

PAPER DETAILS

TITLE: Sinir Güvenligi ve Müdahale Görevi Yapan IHA'larin ÇKKV Yöntemleri ile Degerlendirilmesi

AUTHORS: Aygün ALTUNDAS,Kemal Gürol KURTAY,Serpil EROL

PAGES: 155-185

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2162740>



Sınır Güvenliği ve Müdahale Görevi Yapan İHA'ların ÇKKV Yöntemleri ile Değerlendirilmesi

Aygün ALTUNDAŞ* - Kemal Gürol KURTAY** - Serpil EROL ***

Öz

İnsansız Hava Aracı (İHA), kendisini kullanan bir insan taşımayan, kaldırma kuvvetini oluşturabilmek amacıyla aerodinamik kuvvetleri kullanabilen, kendi kendine uçabilen veya uzaktan yönetilebilen, tekrar kullanılabilen veya kullanılamayan ve ölümcül veya ölümcül olmayan faydalı yükler taşıma kabiliyetine sahip motorlu hava aracıdır. Teknolojinin yükselen bir hızla gelişmesiyle beraber İHA'ların kabiliyetleri de aynı oranda artmış ve birçok askerî görevde kullanılmaya başlanmıştır. Fakat askerî başarı elde edebilmek yalnızca bu modern gelişmiş hava araçlarına sahip olmak yeterli değildir. Görevlerin ifa oranlarını artırmak ve alan hâkimiyetini yakalayarak savaşı kazanmak için görev tipine uygun sistemlerin kullanım planlamasının yapılması şarttır. Bu tür planlamalarla görevlerdeki başarı oranı artacak ve kullanan taraf üstünlük elde edecektir. Bu çalışmada gelişmiş orduların envanterinde bulunan farklı türlerdeki 9 İHA'nın sınır güvenliği ve müdahale görevlerini yerine getirmesi için çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri ile değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu 9 İHA büyüklük, tür, kabiliyet vb. yönlerden birbirinden ayrılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, belirlenen görev için uygun İHA'nın sıralamasının tespit edilmesidir. Çalışmada kullanılan kriterler İHA'lar konusunda uzman kişilerle değerlendirilip 8 ana başlıkta gruplandırılmıştır. Kriterlerin ağırlıklandırılması için ikili kıyaslamalar yapılarak, kriter ağırlıkları AHP yöntemiyle ortaya konmuştur. İHA'ların sıralamaları ve seçimini yapabilmek için literatüre son yıllarda kazandırılmış olan ÇKKV yöntemlerinden ARAS, EDAS

* Arş.Gör., Milli Savunma Üniversitesi, Kara Harp Okulu Dekanlığı, Endüstri ve Sistem Mühendisliği Bölümü, aaltundas@kho.msu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0461-6780.

** Dr.Öğr.Üyesi, Milli Savunma Üniversitesi, Kara Harp Okulu Dekanlığı, Endüstri ve Sistem Mühendisliği Bölümü, kkurtay@kho.msu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4268-2401.

*** Prof.Dr., Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, serpiler@gazi.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6885-3849.

Geliş Tarihi/Received : 29.12.2021

Kabul Tarihi/Accepted : 18.08.2022

Araştırma Makalesi/ Research Article

DOI: 10.17134/khosbd.1049863

ve WASPAS metotları ile literatüre daha eski yıllarda kazandırılmış sıkça kullanılan MAUT, TOPSIS ve VIKOR yöntemleri kullanılmıştır. Böylece hem eski yöntemlerin hem de yeni yöntemlerin kullanımı ile farklı bir bakış açısına sahip çözüm geliştirilmeye çalışılmıştır. Uygulanan yöntemlerden bulunan önceliklendirme sonuçları analiz edilmiş ve sonuçlar normalize edilip ortalamaları bulunarak her İHA'ya ait nihai bütünlük önceliklendirme puanı (NBÖP) elde edilmiştir. Böylece önceliklendirme değerlerinin güvenilirlik, doğruluk ve tutarlılık düzeylerinin artırılması amaçlanmıştır. Alternatifler bulunan NBÖP'lere göre sıralamaya sokulmuş ve jenerik verilerle yapılan uygulama sonucunda İHA 1 ilk sırada İHA 3 ise son sırada yer almıştır. Bulunan sonuçlar karşılaştırılarak yorumlanmış ve gelecek çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: İnsansız Hava Araçları, Çok Kriterli Karar Verme, İkili Kıyaslama, Sıralama.

