

ASKERİ ALANLARDA KULLANILMAK ÜZERE İNSANSIZ HAVA ARACI (İHA) SİSTEMLERİ SEÇİMİNDE TOPSIS VE BULANIK TOPSIS YÖNTEMİNİN KULLANILMASI

THE USE OF TOPSIS AND FUZZY TOPSIS METHODS IN THE SELECTION OF UAV (UNMANNED AERIAL VEHICLE) SYSTEMS TO BE USED IN MILITARY FIELDS*

Osman Nuri TEKİNAY*** 
Gülgönül BOZOĞLU BATI*** 

Öz

Bu çalışma, askeri alanda kullanılan ve kullanılacak olan İnsansız Hava Aracı (İHA) Sistemlerinin, sahip olduğu teknik özelliklerinin karşılaştırılması ile tedarik karar aşamasında, en uygun kararın verilmesini amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda çalışmada, askeri alanda kullanıma uygun, üç yerli ve beş yabancı firmanın üretmiş ve üretim safhasında olduğu İHA Sistemleri'nin teknik verileri toplanmıştır. Toplanan bu veriler ortak olan başlıklar altında kriterlere [İlk olarak üç kriter (Havada Kalış Süresi, Maksimum İrtifa ve Faydalı Yük Kapasitesi) ile TOPSIS ve Bulanık TOPSIS analizi yapılmış ve sonrasında bu üç kriterle iki kriter (Sevir Hızı ve Maksimum Hız) daha eklenerek sadece TOPSIS ile analiz yapılmıştır.] ayrılarak, TOPSIS ve Bulanık TOPSIS yöntemi ile sıralanmıştır. Elde edilen bulgular doğrultusunda, TOPSIS üç ve beş kriterli sıralamada ilk sırada sırasıyla, Yabhon United 40 ve Predator C Avenger modelleri yer alırken; Bulanık TOPSIS ile sıralamada ilk sırada, Heron TP modelinin yer aldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İHA, SİHA, TOPSIS, Bulanık TOPSIS, Ürün Seçimi

Jel Sınıflandırması: M19, D79

* Bu çalışma, Yalova Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı'nda Dr. Öğretim Üyesi Gülgönül BOZOĞLU BATI danışmanlığında, Osman Nuri TEKİNAY tarafından hazırlanan: "Askeri Alanlarda Kullanılmak Üzere İHA Sistemleri Seçiminde TOPSIS ve Bulanık TOPSIS Yönteminin Kullanılması" adlı yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

** Yüksek Lisans Öğrencisi, Yalova Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Yalova, E-Mail: 122127029@ogrenci.yalova.edu.tr, www.osmannuritekinay@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3668-2336

*** Dr. Öğretim Üyesi Gülgönül BOZOĞLU BATI, Yalova Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Yalova, E-Mail: gulgonul@yalova.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-9953-8289

Abstract

This study aims to make the most appropriate decision at the procurement decision stage by comparing the technical features of UAV systems currently used and those to be used in the military field. For this purpose, the technical data of UAV systems, which are suitable for military use, produced by three domestic and five foreign companies, and are in the production phase, were collected. These collected data were analysed under the following headings: [At First, three criteria (Airtime, Maximum Altitude, and Payload Capacity) and TOPSIS and Fuzzy TOPSIS analysis are implemented. Then two more criteria (Cruise Speed and Maximum Speed) were added to these three criteria. Only TOPSIS analysis was performed.] separated and sorted by TOPSIS and the Fuzzy TOPSIS Method. In line with the findings, the Yabhon United 40 and Predator C Avenger models took first place in the TOPSIS three and five criteria rankings, respectively. It was determined that the Heron TP model took first place in the ranking with fuzzy TOPSIS.

Keywords: UAV, AUAV, TOPSIS, Fuzzy TOPSIS, Product Selection

JEL Classification: M19, D79

1. Giriş

Maslow (1943)'a göre insanların ihtiyaçları sınırsızdır ve insanların bir ihtiyacı karşılandığında yeni ihtiyaçları ortaya çıkmaktadır. Bu duruma paralel olarak da insanoğlunun sınırsız ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla teknoloji de sürekli geliştirilmektedir. Önceleri, askeri alanda geliştirilen teknolojiler, belirli bir süre sonra sivil alanların kullanımına açılırken; günümüzde, sivil alanlarda geliştirilen teknolojiler, askeri alanlara açılmaktadır. Bu değişimdeki en büyük etken, yakın zamanda gelişen İnsansız Hava ve Kara araçlarının sivil işletmelerce etkin ve verimli bir şekilde üretilmesidir.

Üretim süreçlerindeki verimlilik; işletmelerin, yatırımlarının, rekabet gücünün, kapasite kullanımının vb. artmasına; birim maliyetlerin ise azalmasına olanak sağlamaktadır. Bu olanaklardan yararlanmak isteyen işletmeler, ellerindeki sınırlı kaynaklar ile maksimum verimlilikte çıktılar elde etmeyi amaçlamaktadırlar. Bu amaç doğrultusunda, işletmeler, yönetim fonksiyonlarından yararlanmaktadırlar. Yönetim fonksiyonları planlama ile başlamaktadır; çünkü planlama, işletmelere çağrı yakalayacak hamleler yapmasına ve rekabet koşullarına uyum sağlamasına olanak sağlamaktadır. Planlama, bir süreç; plan ise bir sonuçtur. Plan, yapılan tercih ile verilen karar doğrultusunda tamamlanan süreçtir. Karar alma süreci ile birden çok alternatif arasından seçim işlemi planlamanın temelini oluşturmaktadır. Alternatif sayısı arttıkça karar verme süreci zorlaşmaktadır. Bu süreçte, en kısa zaman zarfında en uygun kararın verilmesi için karar verme teknikleri geliştirilmiştir. Geliştirilen bu karar verme teknikleri, karar vericilere vakit tasarrufu sağlamakta, en doğru kararı verebilmelerine olanak sağlamakta, kısacası verimli bir karar verme imkânı sunmaktadır. Bu faydalar doğrultusunda bu çalışmada, Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinden bir olan TOPSIS ve Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmada, ilk yöntem olarak, kompleks algoritmalar ve matematiksel modeller içermeyen TOPSIS modeli tercih edilmiştir. TOPSIS yöntemi, en iyi alternatife en yakın, en kötü alternatife ise en uzak seçimi gösterir. Bu yönü ile diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinden ayrılır. Bu yöntem, hesaplanması ve sonuçların yorumlanması açısından sade ve kolay anlaşılır bir yöntem olması sebebiyle tercih edilmiştir. Klasik Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri tüm kriterlerin ve bu kriterlerin sahip olduğu ağırlıkların kesin olarak ifade edildiği bir yöntemdir. Dolayısıyla, alternatiflerin aldıkları değerlere göre sıralanması sorunsuz bir şekilde

gerçekleşmektedir. Gerçek hayatta karar verirken bilginin kesin olmaması veya muğlak olması söz konusudur. Çalışmada, Bulanık TOPSIS yönteminin kullanılmasındaki amaç ise kriterlerin belirsizlik altında belirlenmesi durumunda ortaya çıkan sonuçların değerlendirilmesidir. Bu sayede TOPSIS yöntemi ile Bulanık TOPSIS yöntemi ile elde edilen sonuçlar arasındaki farklılıklar tespit edilmiş ve analizler karşılaştırmalı olarak yorumlanmıştır.

Bu çalışma, askeri alanda İHA Sistemi ile ilgili ürün tedarik kararı verirken, tedarikçi seçimine değil; piyasadaki üretilmiş ve seri üretim safhasına yaklaşmış olan ürünleri teknik özelliklerine göre sıralayarak, en uygun ürünün seçimine bilimsel tekniklerle yaklaşmayı amaçlamaktadır. Bu çalışma ile ilk kez, üretilmiş ve üretim aşamasındaki İHA Sistemleri seçimi, bu bakış açısı ile ele alınacaktır. Çalışmanın bu yönü, araştırmanın özgün tarafının oluşturmaktadır. Çalışmada, dünya genelinde kullanılan ve kullanılacak olan, son model İHA

Sistemleri ile ülkemizde üretilmiş olan İHA Sistemleri'nin yer alması, çalışmanın özgün tarafına katkı sunmaktadır.

2. Literatür

Ürün seçimi alanında, Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri'nin analiz edilmesi, yeni bir model önerilmesi ve işletmenin alacağı kararları değerlendirme aşaması alanında kullanılan, Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri incelenmiştir. İncelenen başlıklar altında elde edilen bilgiler aşağıda sunulmaktadır.

Ürün seçimi alanında,

Baştürk (2021), “Sezgisel Bulanık TOPSIS metodu ile tekstil sektörü için emniyet ayakkabısı seçimi” başlıklı yapmış olduğu çalışmasında, tekstil sektöründe çalışanların kullanımı için en uygun emniyet ayakkabısının seçimini amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda, beş farklı emniyet ayakkabısı üç farklı karar verici tarafından Sezgisel Bulanık TOPSIS yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda, beş farklı senaryo ortaya çıkmıştır. Çalışma doğrultusunda elde edilen bulgular doğrultusunda, ilk senaryodan başlamak suretiyle sırasıyla, A3, A4, A2, A5 ve A3 emniyet ayakkabısının kullanıma en uygun ürün olduğu sonucuna varılmıştır.

Doğan (2021), “Isparta ilinde bulunan bir kamu kuruluşuna AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak masaüstü bilgisayar seçimi” başlıklı yapmış olduğu çalışmasında, Isparta ilindeki bir kamu kuruluşunun alacağı kırk adet bilgisayarın en uygun kararın verilerek alınmasını amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda, TOPSIS, AHP yönteminden yararlanılmış ve bilgisayarları kullanacak personele bir anket yapılmıştır. Anket sonucunda elde edilen kriterlerin ağırlık değerleri AHP yöntemi ile belirlenmiştir. Ağırlık değerleri belirlenen bu kriterler TOPSIS yöntemi ile sıralanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda, U1 adlı masaüstü bilgisayarın tedarik için en ideal bilgisayar olduğu ve işlemci hızının en önemli kriter olduğu görülmüştür.

