı almıştır.

Çıkan bu sonuçlara göre; 1.sıradaki alternatif 3’ün, 2.sıradaki alternatif 1’e göre;

- çift motora sahip olması,
- maksimum uçuş mesafesi olan menzilin daha geniş olması,
- uçuş esnasındaki hız limitinin fazla olması,
- kalkış esnasındaki tırmanış mesafesinin daha iyi olması,
- yakıt kapasitesinin fazla olması böyle bir sıralamada etkili olduğu sonucuna varılabilir.

Ayrıca çıkan bu sonuçlara göre; 1.sıradaki alternatif 3’ün, 5.sıradaki alternatif 5’e göre;

- çift motor ve dört koltuklu olması,
- uçuş esnasındaki hız limitinin fazla olması,
- kalkış esnasındaki tırmanış mesafesinin daha iyi olması,
- kalkış ve hız limitini belirleyen motor gücünün fazla olması,
- yakıt kapasitesinin fazla olması unsurlarının etkili olduğu sonucuna varılabilir.

## Sonuç ve Değerlendirme

Sivil havacılık, günümüzde çok önem kazanan ve çok tercih edilen bir sektördür. Bunun da nedeni; dünyada üretilen ürünlerin artması, alışverişin hızlanması, yeni fikirlerin, kültürlerin ortaya çıkışı ve ülkelerin birbirlerine yaklaşması kısacası küreselleşen dünya, gelişen teknoloji ve alt yapılar ve ülkelerin refah seviyelerine ulaşmasıdır. Sivil havacılığa olan rağbetin artması ve ülkelerin bu alanda yaptığı alt yapı hamleleri beraberinde sektörde kalifiyeli personele ihtiyacın ortaya çıkmasına neden olmuştur. Sektördeki en önemli ve en çok ihtiyaç duyulan kalifiyeli personel; pilotlardır. Dünyadaki pilot açığını ortadan kaldırmak için de uçuş okullarına büyük iş düşmektedir. Uçuş okulları; sektörde kalite ve rekabeti sağlamak için ve sektörün pilot ihtiyacını karşılamak amacıyla eğitim faaliyetlerini yürüten kurumlardır. Durum böyle olunca eğitimlerde kullanılacak uçakların da doğru seçilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada havacılık sektörünün önemli birimlerinden olan uçuş okullarının uçak seçim kriterleri, literatür araştırması sonucu ve alanında uzman, sektör deneyimine de sahip Sivil Havacılık Ulaştırma Hizmetleri Bölümü öğretim elemanının bakış açılarıyla belirlenmiş ve belirlenen kriterlerin ağırlıkları ÇKKV yöntemlerinden olan MEREC yöntemiyle bulunmuştur. MEREC yöntemine göre uçuş okullarının uçak seçiminde en önemli ilk üç kriter sırayla; “standart ağırlık”, “yakıt depo kapasitesi” ve “maksimum kalkış ağırlığı” olduğu tespit edilmiştir. Önem derecesi en düşük kriter ise, “motor üreticisi firmanın havacılık yeteneği” kriteri olmuştur.

Çalışmada kullanılan bir diğer ÇKKV yöntemi CoCoSo’dur. CoCoSo yöntemine göre uçakların sıralaması yapılmıştır. Değerlendirme kapsamında olan beş adet uçağın sıralama sonucuna göre; alternatif 3 kodlu “Piper PA-44 Seminole” ilk sırada yer alırken, son sırayı ise, alternatif 5 kodlu “Sonaca 200” uçağının aldığı tespit edilmiştir.

MEREC ve CoCoSo yöntemleri bu çalışmayla ilk kez bütünleşik olarak havacılık sektöründe ve uçak seçiminde uygulanmıştır.

Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda;

- Farklı ÇKKV yöntemleri ile uçak seçimi analizleri yapılabilir.
- Bunun yanı sıra bu çalışmada kullanılan MEREC ve CoCoSo yöntemleri farklı konulardaki karar verme çalışmalarında veya havacılık sektöründe farklı konularda kullanılabilir.