Evaluation of UAVs with MCDM Methods for Border Security and Intervention

Abstract

An Unmanned Aerial Vehicle (UAV) is a motorized aircraft that does not carry a person using it, can use aerodynamic forces to create lift, can fly by itself or can be managed remotely, can be reused or not, and is capable of carrying deadly or non-lethal payloads. With the rapid development of technology, the capabilities of UAVs have increased at the same rate and they have started to be used in many military missions. However, having these modern advanced aircraft is not enough to achieve military success. It is essential to plan the use of systems suitable for the type of mission in order to increase the performance of the missions and win the war by capturing area dominance. With such planning, the success rate in tasks will increase and the user will gain superiority. In this study, 9 different types of UAVs in the inventory of advanced armies were evaluated with multi-criteria decision making (MCDM) methods to fulfill their border security and intervention duties. These 9 UAVs vary in size, type, capability, etc. differ from each other in all aspects. The purpose of this study is to determine the sequence of the suitable UAV for the determined mission. The criteria used in the study were evaluated with experts on UAVs and grouped under 8 main headings. In order to weigh the criteria, pairwise

comparisons were made and the criteria weights were determined by the AHP method. In order to rank and select UAVs, ARAS, EDAS and WASPAS methods, which have been introduced to the literature in recent years, and MAUT, TOPSIS and VIKOR methods, which are frequently used in the literature, were used. Thus, it has been tried to develop a solution with a different perspective by using both old methods and new methods. The prioritization results from the applied methods were analyzed and the results were normalized and the averages were found, and the final integrated prioritization score (FIPS) of each UAV was obtained. Thus, it is aimed to increase the reliability, accuracy and consistency levels of the prioritization values. Alternatives were ranked according to the NBÖPs, and as a result of the application made with generic data, UAV 1 ranked first and UAV 3 ranked last. The results were compared and interpreted, and suggestions were made for future studies.

Keywords: *Unmanned Aerial Vehicles, Multi Criteria Decision Making, Dual Comparison, Sequencing.*

Giriş

Teknolojinin gelişmesiyle beraber ülkelerin askerî teknoloji ihtiyacı ve bu projelere devlet bütçelerinden ayrılan kaynak da giderek artmaktadır. Devletler kendi sınırlarını koruyabilmek ve gelişebilecek her türlü tehdide anında müdahale edebilmek için modern askerî teknolojilerden yoğun bir şekilde yararlanmaktadır. Modern ülkeler askerî teknolojileri envanterlerine almak için bu sistemlerin üretimi ve tedarikine yönelik çalışmalar gerçekleştirmektedir.

Günümüzde yoğun bir şekilde kullanılan askerî teknolojilerden biri de İnsansız Hava Araçları (İHA)'dır. 1980'lerden sonra yüksek riskli bölgelerde istihbarat, keşif ve gözetleme gibi görevlerde sıkça kullanılan İHA'lar teknolojinin gelişmesiyle birlikte silahlı hale gelmiş ve ani olaylara müdahale edilmesi amacıyla da kullanılmaya başlanmıştır.

Tüm bu gelişmelerle beraber bu modern askerî teknolojileri sadece envanterde bulundurmak yeterli değildir. Bir ülkenin sınırları içerisinde veya sınır ötesinde oluşabilecek muhtemel tehditlere yönelik daha etkin operasyonlar icra edebilmek veya bu tür tehditlerin yaşanmaması için caydırıcı bir güç oluşturmak amacıyla bu imkân ve kabiliyetlerin etkin birer silah sistemleri olarak envantere

dâhil edilmesine yönelik kapsamlı planlanlamaların yapılması gereklidir. Bu tür yapılan stratejik planlamalar ülke savunma mekanizmasını güçlendirecek ve düşman unsurlara karşı üstünlük sağlayacaktır. Bu sebeple, orduların envanterindeki askerî silah sistemi teknolojilerinin modern ve etkin olması, bu teknolojilerin bilimsel yöntemlerle seçilmesi ve planlanmasına bağlıdır.