Çetin ve Alvalı (2020), “Yük vagonu bojisi tasarımında çok kriterli karar verme teknikleri ile malzeme seçimi” başlıklı yapmış oldukları çalışmada, demiryolu araçlarında kullanılan boji için en uygun karbonlu çelik alaşımının tespit edilmesini amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda, TOPSIS ve VIKOR yönteminden yararlanılmıştır. Elde edilen bulgular doğrultusunda, en uygun malzemenin S355 çeliği olduğu; ayrıca, S355-S275 kombinasyonu ile oluşturulan bir konstrüksiyonunun daha iyi sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

Hamurcu ve Eren (2020), “Selection of Unmanned Aerial Vehicles by using Multicriteria Decision-Making for defence ” başlıklı yapmış oldukları çalışmada, savunma alanında ülkelerin İHA alternatifleri arasından en uygun seçimi gerçekleştirebilmelerini çok kriterli karar verme teknikleri ile amaçlamaktadırlar. Bu amaç doğrultusunda, belirlenen yedi kriterin ağırlık değerleri, AHP yöntemi ile belirlenmiş olup; belirlenen kriterler altında altı alternatif, TOPSIS yöntemi ile sıralanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda, İHA-1’in tedarik için en uygun seçim olduğu tespit edilmiştir.

Akman (2019), “Çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden AHP ve TOPSIS ile araba seçimi” başlıklı yapmış olduğu çalışmasında, kişilerin araba seçerken kendi ölçütlerine en uygun aracı seçebilmelerini amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda, AHP ve TOPSIS yöntemleri ile dört farklı araç belirlenen kriterler doğrultusunda analize tabi tutulmuştur. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda, AHP yöntemi ile elde edilen sonuç, Model 4’ün; TOPSIS yöntemi ile elde edilen sonuç da Model 1’in en iyi alternatif olduğunu göstermektedir; ayrıca, araba almayı düşünen kişilerin en çok önem verdikleri ölçütün fiyat ölçütü olduğu tespit edilmiştir.

Antmen ve Miç (2018), “Çocuk yoğun bakım ünitesinde çok kriterli karar verme ile mekanik ventilatör seçimi ve bir uygulama örneği” başlıklı yapmış olduğu çalışmada, Adana ilinde sağlık hizmeti vermekte olan bir hastanenin çocuk yoğun bakım ünitesine alınacak olan ventilatörün en uygun karar ile seçilmesini amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda, AHP ve Bulanık TOPSIS yönteminden yararlanılmıştır. Elde edilen bulgular doğrultusunda en uygun ventilatörün, Drager markasına ait olan ürün olduğu görülmüştür.

Karaburun (2018), “Çok ölçütlü karar vermede AHP ve TOPSIS yöntemleriyle silah seçimi problemi” başlıklı yapmış olduğu çalışmasında, Köyceğiz İlçe Emniyet Müdürlüğü Şehit Necati Esgin Polis Merkezi Amirliğinde görevli personelin silah seçerken en uygun kararı vermesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda, beyin fırtınası ve balık kılçığı diyagramı ile AHP ve TOPSIS yönteminden yararlanılmıştır. Emniyet personeli ile yapılan beyin fırtınası çalışmaları ve balık kılçığı diyagramı sonucunda, kriterler ve alternatifler belirlenmiştir. Kriter ağırlıkları, AHP yöntemi ile hesaplanmış olup; alternatifler, TOPSIS yöntemi ile sıralanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda en uygun seçimin, seçenek 2 olduğu görülmüştür.

Aybar (2017), “Bulanık TOPSIS yaklaşımı ile CNC makinesi seçimi” başlıklı yapmış olduğu çalışmasında, ahşap üretim atölyesine sahip küçük işletmelerin üretim süreçlerinde kullanmak üzere CNC düz tabla seçimlerinde en uygun kararı verebilmelerini amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda, belirlenen kriterler ile alternatifler Bulanık TOPSIS yöntemi ile sıralanmıştır.

Çalışma sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda, en uygun seçimin, CNC 3 (Yüksek)'ün olduğu görülmüştür.

Sánchez-Lozano, Serna ve Dolón-Payán (2015), “Evaluating military training aircrafts through the combination of multi-criteria decision making processes with fuzzy logic. A case study in the Spanish Air Force Academy” başlıklı yapmış oldukları çalışmada, İspanyol Hava Kuvvetlerinin askeri uçak alımında en iyi askeri uçağı seçebilmesini amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda, Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemi ile elde edilen veriler analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, en iyi alternatifin Pilatus PC-21 uçağı olduğu görülmüştür.

Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri'nin analiz edilmesi, yeni bir model önerilmesi ve işletmenin alacağı kararları değerlendirme aşaması alanında,

Abdel-Basset ve Mohamed (2020), “A novel plithogenic TOPSIS – CRITIC model for sustainable supply chain risk management” başlıklı yapmış oldukları çalışmada, Çin'de telekomünikasyon ekipmanları üreten ve ürettikleri ekipmanları dünyanın dört bir yanına ihraç eden bir işletmede, sürdürülebilir tedarik zinciri risk yönetiminin değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda, TOPSIS-CRITIC plitojenik yöntemi kullanılmıştır. Yöntem kullanılırken, ekipmanlar üç ana kategoriye ayrılmış ve üç alternatif, otuz altı kriter ile veri analizi yapılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda, finansal risk kriterinin en önemli ana kriter olduğu görülmüştür.

Lima Junior, Osiro ve Carpinetti (2014), “A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection – Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinin tedarikçi seçiminde karşılaştırılması” başlıklı yapmış oldukları çalışmada, Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinin tedarikçi seçiminde yeterliliğini analiz etmeyi amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda, otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemi ile hesaplamalar yapılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda, çeviklikle ilgili karar verme aşamasında bulanık TOPSIS yönteminin; bulanık AHP yönteminden çoğu zaman daha tutarlı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Wang ve Chan (2013), “A hierarchical fuzzy TOPSIS approach to assess improvement areas when implementing green supply chain initiatives ” başlıklı yapmış oldukları çalışmada, moda perakende zincirine sahip ürünlerinin üretiminde yeşil malzemelere ağırlık vermeyi kararlaştıran bir işletmenin, farklı yeşil girişimlerini ve işletmenin yeşil girişimleri uygulamaya koyduğunda iyileştirme alanlarının değerlendirmesi amaçlamaktadır. İşletmenin bu amacı doğrultusunda, AHP ve Bulanık TOPSIS yönteminden yararlanılarak işletmenin yeşil hammadde kullanmaya hazır olup olmadığı değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda işletmenin, üretim kapasitesi, satılabilirlik ve pazarlanabilirlik kategorilerinde uygulama yaparken diğer kategoriler göre daha fazla dikkat etmesi gerektiği; işletmenin şu an yeni yeşil malzeme uygulamak için teknik ve yenilik yeteneklerinin yetersiz olduğu tespit edilmiştir. İşletmede yeni yeşil malzeme tekniklerinin uygulanabilmesi için altı aylık dengeli bir geçiş süreci izlenmesi öngörülmüştür; ayrıca, yeşil tedarik zinciri yönetiminin yeşil teknik yönlerle sınırlı olmadığı, aynı zamanda çevresel olmayan konuları da kapsadığı görülmüştür.

İnsansız Hava Aracı alanında,

Akay, Kuriş ve Senan (2021), “İnsansız Hava Araçları ve Otopilotlar” başlıklı yapmış oldukları çalışmada, literatürde yer alan otopilot sistemlerini içeren yayınların derlenmesini amaçlamıştır. Bu amaç doğrultusunda, 2001-2020 yılları arasında yayınlanmış elliden fazla çalışma incelenmiş ve analize tabi tutulmuştur.

Tansü ve Katrancı (2020), “İnsansız Hava Araçlarının muharebe – savunma alanında kullanımı ve Türk Silahlı Kuvvetlerinde, İnsansız Hava Araçlarının etkisi” başlıklı yapmış oldukları çalışmada, İHA’ların ve Silahlı İnsansız Hava Araçları’nın, keşif/gözetleme faaliyetleri ile avantaj ve dezavantajlarını irdeleyerek, muharebe/savunma alanındaki etkilerinin incelenmesini amaçlamıştır. Ayrıca, Türk Silahlı Kuvvetleri’nde kullanımına ilişkin değerlendirmeler de paylaşılmıştır. Elde edilen ve paylaşılan bilgiler doğrultusunda, insansız hava araçlarının, istihbarat ve muhabere alanında oldukça önemli bir yer edindiği sonucuna varmışlardır.

Yardımcı (2019), “İnsansız Hava Araçlarına hukuki bir bakış” başlıklı yapmış olduğu çalışmasında, Türk Sivil Havacılığı yönünden İHA’lara ilişkin genel düzenlemeleri hukuki açıdan değerlendirmeyi amaçlamıştır. Bu amaç doğrultusunda, çalışmada, İHA’ların ortaya çıkışı, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü’nün bu konudaki görev ve yetkileri, İHA tanımı, İHA’ların sınıflandırılması, İHA’ların lisanslandırılması ve İHA kayıt sistemi bilgilerine yer verilmiştir. Çalışmada sadece sivil havacılıkta kullanılan İHA’lar hakkında bilgiler paylaşılmıştır.

Ekmekçioğlu ve Yıldız (2018), “İnsansız Hava Araçlarının Askeri ve Sivil kullanımı ABD ve Türkiye örnekleri ve bazı politika önerileri” başlıklı yapmış oldukları çalışmada, İHA’larının askeri ve sivil alanda kullanımı sonucu meydana gelen gelişmeler hakkında bilgiler verilmesini amaçlamıştır. Bu amaç doğrultusunda, İHA tarihi, İHA sınıflandırması ile askeri ve sivil alanda İHA kullanımı vb. başlıklarda bilgiler paylaşılmıştır. Elde edilen bilgiler doğrultusunda hükümetlerin İHA kullanım kararlarının tercihten çok bir zorunluluk haline geldiği sonucuna varmışlardır.