## Kaynakça

- Akbulut, O. Y. ve Hepşen. A. (2021). Finansal performans ve pay senedi getirileri arasındaki ilişkinin Entropi ve CoCoSo ÇKKV teknikleriyle analiz edilmesi. *Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 6(3), 681-709.
- Akgül, Y. (2021). Borsa İstanbul'da işlem gören ticari bankaların finansal performansının bütünlük CRITIC CoCoSo Modeliyle Analizi. *Ekonomi ve Finansal Araştırmalar Dergisi*, 3(2), 71-90.
- Akyurt, İ. Z. ve Kabadayı. N. (2020). Bulanık AHP ve Bulanık Gri İlişkiler Analizi yöntemleri ile kargo uçak tipi seçimi: Bir Türk havayolu firmasında uygulama. *Journal of Yaşar University*, 15(57), 38-55.
- Ardil, C. (2020). Trainer aircraft selection using preference analysis for reference ideal solution (PARIS). *International Journal of Aerospace and Mechanical Engineering* (ISNI:0000000091950263), 14(5), 193-204.
- Armağan, İ. Ü., Keleş, M.K. ve Özdağoğlu, A. (2021). *Eğitim ve işletme eksenli multidisipliner araştırmalar*, Bölüm 6, Bölüm Adı: Ekonomik kalkınma göstergelerine göre Türkiye'nin yıllar bazında analizi: CRITIC ve CoCoSo yöntemleriyle bir model önerisi. SRA Academic Publishing, Printed in Lithuania Editör: Bayer, E., 145-166.
- Arslan, R. (2021). Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerindeki havalimanlarının CIRITIC Temelli WASPAS yöntemi ile sıralanması. *International Journal of Economic and Administrative Academic Research* (E-ISSN: 2757-959X), 1(1), 27-38.
- Dožić, S., Lutovac, T., & Kalić, M. (2018). Fuzzy AHP approach to passenger aircraft type selection. *Journal of Air Transport Management*, 68, 165-175. Doi:10.1016/j.jairtraman.2017.08.003.
- Eken, A. (2009). Uçak performans hesaplarına yönelik yazılım geliştirilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Goswami, S. S., Mohanty, S. K., & Behera, D. K. (2022). Selection of a green renewable energy source in India with the help of MEREC integrated PIV MCDM tool. *Materialstoday: Proceedings*, 52(3), 1153-1160. Doi:10.1016/j.matpr.2021.11.019.
- Hadi, A., & Abdullah, M.Z. (2022). Web application system to find best urban hospital location for COVID-19 patients based on internet of things. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 11(1), 386-395. Doi:10.11591/eei.v11i1.3214.
- Keleş, M.K., Özdağoğlu, A. ve Işıldak, B. (2021). *Yönetim, strateji ve organizasyon alanında bilimsel tartışmalar*, Bölüm Adı: Türkiye'de havacılığın geleceğine yönelik bir öngörüleme çalışması. Gazi Kitabevi, Editör: Karabulut, Ş., 19, 327-347.
- Keshavarz-Ghorabae, M. Amiri, M. Zavadskas, E.K. Turskis, Z., & Antucheviciene, J. (2021). Determination of objective weights using a new method based on the removal effects of criteria (MEREC). *Symmetry*, 13(4), 525. Doi:10.3390/sym13040525.
- Khan, S., & Haleem, A. (2021). Investigation of circular economy practices in the context of emerging economies: A CoCoSo approach. *International Journal of Sustainable Engineering*, 14(3), 357-367. Doi:10.1080/19397038.2020.1871442.
- Kocakaya, K., Engin, T., Tektaş, M. ve Aydın, U. (2021). Türkiye'de bölgesel havayolları için uçak tipi seçimi: Küresel Bulanık AHP-TOPSIS yöntemlerinin entegrasyonu. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 4(1), 59-73.
- Kumar, V., Kalita, K., Chatterjee, P., Zavadskas, E. K., & Chakraborty, S. (2022). A SWARA-CoCoSo-Based approach for spray painting robot selection. *Informatica*, 33(1), 35-54. Doi:10.15388/21-INFOR466.
- Ören, A. ve Koçyiğit, Y. (2016). İnsansız hava araçları iniş sıralamasının bulanık mantık modellemesi. *CBÜ Fen Bil. Dergi*, 12(1), 55-66.
- Özaslan, İ. H., Kocaoğlu, B. ve Odabaşoğlu, Ş. (2021). Türkiye'de pistonlu tek motorlu uçak seçiminde çok kriterli karar verme AHP ve TOPSIS yöntemlerinin kullanılması. *Journal of Aviation Research*, 3(2), 243-263.
- Özdağoğlu, A., Ulutaş, A. ve Keleş, M.K. (2020). The ranking of Turkish universities with CoCoSo and MARCOS. *The 3rd Economics, Business & Organization Research Conference*. Full Paper Proceedings Book. 20-21-22 November 2020, Rome, Italy, 374-392.
- Peng, X., Krishankumar, R., & Ravichandran, K. S. (2021). A novel interval-valued fuzzy soft decision-making method based on CoCoSo and CRITIC for intelligent healthcare management evaluation. *Soft Computing*, 25(6), 4213-4241. Doi:10.1007/s00500-020-05437-y.