Harekât ihtiyacını karşılayacak silah sistemlerinin araştırılması ve seçimi önemli stratejik kararlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Karar verilen bu silah sistemleri teknolojilerinin uzun yıllar gereksinime cevap verebilmesi ve sistemden elde edilecek faydanın maksimize edilmesi gerekmektedir. Bu sistemler pahalı ve karmaşık olup ülke ekonomisinden büyük kaynak aktarılmasını gerektiren sistemlerdir. Bu yüzden, bu tür modern askerî teknolojilerin seçimi detaylı bir inceleme ile birlikte birçok kriterin bir arada analiz edilmesini gerektirmektedir. Bu bağlamda askerî teknolojilerin seçimi için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri etkili metotlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Literatürde askerî teknolojilerin seçimi ile ilgili yapılan ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak çok sayıda eski ve yeni ÇKKV yöntemlerinin bir arada kullanılarak elde edilen sonuçların normalize edilip bütünleştirildiği herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada, modern orduların envanterlerinde bulundurup sık kullandığı 9 İHA, 6 farklı ÇKKV yöntemi ile modellenerek sıralanmıştır. Bu çalışmada İHA'nın kullanım amacı sınır güvenliğini sağlamak ve olası olaylara müdahale edebilmek olarak belirlenmiş ve bu görev tipi için hangi İHA'nın diğerlerine göre üstün olduğuna yönelik bir değerlendirme ortaya konulmuştur. Değerlendirmeyi yapabilmek için belirlenen 8 kriter İHA'lar konusunda uzman 10 kişilik bir ekip tarafından literatürden de yararlanılarak belirlenmiş ve bu kriterlerin ağırlıkları uzmanlardan alınan görüşler ile birlikte Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yönteminde ikili kıyaslamalar yardımıyla elde edilmiştir. Belirlenen kriter ağırlıkları yardımıyla literatüre yeni kazandırılmış olan Additive Ratio Assessment (ARAS), Evaluation Based on Distance from Average Solution (EDAS) ve Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS) yöntemleriyle, literatürde daha önceki yıllarda kazandırılıp sıkça kullanılan Multi Attribute Utility Theory (MAUT), Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions (TOPSIS) ve Vıse Kriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR) yöntemlerinin

adımları uygulanmış ve İHA sıralamaları elde edilmiştir. Bu yöntemlerden elde edilen sıralama skorları karşılaştırılmış ve skorların normalize edilip ortalamalarının alınmasıyla tüm İHA'lar için 6 yönteminde etkisini içeren Nihai Bütünleşik Öncelik Puanları (NBÖP)'ler bulunmuştur. Böylece elde edilecek sonuçlardaki doğruluk ve tutarlılık artırılarak son sıralama belirlenmiştir.

Çalışma 5 ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde askerî teknolojiler ve İHA'lar hakkında bilgi verilmiş ve çalışmanın amacı ortaya konmuştur. İkinci bölümde askerî teknolojilerin seçimiyle ilgili yapılan ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalar literatür taraması halinde sunulmuştur. Üçüncü bölümde, bu çalışmada kullanılan ÇKKV yöntemleri hakkında bilgi verilmiş ve bunların uygulama adımlar ayrıntılı şekilde açıklanmıştır. Dördüncü bölümde, jenerik veriler ile yapılan 9 İHA'nın 8 kriter altında incelenip 6 farklı ÇKKV yöntemiyle sıralandığı uygulamaya yer verilmiştir. Çalışmanın son bölümünde ise elde edilen sonuçlar özet olarak sunulmuş ve karar vericiye daha kolay karar alabilmesi için sonuçlar birleştirilip yorumlanmıştır. Ayrıca gelecekte yapılacak çalışmalara katkı sağlamak için önerilerde bulunulmuştur.

1. Literatür Taraması

Literatürde askerî teknolojilerle ilgili yapılan ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı birçok çalışma mevcuttur. İncelenen çalışmalar bu bölümde sunulmuştur.

Cheng (1997) yaptığı çalışmada, donanma tarafından kullanılan füze sistemlerini Bulanık AHP yöntemi ile değerlendirmiştir. Yapılan çalışmada 3 tane alternatif füze sistemi 5 kriter altında karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda karar vericilere en iyi alternatif füze sistemine dair seçim yapmaları sağlanmıştır (Cheng, 1997).

Cheng vd. (1999) taarruz helikopteri seçim problemi için çalışmışlardır. Yapılan çalışmada 3 alternatif helikopter 5 ana kriter altında subjektif olarak değerlendirilmiştir. Belirlenen ana kriterler dilsel değişkenler ile ifade edilmiştir. AHP yöntemi kullanılarak alternatifler arasından en iyi helikopterin seçimi yapılmıştır. (Cheng vd., 1999).