3. Veri ve Yöntem

3.1. Veriler

Çalışmada yer alan İHAS ait verilerinin çoğunluğu, işletmelerin resmi sitelerinden elde edilmiştir. Resmi sitelerinde veri paylaşmayan üreticilerin (China Aerospace Science and Technology Corporation ve Adcom Systems) İHAS teknik verileri, üreticilerin yerleşik bulunduğu ülkenin yerel basını ve diğer ülke basın sitelerinden elde edilmiştir. Elde edilen bu veriler, ortak olan başlıklar altında önce üç kritere (Havada Kalış Süresi, Maksimum İrtifa ve Faydalı Yük Kapasitesi) daha sonra beş kritere (Havada Kalış Süresi, Maksimum İrtifa, Faydalı Yük Kapasitesi, Seyir Hızı ve Maksimum Hız) ayrılmış, kriterlerin ve alternatiflerin on iki dilsel değişkenle değerlendirilmesi beş uzman tarafından gerçekleştirilmiş, Excel programına girilerek TOPSIS ve Bulanık TOPSIS yöntemi ile analiz edilmiştir. Bulanık TOPSIS yönteminde kriterlerin ve alternatiflerin değerlendirilmesinde başvurulan uzman görüşleri, Tablo 11 ve Tablo 13’te sunulmuştur. Görüş belirten uzmanlarımız;

Faruk Ayberk ÜLKÜER (Aselsan), Mehmet Emin Saygılı (Baykar), Metin Ali ERGÜR (Dasal), Muhammed Zahid YETER (Baykar) ve TSK bünyesinde görevli F-16 savaş pilotumuzdur. Görüşü alınan uzmanlarımız (savaş pilotumuz kısmen) fiili olarak İHA/S üzerinde yapay zekâ, üretim, pazarlama, proje lideri vb. alanlarda görev icra etmektedirler.

3.2. Yöntem

Bu çalışmada yöntem olarak, Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinden biri olan, TOPSIS ve Bulanık TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. TOPSIS yönteminin kullanılmasındaki temel amaç, yöntemin karmaşık algoritmalar içermeyen sadeliği, hesaplamada excel programı ile rahatlıkla çalışılabilmesi, kısa sürede sonuç veriyor olması ve sonuçlarının yorumlanmasının kolay olmasıdır. Bulanık TOPSIS yönteminin kullanımındaki temel amaç ise dilsel belirsizliğin dikkate alındığı durumda sonuçların nasıl değişeceğini gözlemlemektir. Nihai amaç ise TOPSIS yöntemi ve Bulanık TOPSIS yöntemi ile elde edilen sonuçlar arasındaki farklılıkların tespit edilerek, bu tespit edilen farklı sonuçlar ile oluşturulan zengin bir veri havuzu ile analiz yapılmak istenmesidir.

3.2.1. Çok Nitelikli Karar Verme – TOPSIS

TOPSIS yöntemi altı adımdan oluşan bir çözüm sürecini içermektedir. Bu adımlar, aşağıda başlıklar halinde paylaşılmaktadır.

3.2.1.1. Adım 1: Karar Matrisinin (A) Oluşturulması

Karar matrisi, Tablo 1'deki gibi oluşturulur ve Eşitlik (1)'deki gibi gösterilir.

Tablo 1. Karar Matrisi

Alternatifler	Kriterler			
	K_1	K_2	...	K_n
A_1	X_{11}	X_{12}	...	X_{1n}
A_2	X_{21}	X_{22}	...	X_{2n}
:	:	:	...	:
:	:	:	...	:
A_m	X_{m1}	X_{m2}	...	X_{mn}
Fayda/Maliyet	F/M	F/M	...	F/M

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

3.2.1.2. Adım 2: Standart (Normalize Edilmiş) Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

Standart Karar Matrisi, “A” matrisinin elemanlarından yararlanılarak ve aşağıdaki Eşitlik (2) kullanılarak, Eşitlik (3) deki gibi “R” matrisi elde edilir. “m” karar noktası sayısını, “n” kriter sayısını ifade etmektedir.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad i=1, \dots, m \quad j=1, \dots, n \quad (2)$$

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

3.2.1.3. Adım 3: Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

Ağırlık değerleri (w_i) Eşitlik (4) kullanılarak belirlenir. Daha sonra “R” matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili (w_i) değeri ile çarpılması sonucu, Eşitlik (5) te görülen “V” matrisi oluşur.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (4)$$

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

3.2.1.4. Adım 4: İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) Çözümlerin Oluşturulması

3.2.1.4.1. İdeal (A^*) Çözümlerinin Oluşturulması

İdeal çözüm setinin bulunması Eşitlik (6) ile sağlanmaktadır.

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

Eşitlik (6) ile hesaplanan set, $A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$ şeklinde gösterilebilir. “J” fayda (maksimizasyon) değerini; “J’” kayıp (minimizasyon) değerini göstermektedir.

3.2.1.4.2. Negatif İdeal (A^-) Çözümlerinin Oluşturulması

İdeal çözüm setinin bulunması Eşitlik (7) ile sağlanmaktadır.

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

Eşitlik (7) ile hesaplanan set, $A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$ şeklinde gösterilebilir. “J” fayda (maksimizasyon) değerini; “J” kayıp (minimizasyon) değerini göstermektedir.

3.2.1.5. Adım 5: Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması

İdeal ayırım (S_i^*) ölçüsünün hesaplanması Eşitlik (8)'de, negatif ideal ayırım (S_i^-) ölçüsünün hesaplanması ise Eşitlik (9) ile sağlanmaktadır.

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

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

3.2.1.6. Adım 6: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

İdeal çözüme göreli yakınlık değerinin hesaplanması aşağıdaki Eşitlik (10)'da gösterilmiştir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad i=1,2,\dots,m \quad (10)$$

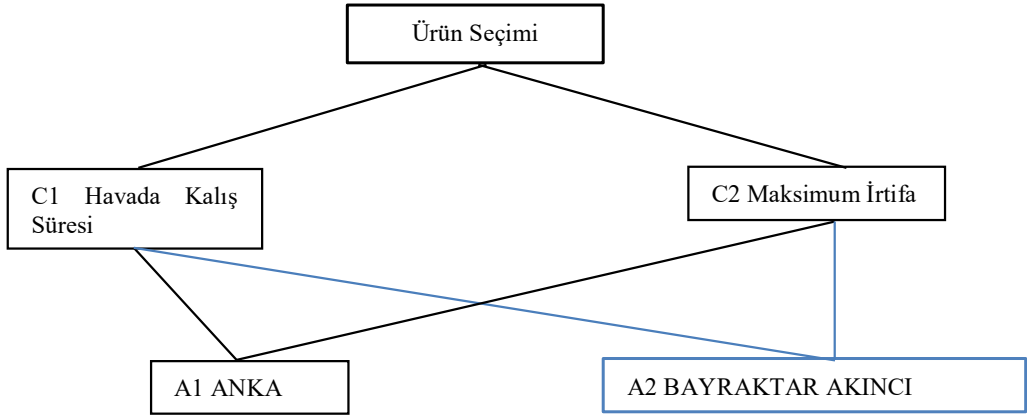
Burada (C_i^*) değeri, $0 \leq C_i^* \leq 1$ aralığında değer alır. $C_i^*=1$ ilgili karar noktasının ideal çözüme, $C_i^*=0$ ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını göstermektedir.

3.2.2. Çok Kriterli Karar Verme – Bulanık TOPSIS

Bu çalışmada Chen'in üretmiş olduğu, Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, dokuz adımdan oluşan bir çözüm sürecini içermektedir. Bu adımlar, aşağıda ilgili başlıklar dahililiyle paylaşılmakta ve açıklanmaktadır. (Chen, 2000, ss. 1-6).

3.2.2.1. Adım 1: Grup Oluşturulması ve Modelin Belirlenmesi

Bu adımda, öncelikle, karar verici grup oluşturulmaktadır. Ardından, oluşturulan bu karar verici grup, alternatifleri ve kriterleri belirlemektedir. Temsili bir örnek, aşağıda (Şekil 1) sunulmuştur.

Şekil 1. Hiyerarşik Yapı

3.2.2.2. Adım 2: Dilsel değişkenlerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi

Bu adımda, karar vericiler, öncelikle, karar kriterlerini dilsel değişkenler (Tablo 2) ile değerlendirmektedir. Ardından, karar vericiler, dilsel değişkenler ile değerlendirdikleri karar kriterlerine göre alternatifleri dilsel değişkenlerle (Tablo 3) değerlendirmektedir. Son olarak, dilsel değişkenler ile değerlendirilen karar kriterleri ve alternatifler, bulanık sayı karşılıkları ile ifade edilmektedir.

Tablo 2. Karar Kriterlerinin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel İfadeler ve Üçgen Bulanık Sayı Olarak Karşılıkları

Dilsel Değişkenler	Bulanık Sayılar
Çok Düşük (ÇD)	(0,0,0,0,1)
Düşük (D)	(0,0,1,1,3)
Orta Düşük (OD)	(0,1,0,3,0,5)
Orta (O)	(0,3,0,5,0,7)
Orta Yüksek (OY)	(0,5,0,7,0,9)
Yüksek (Y)	(0,7,0,9,1,0)
Çok yüksek (ÇY)	(0,9,1,0,1,0)

Kaynak: (Chen, 2000, s. 5)

Tablo 3. Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel İfadeler ve Üçgen Bulanık Sayı Olarak Karşılıkları

Dilsel Değişkenler	Bulanık Sayılar
Çok Kötü (ÇK)	(0,0,1)
Kötü (K)	(0,1,3)
Orta Kötü (K)	(1,3,5)
Orta (O)	(3,5,7)
Orta İyi (Oİ)	(5,7,9)
İyi (İ)	(7,9,10)
Çok İyi (Çİ)	(9,10,10)

Kaynak: (Chen, 2000, s. 5)

3.2.2.3. Adım 3: Karar Kriterlerinin Önem Ağırlıkları Belirlenmesi

Bu adımda, Tablo 2 yardımı ile dilsel değişkenleri belirlenen kriterlerin, üçgen bulanık sayı karşılıklarının, aşağıda sunulan Eşitlik (11)'de yerine konulması sonucu elde edilen veriler ile karar kriterlerinin önem ağırlık tablosu oluşmaktadır.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{x}_{ij}^1(+)\tilde{x}_{ij}^2(+)\cdots(+)\tilde{x}_{ij}^K] \quad (11)$$

3.2.2.4. Adım 4: Bulanık Karar Matrisi ve Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi Oluşturulması

Bu adımda, Tablo 3 yardımı ile dilsel değişkenleri belirlenen alternatiflerin, üçgen bulanık sayı karşılıklarının, aşağıda sunulan Eşitlik (12)'de yerine konulması sonucu, bulanık karar matrisi elde edilmektedir.