- Rani, P., Mishra, A. R., Saha, A., Hezam, I. M., & Pamučar, D. S. (2022). Fermatean fuzzy Heronian mean operators and MEREC-based additive ratio assessment method: An application to food waste treatment technology selection. *International Journal of Intelligent Systems*, 37(3), 2612-2647. Doi:10.1002/int.22787.
- 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. Doi:10.1016/j.asoc.2020.106061.
- Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü. Faaliyet Raporlarımız. 2020 Yılı Faaliyet Raporu. Erişim Tarihi: 05 Şubat 2022, <https://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/pdf/kurumsal/faaliyet/2020.pdf>
- Torkayesh, A. E., Pamucar, D., Ecer, F., & Chatterjee, P. (2021). An integrated BWM-LBWA-CoCoSo framework for evaluation of healthcare sectors in Eastern Europe. *Socio-Economic Planning Sciences*, 78, 101052. Doi:10.1016/j.seps.2021.101052.
- Toslak, M., Aktürk, B. ve Ulutaş, A. (2022). MEREC ve WEDBA yöntemleri ile bir lojistik firmasının yıllara göre performansının değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 33, 363-372.
- Tuncer, B. ve Kızgın, Y. (2021). Pilot adaylarının uçuş okulu seçim davranışını etkileyen faktörlerin belirlenmesi. *Journal of Aviation*, 5(2), 170-180.
- Ulutaş, A., Karakuş, C. B., & Topal, A. (2020). Location selection for logistics center with fuzzy SWARA and CoCoSo methods. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 38(4), 4693-4709.
- URL1, Cessna Skyhawk. Specifications. Erişim Tarihi: 25 Ocak 2022, [https://cessna.txtav.com/en/piston/cessna-skyhawk#\\_model-specs](https://cessna.txtav.com/en/piston/cessna-skyhawk#_model-specs)
- URL2, P2008JC Single Engine Aircraft. Specs. Specifications. Erişim Tarihi: 25 Ocak 2022, <https://www.tecnam.com/aircraft/p2008/#section2>
- URL3, Piper Freedom of Flight. Models. Seminole. Specifications. Erişim Tarihi: 25 Ocak 2022, <https://www.piper.com/model/seminole/>
- URL4, Diamond Aircraft. DA42. Specifications. Erişim Tarihi: 25 Ocak 2022, <https://www.diamondaircraft.com/en/private-owners/aircraft/da42/tech-specs/>
- URL5, Sonaca Aircraft. Sonaca 200. Specifications. Erişim Tarihi: 25 Ocak 2022, <https://www.sonaca-aircraft.com/products/sonaca-200>
- Yazdani, M., Zarate, P., Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2019). A combined compromise solution (CoCoSo) method for multi-criteria decision-making problems. *Management Decision*, 57(9), 2501-2519. Doi:10.1108/MD-05-2017-0458.

## Extended Abstract

### Aim and Scope

The aim of this study is to determine the aircraft selection criteria of the flight schools, to find the weights of the criteria in question, and to choose the most appropriate aircraft alternatives preferred in flight schools. For this purpose, selection criteria and alternatives were determined by interviews with aviation instructors. There are twelve criteria in the problem. The selection criteria are range, maximum limit speed, take-off rules, landing rules, service ceiling, motor power, standard weight, maximum take-off weight, full fuel payload, maximum occupants, engine manufacturer, producer respectively. There are five alternatives in the problem. The alternatives in the multi criteria decision making problem are Cessna 172S, Tecnam P2008jc, Piper PA-44 Seminole, Diamond DA42 Twin Star and Sonaca 200 respectively.

### Methods

In the study, the weight values of the criteria to be considered in the selection of trainer aircraft were found by the MEREC method, one of the Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods. MEREC (Method based on the Removal Effects of Criteria) method is one of the objective methods for determining criterion weights. The evaluation of the aircraft was made by the CoCoSo method. CoCoSo is one of the up-to-date methods used to evaluate alternatives. Both methods need an initial decision matrix. Technical values of the alternatives were collected from the web sites of the alternatives. The aviation experts were evaluated the non-technical criteria in the problem.

## **Findings**

Different coefficients were tried for calculation process in CoCoSo method. At the end of the calculations, it was seen that the ranks are same. The best alternative in the training airplane selection problem is "Piper PA-44 Seminole". "Cessna 172S" training aircraft takes the second place. The third alternative is "Diamond DA42 Twin Star".

## **Conclusion**

Civil aviation is a very important and preferred sector today. The reason for this is the increase in the products produced in the world, the acceleration of shopping, the emergence of new ideas, cultures and the convergence of countries, in short, the globalizing world, developing technology and infrastructures, and countries reaching the level of prosperity. The increase in the demand for civil aviation and the infrastructure moves made by the countries in this field have led to the need for qualified personnel in the sector. The most important and most needed qualified personnel in the industry are pilots. Flight schools have a great job to eliminate the pilot shortage in the world. Flight schools are institutions that carry out training activities in order to ensure quality and competition in the sector and to meet the pilot needs of the sector. In this case, it is necessary to choose the right aircraft to be used in the trainings. As a futurework, aircraft selection analyzes can be made with different MCDM methods and/or the MEREC and CoCoSo methods used in this study can be used in decision-making on different subjects or in different subjects in the aviation industry.