Wang ve Chang (2007) tarafından yapılan çalışmada eğitim uçağının seçimine yönelik bir çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada Tayvan Hava

Kuvvetleri Akademisi'nde görev yapan 15 uzman tarafından eğitim uçağı seçimini etkileyen 16 adet kriter belirlemiştir. Belirlenen bu kriterler kullanılarak parametreleştirilmiş dilsel terimlerin ve öznel yargıların kullanımına olanak veren Bulanık TOPSIS yöntemiyle 7 tane alternatif eğitim uçağı içinden performans skoru en yüksek uçak belirlenmiştir (Wang ve Chang, 2007).

Özge (2008) tarafından yapılan yüksek lisans tez çalışmasında iç güvenlikle kullanılmak üzere İHA seçimi yapılmıştır. Seçimi gerçekleştirmek amacıyla ÇKKV yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kullanılmıştır. Seçimde dikkate alınması gereken 6 ana kriter 25 alt kriter belirlenmiş ve her birinin ağırlığı ikili kıyaslamalar yapılarak bulunmuştur. Bulunan ağırlıklar yardımıyla 5 alternatif değerlendirilmiş ve en iyi İHA iç güvenlik harekâtında kullanılmak üzere seçilmiştir (Özge, 2008).

Kuo-Ping Lin vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada askerî ihtiyaçları karşılayan insansız hava aracını seçebilmek amacıyla bulanık ağırlıklandırılmış ortalama ile bilgisayar tabanlı bir arayüz geliştirilmiştir. Klasik yöntemlere nazaran geliştirilen ve önerilen bilgisayar destekli yöntem ile karar vericinin karar aşamasında kolaylıkla en ideal ve efektif kararı verebilmesi için kolaylıklar sağlanmıştır (Lin vd., 2011).

Köse vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada keskin nişancı personeli seçimi için gri teori bazlı bir çözüm gerçekleştirilmiştir. Keskin nişancı olma kriterlerini 10 tane olarak belirleyip 6 alternatif arasından bulanık çözüm gerçekleştirmişlerdir (Köse vd., 2013).

Genç (2015) tarafından yapılan çalışmada, askerî bir tank seçimi için PROMETHEE II ve ELECTRE III yöntemleri kullanılmıştır. Askerî tank seçimini etki eden 7 kriter belirlenmiş ve 6 adet alternatif tank bu kriterler temelinde değerlendirilmiştir. Daha sonra ise iki yöntemden bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır (Genç, 2015).

Ulucan (2016) tarafından yapılan yüksek lisans tez çalışmasında askerî ve sivil görevlerde kullanılması için İHA seçimi yapılmıştır. Alternatifler belirlenirken mevcut sistemlerin simülasyonu yapılmış ve sezgisel olarak 4 İHA alternatifi oluşturulmuştur. Kriterler belirlenirken ise uzman görüşlerinden faydalanılmış ve Delphi metodu kullanılmıştır. Bunun sonucunda seçimi etkileyen 10 kriter belirlenmiştir. Ortamdaki belirsizliği de probleme katarak daha iyi bir çözüm elde

etmek amaçlanmış ve bu maksatla ÇKKV yöntemlerinden Gri İlişkisel Analiz ile sıralama yapılmıştır (Ulucan, 2016).

Uçakçioğlu ve Eren (2017) tarafından yapılan çalışmada Hava Savunma Sanayiinde faaliyetine devam eden bir firmada yatırım projesi seçim problemini çözmek için AHP ve VIKOR yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada proje seçimini etkileyen bütçe, süre, bağımlılık durumu, personel sayısı ve ekonomik katkı olmak üzere 5 ana kriter tespit edilmiştir. Ardından 8 alternatif proje, hesaplanan kriter ağırlıklarının yardımıyla sıralanmıştır (Uçakçioğlu ve Eren, 2017).

Sennaroğlu vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada PROMETHEE ve VIKOR yöntemleri kullanılarak askerî havaalanı yer seçimi yapılmıştır. Çalışmada askerî havaalanı yer seçimini etkilediği düşünülen 9 ana 33 alt kriter belirlenmiş ve bunların ağırlıkları AHP yöntemiyle elde edilmiştir. 4 alternatiften en iyi yer belirlenmiş ve bulunan sonuçlar COPRAS, MAIRCA ve MABAC yöntemlerinden bulunan sonuçlar ile kıyaslanmıştır (Sennaroğlu, 2018).