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{K} [\tilde{w}_j^1(+)\tilde{w}_j^2(+)\cdots(+)\tilde{w}_j^K] \quad (12)$$

Normalize edilmiş bulanık karar matrisi (Eşitlik 13) ise aşağıda sunulan denklemlere (Eşitlik 14 ve 15) bulanık karar matrisinde elde edilen verilerin yerleştirilmesi sonucu elde edilen veriler ile oluşmaktadır. Karar kriterinin fayda kriteri olması durumunda her sütundaki elemanların, bu sütundaki elemanların üçüncü bileşenleri içinde en büyük değere sahip olana bölünmesi yoluyla elde edilmektedir. Maliyet kriterlerinin normalize edilmesinde ise her sütundaki ilk elemanların en küçük değeri dikkate alınmaktadır. Normalize edilmiş bir matriste bulanık sayı değerlerinin [0,1] aralığında olması sağlanmaktadır. “B” sembolü, faydayı; “C” sembolü ise maliyeti temsil etmektedir.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad (13)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), \quad j \in B; \quad c_j^* = \max_i c_{ij} \text{ Eğer } j \in B; \quad (14)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), \quad j \in C; \quad a_j^- = \min_i a_{ij} \text{ Eğer } j \in C. \quad (15)$$

3.2.2.5. Adım 5: Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisinin Oluşturulması

Aşağıda ilk denklem (Eşitlik 16) şeklinde gösterilen ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi, ikinci denklem (Eşitlik 17) yardımı ile normalize edilmiş bulanık karar matrisindeki yer alan her alternatif için belirlenen kriterlere verilen değerler, buldukları sütundaki kriterin önem ağırlığı ile çarpılması suretiyle elde edilmektedir.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (16)$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(\cdot) \tilde{w}_j \quad (17)$$

3.2.2.6. Adım 6: Bulanık Pozitif İdeal Çözümün ve Bulanık Negatif İdeal Çözümün Belirlenmesi

Bu adımda, Chen'in sıralama modeli tatbik edilmiştir. Aşağıda sunulan ilk Eşitlik 18 ile Bulanık Pozitif İdeal Çözüm (A^*) hesaplanırken; aşağıda sunulan ikinci Eşitlik 19 ile Bulanık Negatif İdeal Çözüm (A^-) hesaplanmaktadır. Elde edilen veriler, aşağıdaki son Eşitlik 20'de görüldüğü şekilde ifade edilmektedir.

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*) \quad (18)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \quad (19)$$

$$\tilde{v}_j^* = (1, 1, 1) \quad \tilde{v}_j^- = (0, 0, 0), \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (20)$$

3.2.2.7. Adım 7: Her Bir Alternatifin Bulanık Pozitif İdeal Çözümünden ve Bulanık Negatif İdeal Çözümünden Uzaklıkları Hesaplanması

Bu adımda, aşağıda sunulan denklemler (Eşitlik 21, 22 ve 23) yardımı ile her bir alternatifin, Bulanık Pozitif İdeal Çözümünden ve Bulanık Negatif İdeal Çözümünden uzaklıkları hesaplanmaktadır.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (21)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (22)$$

$$d(\tilde{m}, \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \quad (23)$$

3.2.2.8. Adım 8: Yakınlık Katsayısının Hesaplanması

Bu adımda, bir önceki adımda (Adım 7), Bulanık Pozitif İdeal Çözümünden ve Bulanık Negatif İdeal Çözümünden uzaklıkları bulunan alternatiflerin, aşağıda sunulan denklem (Eşitlik 24) ile yakınlık katsayıları hesaplanmaktadır.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (24)$$

3.2.2.9. Adım 9: Alternatiflerin Sıralanması

Bu adımda, bir önceki adımda (Adım 8), yakınlık katsayıları hesaplanan alternatiflerin yakınlık katsayıları büyükten küçüğe doğru sıralanmaktadır. Sahip oldukları değerlere göre sıralanan bu alternatifler, aşağıda sunulan Tablo 4 yardımı ile değerlendirilmektedir.

Tablo 4. Değerlendirme Durumu

Yakınlık Katsayısı CC_i	Değerlendirme Durumu
$CC_i \in [0,0,2)$	Tavsiye edilmez
$CC_i \in [0,2,0,4)$	Yüksek riskli tavsiye
$CC_i \in [0,4,0,6)$	Düşük riskli tavsiye
$CC_i \in [0,6,0,8)$	Kabul edilir
$CC_i \in [0,8,1,0)$	Kabul edilir ve tercih edilir

Kaynak: (Chen, Ling ve Huang, 2006, s. 296)

4. Bulgular

Bu bölümde, ürünlere ait elde edilen teknik verilerin, TOPSIS ve Bulanık TOPSIS yöntemi ile analizi sonucunda elde edilen bulgular paylaşılmaktadır.

4.1. TOPSIS ile İHA/S Seçimi

Bu bölümde, ürünlere ait elde edilen teknik verilerin, TOPSIS yöntemi ile analizi sonucunda elde edilen bulgular paylaşılmaktadır.

Tablo 5. Karar Matrisinin Oluşturulması

Model	Üç Kriter/Birim			Beş Kriter/Birim				
	Havada Kalış Süresi/Saat	Maksimum İrtifa/Feet	Faydalı Yük Kapasitesi/Kg	Havada Kalış Süresi/Saat	Maksimum İrtifa/Feet	Faydalı Yük Kapasitesi/Kg	Seyir Hızı/Knot	Maksimum Hız/Knot
ANKA	24	30000	250	24	30000	250	75	217
Bayraktar Akıncı	24	40000	1500	24	40000	1500	130	195
Bayraktar TB2	27	27000	150	27	27000	150	70	120
CH-5	60	30000	1000	60	30000	1000	87	109
Chengdu Kanat Loong II	32	32000	480	32	32000	480	81	200
Gray Eagle	25	29000	488	25	29000	488	135	167
Heron TP	30	45000	2700	30	45000	2700	160	220
Karayel	20	22500	70	20	22500	70	60	80

MQ-9A Reaper	27	50000	1746	27	50000	1746	149	240
MQ-9B SkyGuardian	40	40000	1814	40	40000	1814	160	210
Predator C Avenger	20	50000	2948	20	50000	2948	350	400
Yabhon United 40	120	23000	1000	120	23000	1000	65	120
Karar Kriteri	max	max	max	max	max	max	max	max

Tablo 6. Standart (Normalize Edilmiş) Karar Matrisi Tablosu

Model	Üç Kriter/Birim			Beş Kriter/Birim				
	Havada Kalış Süresi/ Saat	Maksimum İrtifa/Feet	Faydalı Yük Kapasitesi/ Kg	Havada Kalış Süresi	Maksimum İrtifa	Faydalı Yük Kapasitesi	Seyir Hızı/ Knot	Maksimum Hız/Knot
ANKA	0,1501	0,2398	0,0484	0,1501	0,2398	0,0480	0,1461	0,3038
Bayraktar Akıncı	0,1501	0,3197	0,2613	0,1501	0,3197	0,2880	0,2532	0,2730
Bayraktar TB2	0,1689	0,2158	0,0290	0,1689	0,2158	0,0288	0,1364	0,1680
CH-5	0,3753	0,2398	0,1935	0,3753	0,2398	0,1920	0,1695	0,1526
Chengdu Kanat Loong II	0,2002	0,2558	0,0929	0,2002	0,2558	0,0922	0,1578	0,2800
Gray Eagle	0,1564	0,2318	0,0944	0,1564	0,2318	0,0937	0,2630	0,2338
Heron TP	0,1877	0,3597	0,5225	0,1877	0,3597	0,5184	0,3117	0,3080
Karayel	0,1251	0,1798	0,0135	0,1251	0,1798	0,0134	0,1169	0,1120
MQ-9A Reaper	0,1689	0,3996	0,3379	0,1689	0,3996	0,3352	0,2903	0,3360
MQ-9B SkyGuardian	0,2502	0,3197	0,3511	0,2502	0,3197	0,3483	0,3117	0,2940
Predator C Avenger	0,1251	0,3996	0,5705	0,1251	0,3996	0,5660	0,6818	0,5600
Yabhon United 40	0,7506	0,1838	0,1935	0,7506	0,1838	0,1920	0,1266	0,1680

Tablo 7. Ağırlıklı Standart Karar Matrisi

	Üç Kriter			Beş Kriter				
	Havada Kalış Süresi	Maksimum İrtifa	Faydalı Yük Kapasitesi	Havada Kalış Süresi	Maksimum İrtifa	Faydalı Yük Kapasitesi	Seyir Hızı/ Knot	Maksimum Hız/Knot
Ağırlık/Model	$w_1=0,33$	$w_2=0,33$	$w_3=0,33$	$w_1=0,20$	$w_2=0,20$	$w_3=0,20$	$w_4=0,20$	$w_5=0,20$
ANKA	0,0495	0,0791	0,0160	0,0300	0,0480	0,0096	0,0292	0,0608
Bayraktar Akıncı	0,0495	0,1055	0,0862	0,0300	0,0639	0,0576	0,0506	0,0546
Bayraktar TB2	0,0557	0,0712	0,0096	0,0338	0,0432	0,0058	0,0273	0,0336
CH-5	0,1238	0,0791	0,0639	0,0751	0,0480	0,0384	0,0339	0,0305
Chengdu Kanat Loong II	0,0661	0,0844	0,0307	0,0400	0,0512	0,0184	0,0316	0,0560
Gray Eagle	0,0516	0,0765	0,0312	0,0313	0,0464	0,0187	0,0526	0,0468
Heron TP	0,0619	0,1187	0,1724	0,0375	0,0719	0,1037	0,0623	0,0616
Karayel	0,0413	0,0593	0,0045	0,0250	0,0360	0,0027	0,0234	0,0224

MQ-9A Reaper	0,0557	0,1319	0,1115	0,0338	0,0799	0,0670	0,0581	0,0672
MQ-9B SkyGuardian	0,0826	0,1055	0,1158	0,0500	0,0639	0,0697	0,0623	0,0588
Predator C Avenger	0,0413	0,1319	0,1883	0,0250	0,0799	0,1132	0,1364	0,1120
Yabhon United 40	0,2477	0,0607	0,0639	0,1501	0,0368	0,0384	0,0253	0,0336

Tablo 8. İdeal ve Negatif İdeal Çözüm

	Üç Kriter			Beş Kriter				
A ⁺ =	0,2477	0,1319	0,1883	0,1501	0,0799	0,1132	0,1364	0,1120
A ⁻ =	0,0413	0,0593	0,0045	0,0250	0,0360	0,0027	0,0234	0,0224

Tablo 9. Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması

Model	Üç Kriter		Beş Kriter	
	S _i ⁺	S _i ⁻	S _i ⁺	S _i ⁻
ANKA	0,2678	0,0243	0,2007	0,0415
Bayraktar Akıncı	0,2244	0,0942	0,1686	0,0749
Bayraktar TB2	0,2692	0,0194	0,2109	0,0167
CH-5	0,1833	0,1036	0,1714	0,0640
Chengdu Kanat Loong II	0,2451	0,0439	0,1899	0,0436
Gray Eagle	0,2573	0,0334	0,1883	0,0430
Heron TP	0,1869	0,1793	0,1444	0,1213
Karayel	0,2857	0,0000	0,2249	0,0000
MQ-9A Reaper	0,2067	0,1301	0,1543	0,0967
MQ-9B SkyGuardian	0,1822	0,1274	0,1431	0,0935
Predator C Avenger	0,2064	0,1976	0,1251	0,1869
Yabhon United 40	0,1433	0,2148	0,1610	0,1306

Tablo 10. İdeal Çözüme Göre Göreli Yakınlık

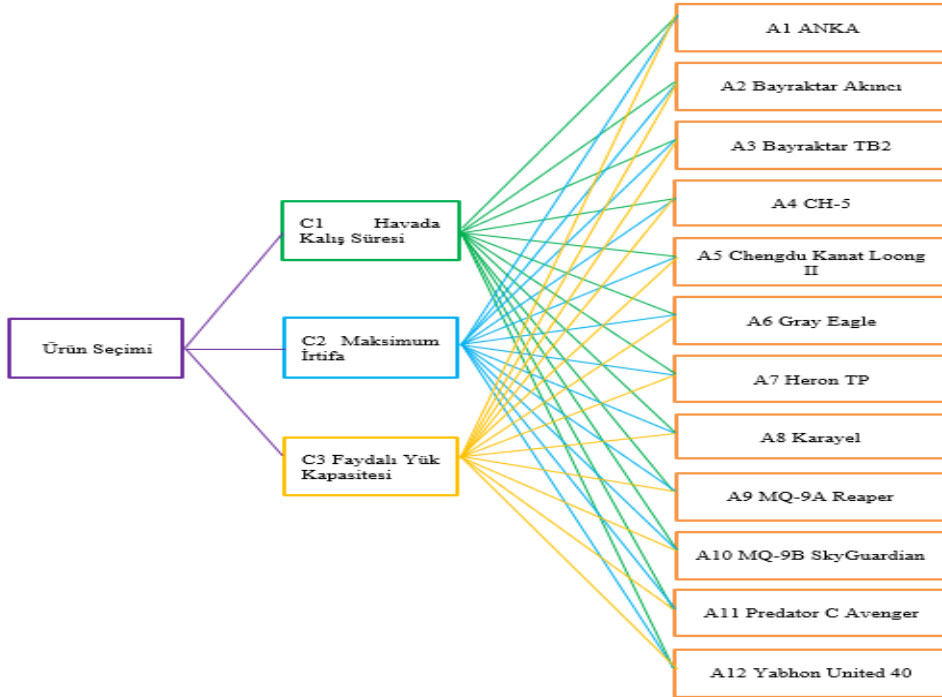
Model	3 Kriterli	Model	5 Kriterli
	Ci+		Ci+
Yabhon United 40	0,5997	Predator C Avenger	0,5991
Heron TP	0,4896	Heron TP	0,4564
Predator C Avenger	0,4891	Yabhon United 40	0,4478
MQ-9B SkyGuardian	0,4115	MQ-9B SkyGuardian	0,3951
MQ-9A Reaper	0,3862	MQ-9A Reaper	0,3854
CH-5	0,3611	Bayraktar Akıncı	0,3075
Bayraktar Akıncı	0,2957	CH-5	0,2719
Chengdu Kanat Loong II	0,1519	Chengdu Kanat Loong II	0,1867
Gray Eagle	0,1148	Gray Eagle	0,1860
ANKA	0,0833	ANKA	0,1713
Bayraktar TB2	0,0672	Bayraktar TB2	0,0733
Karayel	0,0000	Karayel	0,0000

TOPSIS yöntemi ile birlikte üç kriter altında, askeri alanda kullanılmak üzere seçilecek en uygun modelin, Yabhon United 40 olduğu; bu modeli sırasıyla, Heron TP, Predator C Avenger, MQ-9B SkyGuardian, MQ-9A Reaper, CH-5, Bayraktar Akıncı, Chengdu Kanat Loong II, Gray Eagle, ANKA, Bayraktar TB2 ve Karayel'in izlediği tespit edilmiştir. TOPSIS yöntemi ile birlikte beş kriter altında, askeri alanda kullanılmak üzere seçilecek en uygun modelin, Predator C Avenger olduğu; bu modeli sırasıyla, Heron TP, Yabhon United 40, MQ-9B, SkyGuardian, MQ-9A Reaper, Bayraktar Akıncı, CH-5, Chengdu Kanat Loong II, Gray Eagle, ANKA, Bayraktar TB2 ve Karayel'in izlediği tespit edilmiştir.

4.2. Bulanık TOPSIS ile İHA/S Seçimi

Bu başlık altında, karar verici grup tarafından belirlenen, on iki alternatif ve üç kritere Bulanık TOPSIS yönteminin adımları uygulanmaktadır.

Şekil 2. Hiyerarşik Yapı



Tablo 11. Karar kriterlerinin Dilsel Değişkenlerle Değerlendirilmesi

Kriterler	Karar Vericiler				
	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5
Havada Kalış Süresi	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY
Maksimum İrtifa	Y	ÇY	Y	Y	Y
Faydalı Yük Kapasitesi	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY

Tablo 12. Karar Kriterlerinin Dilsel Değişkenlerle Değerlendirilmesi ile Oluşan Sonuçların Üçgen Bulanık Sayı Karşılılarıyla İfade Edilmesi

Kriterler	Karar Vericiler				
	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5
Havada Kalış Süresi	(0,9,1,0,1,0)	(0,9,1,0,1,0)	(0,9,1,0,1,0)	(0,9,1,0,1,0)	(0,9,1,0,1,0)
Maksimum İrtifa	(0,7,0,9,1,0)	(0,9,1,0,1,0)	(0,7,0,9,1,0)	(0,7,0,9,1,0)	(0,7,0,9,1,0)
Faydalı Yük Kapasitesi	(0,9,1,0,1,0)	(0,9,1,0,1,0)	(0,9,1,0,1,0)	(0,9,1,0,1,0)	(0,9,1,0,1,0)

Tablo 13. Alternatiflerin Dilsel Değişkenlerle Değerlendirilmesi

Kriterler	Alternatifler	Karar Vericiler					
		KV1	KV2	KV3	KV4	KV5	
Havada Kalış Süresi	ANKA	İ	İ	İ	Oİ	Oİ	
	Bayraktar Akıncı	İ	İ	İ	Oİ	Oİ	
	Bayraktar TB2	Çİ	İ	Çİ	Oİ	Oİ	
	CH-5	Çİ	Çİ	Çİ	İ	Çİ	
	Chengdu Kanat Loong II	Çİ	İ	İ	Oİ	İ	
	Gray Eagle	İ	İ	İ	Oİ	Oİ	
	Heron TP	Çİ	Çİ	Çİ	Oİ	İ	
	Karayel	Oİ	İ	İ	OK	OK	
	MQ-9A Reaper	İ	İ	İ	Oİ	Oİ	
	MQ-9B SkyGuardian	Çİ	Çİ	Çİ	Oİ	İ	
	Predator C Avenger	Oİ	Oİ	İ	OK	OK	
	Yabhon United 40	Çİ	Çİ	İ	Çİ	Çİ	
	Maksimum İrtifa	ANKA	İ	İ	İ	Oİ	Oİ
		Bayraktar Akıncı	Çİ	Çİ	Çİ	İ	İ
Bayraktar TB2		İ	Oİ	Oİ	OK	Oİ	
CH-5		Çİ	İ	Çİ	Oİ	Oİ	
Chengdu Kanat Loong II		Çİ	İ	Çİ	Oİ	Oİ	
Gray Eagle		İ	Oİ	Çİ	Oİ	Oİ	
Heron TP		Çİ	Çİ	Çİ	İ	İ	
Karayel		Oİ	Oİ	Oİ	OK	Oİ	
MQ-9A Reaper		Çİ	Çİ	Çİ	İ	Çİ	
MQ-9B SkyGuardian		Çİ	İ	İ	İ	Oİ	
Predator C Avenger		Çİ	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ	
Yabhon United 40		Oİ	Oİ	Oİ	Oİ	OK	
Faydalı Yük Kapasitesi		ANKA	İ	Oİ	Oİ	K	K
		Bayraktar Akıncı	Çİ	İ	Çİ	İ	İ
	Bayraktar TB2	Oİ	OK	OK	K	K	
	CH-5	Çİ	İ	Çİ	OK	Oİ	
	Chengdu Kanat Loong II	İ	OK	İ	OK	OK	
	Gray Eagle	İ	Oİ	İ	K	OK	
	Heron TP	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ	
	Karayel	OK	K	K	ÇK	ÇK	
	MQ-9A Reaper	Çİ	Çİ	Çİ	OK	OK	

	MQ-9B SkyGuardian	Çİ	Çİ	Çİ	OK	İ
	Predator C Avenger	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ
	Yabhon United 40	Çİ	İ	İ	OK	Oİ

Tablo 14. Alternatiflerin Dilsel Değişkenlerle Değerlendirilmesi ile Oluşan Sonuçların Üçgen Bulanık Sayı Karşılıklarıyla İfade Edilmesi