Jafarzadeh vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada, Erdebil'deki askerî birliğin konuşlanması için garnizon yer seçimi yapılmıştır. Bu problemin çözümünde Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve ÇKKV yöntemleri bir arada kullanılmıştır (Jafarzadeh vd., 2018).

Çarman vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada ülke genelindeki kentsel alanların izlenmesi için gözetleme sistemlerinin konumlandırılması problemi çalışılmıştır. Belirlenen talep noktalarının kritiklik derecelerini belirlemek için AHP metodu kullanılmış ve burdan bulunan ağırlıkları matematiksel modelde kullanılarak çözüme ulaşılmıştır (Çarman vd., 2019).

Silva vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada Brezilya'da seçilen pilot bir bölgede eyalet askerî polis karakolu yer seçimi için FITradeoff adlı ÇKKV yöntemi kullanılmıştır. 4 kriter bazında 26 alternatif yer kıyaslanarak en uygun yer seçimi yapılmıştır (Silva vd., 2019).

Lozana ve Rodriguez (2020) tarafından yapılan çalışmada, ileri askerî eğitim uçağı seçimi yapılmıştır. Yapılan çalışmada askerî eğitim uçağı seçimini etkileyen 13 adet kriter tespit edilmiş ve bu kriterlerin ağırlıkları AHP metodu yardımıyla hesaplanmıştır. Bulunan kriter ağırlıklarının RIM ve FRIM yöntemlerinde

kullanılmasıyla 4 farklı tip ileri askerî eğitim uçağı içinden en iyisi belirlenmiştir (Lozana ve Rodriguez, 2020).

Hamurcu vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada savunma amacıyla İHA seçimi yapılmıştır. Çalışmada AHP-TOPSIS ÇKKV yöntemleri entegre olarak kullanılmıştır. Seçimi etkileyecek 7 kriter belirlenmiştir ve AHP yöntemindeki ikili kıyaslamalar ile bu kriterler ağırlıklandırılmıştır. Daha sonra elde edilen ağırlıklar TOPSIS yönteminde kullanılarak 6 İHA değerlendirilip en iyi alternatif seçilmiştir (Hamurcu vd., 2020)

Literatürde bulunan çalışmalar incelendiğinde askerî teknolojilerin seçiminin 1990'lı yıllardan itibaren araştırmacılar tarafından çalışılan popüler konulardan olduğu görülmektedir. Araştırmacılar bu problemlerin çözümü için ilk çalışmalarda tek ÇKKV yöntemi kullanırken ilerleyen yıllarda ulaşılan sonuçların ve verilecek kararların doğruluğunu artırmak için birden fazla ÇKKV yöntemini entegre olarak kullanmaya başlamışlardır. Ancak bu yöntemlerin kullanımı ile ulaşılan sıralama skorlarının normalize edilip ortalamalarının alınması ile askerî teknolojilere ait NBÖP'nin hesaplandığı ve tüm yöntemlerin çözüm üzerine etkisinin sıralamaya dâhil edildiği herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

2. ÇKKV Yöntemleri

ÇKKV bir ve/veya birden çok karar vericinin sayılamayan sonsuz veya sayılabilen alternatifler içinden minimum 2 kriter kullanarak yapılan bir seçme işlemidir. Yani, iki veya daha fazla kritere bağlı değerlendirme yapılarak seçenekler arasından seçim yapma yöntemidir (Anık, 2007).

ÇKKV yöntemleri en iyi seçeneği veya en iyi seçenekler alt kümesini belirlemek, seçenekleri en iyiden kötüye sıralamak veya seçenekler kümesini bazı normlara bağlı olarak alt kümelere ayırmak için kullanılabilir.

ÇKKV konusunda çok fazla sayıda metot geliştirilmiştir. Bu metotların birbirlerine karşı avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Çalışmayı yapan kişi kendi problem tipine en uygun yöntemi belirlemelidir. Yöntem belirlendikten sonraki ilk adım kriterlerin tespiti ve bu kriterlerin birbirlerine karşı önem derecelerinin sıralanmasıdır. İkinci adım ise seçeneklerin belirlenmesi ve belirlenen seçeneklerin bu kriterleri tatmin oranlarını tespit ederek tüm kriterler üzerinden tüm alternatiflere ait son değerlendirmeye ulaşılmasıdır. Üçüncü ve son adım ise en

yüksek puana sahip seçeneğin seçilmesi ve/veya alternatiflerin puanlarına göre sıralanması işlemidir.