Kriterler	Alternatifler	Karar Vericiler				
		KV1	KV2	KV3	KV4	KV5
Havada Kalış Süresi	ANKA	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(5,7,9)	(5,7,9)
	Bayraktar Akıncı	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(5,7,9)	(5,7,9)
	Bayraktar TB2	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(5,7,9)	(5,7,9)
	CH-5	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)
	Chengdu Kanat Loong II	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(5,7,9)	(7,9,10)
	Gray Eagle	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(5,7,9)	(5,7,9)
	Heron TP	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(5,7,9)	(7,9,10)
	Karayel	(5,7,9)	(7,9,10)	(7,9,10)	(1,3,5)	(1,3,5)
	MQ-9A Reaper	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(5,7,9)	(5,7,9)
	MQ-9B SkyGuardian	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(5,7,9)	(7,9,10)
	Predator C Avenger	(5,7,9)	(5,7,9)	(7,9,10)	(1,3,5)	(1,3,5)
	Yabhon United 40	(9,10,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(9,10,10)
	Maksimum İrtifa	ANKA	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(5,7,9)
Bayraktar Akıncı		(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)
Bayraktar TB2		(7,9,10)	(5,7,9)	(5,7,9)	(1,3,5)	(5,7,9)
CH-5		(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(5,7,9)	(5,7,9)
Chengdu Kanat Loong II		(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(5,7,9)	(5,7,9)
Gray Eagle		(7,9,10)	(5,7,9)	(9,10,10)	(5,7,9)	(5,7,9)
Heron TP		(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)
Karayel		(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)	(1,3,5)	(5,7,9)
MQ-9A Reaper		(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)
MQ-9B SkyGuardian		(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(5,7,9)
Predator C Avenger		(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)
Yabhon United 40		(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)	(1,3,5)
Faydalı Yük Kapasitesi		ANKA	(7,9,10)	(5,7,9)	(5,7,9)	(0,1,3)
	Bayraktar Akıncı	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)
	Bayraktar TB2	(5,7,9)	(1,3,5)	(1,3,5)	(0,1,3)	(0,1,3)
	CH-5	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(1,3,5)	(5,7,9)
	Chengdu Kanat Loong II	(7,9,10)	(1,3,5)	(7,9,10)	(1,3,5)	(1,3,5)
	Gray Eagle	(7,9,10)	(5,7,9)	(7,9,10)	(0,1,3)	(1,3,5)
	Heron TP	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)
	Karayel	(1,3,5)	(0,1,3)	(0,1,3)	(0,0,1)	(0,0,1)
	MQ-9A Reaper	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(1,3,5)	(1,3,5)
	MQ-9B SkyGuardian	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(1,3,5)	(7,9,10)
	Predator C Avenger	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)
	Yabhon United 40	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(1,3,5)	(5,7,9)

Tablo 15. Karar Kriterlerinin Önem Ağırlıkları

Kriterler	Ağırlıklar
Havada Kalış Süresi	(0.90,1.00,1.00)
Maksimum İrtifa	(0.74,0.92,1.00)
Faydalı Yük Kapasitesi	(0.90,1.00,1.00)

Tablo 16. Bulanık Karar Matrisi

Alternatifler	Kriterler		
	Havada Kalış Süresi	Maksimum İrtifa	Faydalı Yük Kapasitesi
ANKA	(6.2,8.2,9.6)	(6.2,8.2,9.6)	(3.4,5.0,6.8)
Bayraktar Akıncı	(6.2,8.2,9.6)	(8.2,9.6,10)	(7.8,9.4,10)
Bayraktar TB2	(7.0,8.6,9.6)	(4.6,6.6,8.4)	(1.4,3.0,5.0)
CH-5	(8.6,9.8,10)	(7.0,8.6,9.6)	(6.2,7.8,8.8)
Chengdu Kanat Loong II	(7.0,8.8,9.8)	(7.0,8.6,9.6)	(3.4,5.4,7.0)
Gray Eagle	(6.2,8.2,9.6)	(6.2,8.0,9.4)	(4.0,5.8,7.4)
Heron TP	(7.8,9.2,9.8)	(8.2,9.6,10)	(9.0,10,10)
Karayel	(4.2,6.2,7.8)	(4.2,6.2,8.2)	(0.2,1.0,2.6)
MQ-9A Reaper	(6.2,8.2,9.6)	(8.3,9.8,10)	(5.8,7.2,8.0)
MQ-9B SkyGuardian	(7.8,9.2,9.8)	(7.0,8.8,9.8)	(7.0,8.4,9.0)
Predator C Avenger	(3.8,5.8,7.6)	(9.0,10,10)	(9.0,10,10)
Yabhon United 40	(8.6,9.8,10)	(4.2,6.2,8.2)	(5.8,7.6,8.8)

Tablo 17. Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

Alternatifler	Kriterler		
	Havada Kalış Süresi	Maksimum İrtifa	Faydalı Yük Kapasitesi
ANKA	(0.62,0.82,0.96)	(0.62,0.82,0.96)	(0.34,0.50,0.68)
Bayraktar Akıncı	(0.62,0.82,0.96)	(0.82,0.96,1.00)	(0.78,0.94,1.00)
Bayraktar TB2	(0.70,0.86,0.96)	(0.46,0.66,0.84)	(0.14,0.30,0.50)
CH-5	(0.86,0.98,1.00)	(0.70,0.86,0.96)	(0.62,0.78,0.88)
Chengdu Kanat Loong II	(0.70,0.88,0.98)	(0.70,0.86,0.96)	(0.34,0.54,0.70)
Gray Eagle	(0.62,0.82,0.96)	(0.62,0.80,0.94)	(0.40,0.58,0.74)
Heron TP	(0.78,0.92,0.98)	(0.82,0.96,1.00)	(0.90,1.00,1.00)
Karayel	(0.42,0.62,0.78)	(0.42,0.62,0.82)	(0.02,0.10,0.26)
MQ-9A Reaper	(0.62,0.82,0.96)	(0.86,0.98,1.00)	(0.58,0.72,0.80)
MQ-9B SkyGuardian	(0.78,0.92,0.98)	(0.70,0.88,0.98)	(0.70,0.84,0.90)
Predator C Avenger	(0.38,0.58,0.76)	(0.90,1.00,1.00)	(0.90,1.00,1.00)
Yabhon United 40	(0.86,0.98,1.00)	(0.42,0.62,0.82)	(0.58,0.76,0.88)

Tablo 18. Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

Alternatifler	Kriterler		
	Havada Kalış Süresi	Maksimum İrtifa	Faydalı Yük Kapasitesi
ANKA	(0.56,0.82,0.96)	(0.46,0.75,0.96)	(0.31,0.50,0.68)
Bayraktar Akıncı	(0.56,0.82,0.96)	(0.61,0.88,1.00)	(0.70,0.94,1.00)
Bayraktar TB2	(0.63,0.86,0.96)	(0.34,0.61,0.84)	(0.13,0.30,0.50)
CH-5	(0.77,0.98,1.00)	(0.52,0.79,0.96)	(0.56,0.78,0.88)
Chengdu Kanat Loong II	(0.63,0.88,0.98)	(0.52,0.79,0.96)	(0.31,0.54,0.70)
Gray Eagle	(0.56,0.82,0.96)	(0.46,0.74,0.94)	(0.36,0.58,0.74)

Heron TP	(0.70,0.92,0.98)	(0.61,0.88,1.00)	(0.81,1.00,1.00)
Karayel	(0.38,0.62,0.78)	(0.31,0.57,0.82)	(0.02,0.10,0.26)
MQ-9A Reaper	(0.56,0.82,0.96)	(0.64,0.90,1.00)	(0.52,0.72,0.80)
MQ-9B SkyGuardian	(0.70,0.92,0.98)	(0.52,0.81,0.98)	(0.63,0.84,0.90)
Predator C Avenger	(0.34,0.58,0.76)	(0.67,0.92,1.00)	(0.81,1.00,1.00)
Yabhon United 40	(0.77,0.98,1.00)	(0.31,0.57,0.82)	(0.52,0.76,0.88)

Tablo 19. Her Kriter İçin A_i ($i=1, 2, 3, 4$) ve A^* Arasındaki Uzaklık

	C_1	C_2	C_3
d(ANKA, A^*)	0.2765	0.3439	0.5273
d(Bayraktar Akıncı, A^*)	0.2765	0.2368	0.1755
d(Bayraktar TB2, A^*)	0.2296	0.4528	0.7080
d(CH-5, A^*)	0.1310	0.3041	0.2934
d(Chengdu Kanat Loong II, A^*)	0.2249	0.3041	0.5110
d(Gray Eagle, A^*)	0.2765	0.3494	0.4668
d(Heron TP, A^*)	0.1785	0.2368	0.1097
d(Karayel, A^*)	0.4396	0.4803	0.8798
d(MQ-9A Reaper, A^*)	0.2765	0.2175	0.3400
d(MQ-9B SkyGuardian, A^*)	0.1785	0.2994	0.2398
d(Predator C Avenger, A^*)	0.4715	0.1983	0.1097
d(Yabhon United 40, A^*)	0.1310	0.4803	0.3165

Tablo 20. Her Kriter İçin A_i ($i=1, 2, 3, 4$) ve A^- Arasındaki Uzaklık

	C_1	C_2	C_3
d(ANKA, A^-)	0.7669	0.7530	0.5183
d(Bayraktar Akıncı, A^-)	0.7669	0.8462	0.8900
d(Bayraktar TB2, A^-)	0.8283	0.6299	0.3444
d(CH-5, A^-)	0.9237	0.7780	0.7515
d(Chengdu Kanat Loong II, A^-)	0.8430	0.7780	0.5401
d(Gray Eagle, A^-)	0.7669	0.7384	0.5813
d(Heron TP, A^-)	0.8755	0.8462	0.9409
d(Karayel, A^-)	0.6153	0.6040	0.1612
d(MQ-9A Reaper, A^-)	0.7969	0.8598	0.6906
d(MQ-9B SkyGuardian, A^-)	0.8755	0.7925	0.7984
d(Predator C Avenger, A^-)	0.5862	0.8737	0.9409
d(Yabhon United 40, A^-)	0.9237	0.6040	0.7359

Tablo 21. Alternatiflerin d_i^* ve d_i^- Değerleri

Alternatifler	d_i^*	d_i^-
ANKA	1.1477	2.0683
Bayraktar Akıncı	0.6888	2.5332
Bayraktar TB2	1.3903	1.8025
CH-5	0.7285	2.4532

Chengdu Kanat Loong II	1.0400	2.1611
Gray Eagle	1.0926	2.1166
Heron TP	0.5250	2.6627
Karayel	1.7996	1.3804
MQ-9A Reaper	0.8340	2.3474
MQ-9B SkyGuardian	0.7177	2.4665
Predator C Avenger	0.7795	2.4008
Yabhon United 40	0.9277	2.2635

Tablo 22. Yakınlık Katsayıları

Alternatifler	CCn
ANKA	0.6431
Bayraktar Akıncı	0.7862
Bayraktar TB2	0.5646
CH-5	0.7710
Chengdu Kanat Loong II	0.6751
Gray Eagle	0.6595
Heron TP	0.8353
Karayel	0.4341
MQ-9A Reaper	0.7378
MQ-9B SkyGuardian	0.7746
Predator C Avenger	0.7549
Yabhon United 40	0.7093

Tablo 23. Alternatiflerin Yakınlık Katsayıları ve Sıralaması

Alternatifler	CCi	Sıralama
Heron TP	0.8353	1
Bayraktar Akıncı	0.7862	2
MQ-9B SkyGuardian	0.7746	3
CH-5	0.7710	4
Predator C Avenger	0.7549	5
MQ-9A Reaper	0.7378	6
Yabhon United 40	0.7093	7
Chengdu Kanat Loong II	0.6751	8
Gray Eagle	0.6595	9
ANKA	0.6431	10
Bayraktar TB2	0.5646	11
Karayel	0.4341	12

Bulanık TOPSIS yöntemi ile yapılan sıralama sonucunda, askeri alanda kullanılmak üzere en iyi İHA/S alternatifin, Heron TP olduğu; bu alternatifi sırasıyla, Bayraktar Akıncı, MQ-9B SkyGuardian, CH-5, Predator C Avenger, MQ-9A Reaper, Yabhon United 40, Chengdu Kanat Loong II, Gray Eagle, ANKA, Bayraktar TB2 ve Karayel'in izlediği tespit edilmiştir. Kabul koşulları ile alternatiflerin

yakınlık katsayıları değerlendirildiğinde; Heron TP “Kabul edilir ve tercih edilir.”, Bayraktar Akıncı, MQ-9B SkyGuardian, CH-5, Predator C Avenger, MQ-9A Reaper, Yabhon United 40, Chengdu Kanat Loong II, Gray Eagle, ANKA “Kabul edilir.”, Bayraktar TB2 ve Karayel “Düşük riskli tavsiye edilir.” sonucuna varılmaktadır.

5. Sonuç

Günümüzde dünya genelinde İHA Sistemleri'nin, askeri alanda kullanımının arttığı gözlemlenmektedir. 2010 yılında askeri amaçlı İHA kullanan ülke sayısı 60 iken 2019 yılı itibariyle bu sayı 95'e çıkmıştır (Gettinger, 2020, s. 9). Dünya'daki İHA Sistemlerinin kullanımındaki artışa paralel olarak ülkemizde de İHA Sistemleri'nin hem kullanım hem de ihracat değerleri artmaktadır. Erdem ATEŞ “Türkiye'nin İnsansız Hava Aracı (İHA) İhracat Rekabet Gücünün Analizi” başlıklı makalesinde (Ateş, 2021, ss. 12-15), Türkiye'nin 2002 yılından 2020 yılına kadar olan süreçte, dünya İHA ihracatında pazar payının arttığını; ayrıca, 2019 yılı itibariyle Türkiye'nin nispi ticaret endeksinin pozitifte döndüğünü, rekabet gücünün arttığını ve ihracatta uzmanlaşma endeksinin pozitifte döndüğünü tespit etmiştir. 27 Ekim 2021 tarihi itibariyle Bayraktar TB 2'nin ihracatının yapıldığı ülke sayısı 13'e; 22 Kasım 2021 itibariyle ANKA'nın ihracatının yapıldığı ülke sayısı ikiye çıkmıştır (Baykar, 2021; <https://www.savunmasanayist.com/tusastan-bir-ulkeye-daha-anka-ihracati/>, 2021). Türkiye'nin çeşitli firmalara ait İHA Sistemi ihracatları devam etmektedir.

İHA Sistemleri'nin ülkemizde ve dünya genelinde kullanım artışın temelinde, İHA Sistemleri'nin yerden pilot kontrolüne izin vermesi ile pilot ölümlerinin önüne geçilmesine olanak sağlaması, savaş uçağı pilotlarının uçuş süresi dolduğunda piste inmeleri gerekirken; İHA Sistemlerinin yerdeki görevli pilotun kısa bir sürede görevi diğer pilota devretmesi ile savaş uçaklarına görece uzun sürelerce göreve devam edebilmesine olanak sağlaması ve İHA Sistemleri ile irtibat kesildiğinde bünyelerinde barındırdıkları yapay zekâ aracılığıyla üsse dönebilmeleri yer almaktadır.

İHA Sistemleri'nin üstlendiği bu etkin rol ve her geçen gün çağın gereklerine paralel bir şekilde geliştiriliyor olmaları, karar verme aşamasında karar vericileri zorlamaktadır. Karar vericilerin en doğru karara yakın kararı verebilmeleri için bu çalışma, askeri alanda İHA Sistemi ile ilgili ürün tedarik kararı verirken, piyasadaki üretilmiş ve seri üretim safhasına yaklaşmış olan ürünleri (on iki ürün) teknik özelliklerine göre sıralayarak, en uygun ürünün seçimine bilimsel tekniklerle yaklaşmayı amaçlamıştır. Bu amaç doğrultusunda, çalışmada, farklı kriterler ve yöntemler ile bir tercihler silsilesi ortaya konmuştur. İlk olarak üç kriter (havada kalış süresi, maksimum irtifa ve faydalı yük kapasitesi) ile TOPSIS analizi yapılmış ve sonrasında bu üç kritere iki kriter (seyir hızı ve maksimum hız) daha eklenerek İHA üreten firmalara ait modellerin sıralamaları yapılmıştır. Her iki yöntem (TOPSIS, üç ve beş kriter ile dilsel değişkenlerin dikkate alındığı Bulanık TOPSIS) ile sıralamada son beş sıra; TOPSIS üç ve beş kriterli sıralama da ise ikinci, dördüncü ve beşinci sıralar aynıdır. Sıralama sonuçları görüldüğü üzere birbirine son derece yakın değerlerden oluşmaktadır. Bu bağlamda, kriter sayısının az olması tercihler bağlamında Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri açısından bir dezavantaj olarak görülmemesi gerektiği söylenebilir. Modellerin performans bazlı kriterlerle (havada kalış süresi, maksimum irtifa, maksimum hız vb.) sıralanması, analiz sonuçlarının

birbirine yakın değerler çıkmasına sebebiyet vermektedir. Çalışmada yer alan modellerin askeri alanda kullanımını oluşturan ana başlıklarının (Keşif / Gözetleme Desteği, Taarruz Hedef Benzetimi, Elektronik Harp ve Özel Görevler) alt başlıklarındaki başlıklar (Taktik Saha Keşif/Gözetleme (TKG), İç güvenlik (İG), Hedef Uçak (HU), Sinyal İstihbaratı (Sİ), Haberleşme Desteği (HD), Stratejik Keşif/Gözetleme (SKG), Yakın Hava Desteği (YHD), Sahte Uçak (SU), Radar Elektronik Harp (REH), Mayın Patlayıcı Tespiti (MPT), Hava Savunma Sistemlerinin İmhası (HSİ), Muharebe Elektronik Harp (MEH), Arama-Kurtarma/Lojistik (AK/L), Hava Sahası Savunma (HSS), Önleyici Elektronik Harp (ÖEH), Kentsel Harp (KH), KBRN Tespit (KBRNT), Çoklu İHA Görevi (Çİ), Deniz Karakol/Denizaltı Savunma Hattı (DK/DS) ve Kargo Taşıma (KT)) ile analizinde sıralamada çalışmamızdaki sıralamalara göreceli olarak farklılıkların oluşması beklenmektedir. Çalışmada Bulanık TOPSİS yöntemi kullanılarak dilsel değişkenler dikkate alındığında firmaların sıralamasına bakılmıştır. Burada sıralamada önemli bir farkın olmaması teknik özelliklerin dilsel değişkenler üzerinde fark yaratmamış olmasından kaynaklanmaktadır.

Bu çalışma:

- Yeni modellerin ve kriterlerin eklenmesi.
- Modellerin sınıflarına ayrılarak sıralamaya tabi tutulması.
- Çalışmada kullanılan karar verme tekniklerine yenilerinin eklenerek sıralama yapılması.
- Sivil vatandaşlara “askeri sır” nedeniyle verilerin kısıtlı paylaşımı dolayısıyla çalışmanın daha zengin verilere ulaşarak yapılması ile ileri taşınacaktır.

Çalışmada, kriter sayısını arttırmak veriye ulaşmanın son derece kısıtlı olması sebebiyle mümkün olamamıştır. Benzer şekilde, uzman görüşlerine ulaşmada da güçlükler yaşanmıştır. Sektörde daha iyi analizler geliştirmek ve karar verme tekniklerini daha etkin kullanabilmek adına veri bağlamında daha paylaşımcı olunması bilimsel çalışmaların önünü açacaktır. Bu sayede sektörel bazda daha verimli işletme stratejileri oluşturulabilir ve bilimsel araştırmaların katkısı etkin şekilde ortaya konabilir.