Bu çalışmada İHA'ları sıralamak için literature son yıllarda kazandırılmış askerî sistem seçim problemlerinde fazla kullanımı olmayan ARAS, EDAS ve WASPAS yöntemleri ile literatürde sıkça kullanılan MAUT, TOPSIS ve VIKOR yöntemleri kullanılmıştır. Kriter ağırlıkları 10 kişilik uzman ekibiyle birlikte AHP yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

a. AHP İkili Kıyaslamalar Yoluyla Ağırlıkların Elde Edilmesi

AHP metodu 1970'li yıllarda geliştirilen nitel ve nicel değişkenleri analiz edip karar problemlerini çözmek için kullanılan bir yöntemdir (Saaty, 1986). ÇKKV problemlerini hiyerarşik bir yapıda modelleyerek problemde asıl odaklanması gereken kriterleri ve bunlara ait alt kriterlerle alternatifler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarır.

Kriterlerin birbirleriyle kıyaslandığı ikili karşılaştırma matrisi, $[n \times n]$ boyutlu kare matristir. Kriterlerin kıyaslanması, birbirlerine göre önem değerleri kapsamında karşılıklı ve birebir biçimde yapılır.

AHP ile ikili kıyaslamalar yoluyla ağırlıklar 3 adımda elde edilir.

Birinci adımda, her bir kriter diğer bir kriterle önem bazında karşılaştırılır ve (1) numaralı ikili karşılaştırma matrisi hazırlanır. Oluşturulan matris ters simetrik bir matristir. Matrisin köşegeni üzerindeki kıyaslamalar 1 değerini alır. Oluşturulan ikili kıyaslama matrisinin tutarsızlık oranının 0,10'dan düşük olması gerekir.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & a_{22} & & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

İkinci adımda, birden fazla karar vericinin olduğu durumlarda, her karar vericinin hazırladığı ikili karşılaştırma matrisi (2) numaralı denklemdeki gibi geometrik ortalama yardımıyla birleştirilir.

$$a_{nn} = \sqrt[n]{a_{nn}^{(1)} \times a_{nn}^{(2)} \times \cdots \times a_{nn}^{(n)}} \quad (2)$$

Üçüncü adımda, A matrisi yardımıyla kriterlerin birbirlerine karşı önemleri belirlenir. Bu kriterlerin ağırlıklarını, tespit etmek amacıyla A matrisinin kolon vektörlerinden faydalanılır ve “n” adet, “n” bileşene sahip (3) numaralı B kolon matrisi elde edilir.

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \vdots \\ b_{n1} \end{bmatrix} \quad (3)$$

B kolon vektörlerini oluşturan değerler hesaplanırken (4) numaralı denklemden yararlanılır.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n (a_{ij})} \quad (4)$$

Yukarıdaki adımlar bütün kriterler için tek tek uygulandığında kriter sayısı kadar B kolon matrisi oluşturulur ve n tane B kolon matrisi birleştirilerek, (5) numaralı C matrisi oluşturulur.

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

C matrisinden faydalanılarak kriterlerin yüzde ağırlıkları elde edilebilir. Bu ağırlıkları bulabilmek amacıyla (6) numaralı denklemde gösterildiği gibi C matrisinin satır elemanlarının aritmetik ortalaması alınır ve (7) numaralı Öncelik Vektörü olarak isimlendirilen W kolon vektörü yani kriter ağırlıkları elde edilmiş olunur

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n (c_{ij})}{n} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (7)$$

b. ARAS Yöntemi

ARAS yönteminde seçeneklerin fayda değerleri, optimal seçeneğin fayda değeriyle mukayese edilmektedir (Sliogeriene vd., 2013).

ARAS yöntemi dört adımda uygulanmaktadır (Zavadskas vd., 2010):

Birinci adımda, bütün ÇKKV metotlarında olduğu gibi (8) numaralı başlangıç karar matrisi oluşturulmaktadır. Diğer yöntemlerden farklı olarak bu yöntemde başlangıç karar matrisine her bir kritere ait en iyi değerlerin oluşturduğu bir satır daha eklenmektedir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{o1} & x_{o2} & \dots & x_{on} \\ x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad i = o, 1, \dots, m \quad j = o, 1, \dots, n \quad (8)$$