Çalışmanın tespit edilen kısıtları mevcuttur. Her bir kısıt, gelecek araştırmaların konusu olma özelliği taşıdığından bir fırsat olarak görülmektedir. Tespit edilen ilk kısıt, kriter sayısının az olmasıdır. Kriter sayısının azlığı ürünlerin katalog bilgilerinin farklı başlıklarda düzenlenmiş olmasından mütevellittir. İkinci kısıt, TOPSİS yönteminde, ağırlık değerleri eşit seçilmiştir. Bu yerine göre kısıtlılık yerine göre değildir; çünkü, ağırlık değerlerinin eşit seçilmesi, ürünlerin teknik verileri ile adil bir şekilde sıralanmasını sağlamaktadır. Bizim çalışmamızdaki amaca uygun olan bu seçimdir; fakat, belirli kriterlerin önem arz ettiği durumlarda AHP yöntemi ile ağırlıkların belirlenmesi gerekmektedir. Üçüncü kısıt, bu çalışma, ürün seçimine odaklandığından TOPSİS ve Bulanık TOPSİS yöntemi ile en uygun ürünün seçilmiş olması, o ürünü üreten tedarikçinin en uygun tedarikçi olduğu anlamını taşımamaktadır; fakat, o tedarikçinin ürettiği ürün veyahut ürünlerin teknik açıdan diğer tedarikçilerin ürettiği ürün veyahut ürünlere teknik özellikler açısından göreceli

olarak üstün olduğunu göstermektedir. Son kısım olarak, çalışmada yer alan ürünlerin tabi oldukları sınıflar göz ardı edilerek sahip oldukları teknik özellik değerlerine göre sıralamaya tabi tutulmuştur. Bu tutumdaki amaç, ürünler tabi oldukları sınıflarına ayrılarak sıralandığında, kıyaslanacak ürün sayısının azalmasının önüne geçilmek istenmesi ve ülkemizde üretilen İHA Sistemleri ile dünyada üretilen İHA Sistemlerinin karşılaştırılmasının amaçlanmasıdır. İlk aşamada elde edilen sonuçlardan sonra ikinci aşamada sınıflarına göre ayrılarak ürünlerin sıralanmasının uygun olduğu düşünülmektedir.

Kaynakça

- Abdel-Basset, M., & Mohamed, R. (2020). A novel plithogenic TOPSIS – CRITIC model for sustainable supply chain risk management. *Journal of Cleaner Production*, 247, 119586. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119586>
- Akay, A., Kuriş, U., ve Senan, S. (2021). İnsansız Hava Araçları ve Otopilotlar. *Journal of Aviation Research*. 3 (2), 128-149. <https://doi.org/10.51785/jar.894721>
- Akman, K. (2019). *Çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden AHP ve TOPSIS ile araba seçimi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya.
- Antmen, Z. F., ve Miç, P. (2018). Çocuk yoğun bakım ünitesinde çok kriterli karar verme ile mekanik ventilatör seçimi ve bir uygulama örneği. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(4), 17-30. <https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.521740>
- Ateş, E. (2021). Türkiye'nin İnsansız Hava Aracı (İHA) ihracat rekabet gücünün analizi. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 3(1), 7-16. DOI: 10.51534/tiha.884468
- Aybar, M. (2017). *Bulanık TOPSIS yaklaşımı ile CNC makinesi seçimi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Baştürk, A. U. (2021). *Sezgisel Bulanık TOPSIS metodu ile tekstil sektörü için emniyet ayakkabısı seçimi*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Baykar. [Baykar]. (2021, 27 Ekim). Bir ülkeyle daha #BayraktarTB2 SİHA ihracat sözleşmesini tamamladık. Bu anlaşma ile #BayraktarTB2 SİHA ihraç edilen ülke sayısı 13 oldu. #MilliTeknolojiHamlesi [Tweet]. Erişim Adresi: https://twitter.com/BaykarTech/status/145.338.3196624793606?ref_src=twsrc%5Etfw%7Ctwcamp%5Etweetembed%7Ctwterm%5E145.338.3196624793606%7Ctwgr%5E%7Ctwcon%5Es1_&ref_url=https%3A%2F%2Fwww.savunmasanayist.com%2Fbayraktar-tb2-siha-ihrac-edilen-ulke-sayisi-13e-ulasti%2F
- Chen, C. T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114(1), 1–9. [https://doi.org/10.1016/s0165-0114\(97\)00377-1](https://doi.org/10.1016/s0165-0114(97)00377-1)
- Chen, C. T., Lin, C. T., & Huang, S. F. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 102(2), 289–301. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.03.009>
- Çetin, M. H., & Alvalı, G. T. (2020). Yük vagonu bojisi tasarımında çok kriterli karar verme teknikleri ile malzeme seçimi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(1), 91–104. <https://doi.org/10.21923/jesd.512002>
- Doğan, Y. (2021). *Isparta ilinde bulunan bir kamu kuruluşuna AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak masaiüstü bilgisayar seçimi*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Ekmekçioglu, A. ve Yıldız, M. (2018). “İnsansız Hava Araçlarının askeri ve sivil kullanımı ABD ve Türkiye örnekleri ve bazı politika önerileri” *Türk İdare Dergisi*. 90(486), 169-227.

- Gettinger, D. (2020). The Drone Databook. <https://dronecenter.bard.edu/files/2019/10/CSD-Drone-Databook-Web.pdf>
- Hamurcu, M., & Eren, T. (2020). Selection of Unmanned Aerial Vehicles by using multicriteria decision-making for defence. *Journal of Mathematics*, 2020, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2020/4308756>
<https://www.savunmasanayist.com/tusastan-bir-ulkeye-daha-anka-ihracati/> Erişim Tarihi: 19.12.2021
- Karaburun, M. F. (2018). *Çok ölçütlü karar vermede AHP ve TOPSIS yöntemleriyle silah seçimi problemi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya.
- Lima Junior, F. R., Osiro, L., & Carpinetti, L. C. R. (2014). A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection. *Applied Soft Computing*, 21, 194–209. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2014.03.014>
- Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review*, 50(4), 370–396. <https://doi.org/10.1037/h0054346>
- Sánchez-Lozano, J., Serna, J., & Dolón-Payán, A. (2015). Evaluating military training aircrafts through the combination of multi-criteria decision making processes with fuzzy logic. a case study in the Spanish Air Force Academy. *Aerospace Science and Technology*, 42, 58–65. <https://doi.org/10.1016/j.ast.2014.12.028>
- Tansü, Y. E. ve Katrancı, S. (2020). “İnsansız Hava Araçlarının muharebe – savunma alanında kullanımı ve Türk Silahlı Kuvvetlerinde, İnsansız Hava Araçlarının etkisi.” *Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences*, 6(24), 340–345. <https://doi.org/10.31589/joshas.270>
- Wang, X., & Chan, H. K. (2013). A Hierarchical Fuzzy TOPSIS approach to assess improvement areas when implementing green supply chain initiatives. *International Journal of Production Research*, 51(10), 3117–3130. <https://doi.org/10.1080/00207.543.2012.754553>
- Yardımcı, G. (2019). İnsansız Hava Araçlarına hukuki bir bakış. *Journal of Aviation*. Published. 3(1), 61-80. <https://doi.org/10.30518/jav.555568>

Extended Abstract

Mankind has to choose among the alternatives that he/she constantly encounters in his/her daily life. In the decision process, multi-criteria decision-making techniques have been developed in order to provide the necessary conditions for the most reasonable decision to be made in limited time. It is seen that these techniques are widely used in many sectors today. By using these scientific methods, firms make an effective decision, and can stand out in the competitive market.

Today, it is observed that the use of UAV Systems in the military field has increased worldwide. Turkey's market share in the world UAV exports have been increasing so far. Reasons can be listed as preventing pilots' deaths, to save time for pilots (while fighter jet pilots have to land on the runway when the flight time is up UAV Systems enable the pilot on the ground to transfer the task to the other pilot in a short time), allowing the warplanes to continue their duties for relatively long periods of time, and returning to the base when contact with the UAV Systems is lost though the artificial intelligence. Benefits of UAV Systems are increasing and they are being developed day by day in parallel with the requirements of the age. For this reason, decision makers have difficulties in the decision-making phase.

In this study, Multi-Criteria Decision-Making Methods were used. These methods combine all the goals of the decision-makers under one upper function called the benefit of the decision-maker. Decision making techniques save time for decision makers, enable them to make the right decision. In short, they provide an efficient decision-making opportunity. This study aims to approach the selection of the most suitable product with scientific techniques, by ranking the products that are produced in the market and that have approached the mass production stage while making a product procurement decision regarding the UAV System in the military field. For this purpose, a series of preferences with different criteria and methods has been revealed in the study. The TOPSIS Method shows the closest choice to the best alternative and the farthest choice to the worst alternative. In this respect, it differs from other multi criteria decision making methods. First, TOPSIS analysis was performed with 3 criteria (airtime, maximum altitude and payload capacity), and then two more criteria (cruise speed and maximum speed) were added to these three criteria, and models of UAV producing companies were ranked. The use of TOPSIS and the Fuzzy TOPSIS technique was deemed appropriate. In the approved decision, the TOPSIS method, with the determined criteria, was effective in ordering the alternatives in a short time through the Excel program, and it was not difficult to interpret. Fuzzy logic is a useful method used in approaching Multi-Criteria Decision-Making Methods because data is often vague and fuzzy. The decision makers' ability to use linguistic variables while determining the importance weights of criteria and alternatives was effective in the decision to approve the fuzzy TOPSIS method. Finally, the comparison of the results obtained by the use of the two methods is considered important in terms of data richness and inference. With both methods (TOPSIS, Fuzzy TOPSIS where linguistic variables are taken into account with three and five criteria), the last five places in the ranking and in TOPSIS three and five criteria ranking, the second, fourth and fifth places are the same. In this context, it can be said that the low number of criteria should not be seen as a disadvantage for Multi-Criteria Decision-Making Techniques in terms of preferences. Sorting the models with performance-based criteria (airtime, maximum altitude, maximum speed, etc.) causes analysis results to be close to each other.

In this study, while making a product procurement decision regarding the UAV System in the military field, which is not based on supplier selection; we aimed to approach the selection of the most suitable product with scientific techniques by sorting the products produced in the market and approaching the mass production stage according to their technical characteristics. In line with this purpose, the technical data of UAV Systems, which are appropriate for military use, produced and to be produced by three domestic and five foreign companies were investigated. These collected data were sorted by TOPSIS and Fuzzy TOPSIS Method, by dividing the criteria under common headings.

In order to develop better analysis in the sector and to use decision making techniques more effectively, being more sharing in the context of data will pave the way for scientific studies. In this way, more efficient business strategies can be created on a sectoral basis and contribution of scientific research can be demonstrated effectively.