Elde edilen X karar matrisinde; m seçenek sayısını, n kriter sayısını, x_{ij} i. seçeneğin j. kriter için performans değerini ve x_{oj} j. kriterin en iyi değerini göstermektedir. Kритere ait en iyi değer, kriterin fayda veya maliyet yapısında olmasına göre (9) ve (10) numaralı bağıntıdaki gibi belirlenmektedir.

$$\text{Fayda kriteri: } x_{oj} = \max(x_{ij}) \quad (9)$$

$$\text{Maliyet kriteri: } x_{oj} = \min(x_{ij}) \quad (10)$$

İkinci adımda, normalize karar matrisi elde edilir. $\bar{x}$ normalize karar matrisi $\bar{x}_{ij}$ değerlerinden oluşmaktadır. $\bar{x}_{ij}$ değerleri kriterin fayda ya da maliyet kriteri olmasına göre iki farklı yolla hesaplanmaktadır. Fayda kriteri ise (11) numaralı denklemdeki gibi direk normalize değer hesaplanır, maliyet kriteri ise (12) numaralı denklemdeki gibi öncelikle fayda durumuna dönüştürülür daha sonra normalize değer hesaplanır.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=o}^m x_{ij}} \quad (11)$$

$$x_{ij}^* = \frac{1}{x_{ij}} \quad \bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}^*}{\sum_{i=o}^m x_{ij}^*} \quad (12)$$

Üçüncü adımda, normalize karar matrisi oluşturulduktan sonra bulunan w_j ağırlıkları kullanılarak (13) numaralı ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi oluşturulur. Kriterlere ait ağırlık değerleri $0 < w_j < 1$ koşulunu sağlamaktadır ve ağırlıklar toplamı 1'e eşittir. Normalize değerler yardımıyla (14) numaralı denklem kullanılarak $\tilde{X}_{ij}$ ağırlıklandırılmış normalize değerleri elde edilir ve matris formuna dönüştürülür.

$$\ddot{X} = \begin{bmatrix} \ddot{X}_{o1} & \ddot{X}_{o2} & \dots & \ddot{X}_{on} \\ \ddot{X}_{11} & \ddot{X}_{12} & \dots & \ddot{X}_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \ddot{X}_{m1} & \ddot{X}_{m2} & \dots & \ddot{X}_{mn} \end{bmatrix} \quad i = o, 1, \dots, m \quad j = o, 1, \dots, n \quad (13)$$

$$\ddot{X}_{ij} = \bar{x}_{ij} \times w_j \quad (14)$$

Dördüncü ve son adımda, her alternatifin optimal değerleri (S_i) (15) numaralı denklem yardımıyla hesaplanır. Seçeneklere ait S_i değerleri, (16) numaralı denklemde olduğu gibi S_o optimal değerine oranlanarak K_i fayda dereceleri elde edilir. Değerlerin büyükten küçüğe sıralanmasıyla seçeneklerin sıralaması elde edilir.

$$S_i = \sum_{j=1}^n \ddot{X}_{ij} \quad i = o, 1, \dots, m \quad (15)$$

$$K_i = \frac{S_i}{S_o} \quad (16)$$

c. EDAS Yöntemi

EDAS yöntemi ortalama çözüm uzaklığına göre alternatifleri sıralamaktadır. EDAS yöntemi VIKOR, SAW, COPRAS ve TOPSIS gibi farklı ÇKKV metotları ile kıyaslanmış ve geçerliliği ile tutarlılığı test edilmiştir.

EDAS yöntemi 6 adımdan oluşmaktadır (Keshavarz vd., 2015):

Birinci adımda (17) numaralı başlangıç karar verme matrisi (X) oluşturulur. Bu matriste x_{ij} ; i. seçeneğin j. ölçütteki performans değerini temsil etmektedir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (17)$$

İkinci adımda, tüm ölçütlere göre ortalama çözümler (AV_j), (18) numaralı denklem yardımıyla bulunur.

$$AV_j = \frac{\sum_{i=1}^m x_{ij}}{m} \quad (18)$$

Üçüncü adımda, Her bir ölçüt için ortalamadan pozitif uzaklık matrisi (PDA) ve ortalamadan negatif uzaklık matrisi (NDA) kriterin fayda veya maliyet yapısında olmasına göre (19), (20), (21) ve (22) numaralı denklemler yardımıyla oluşturulur.

Fayda kriteri ise PDA ve NDA matrisleri:

$$PDA_{ij} = \frac{\max(0, (x_{ij} - AV_j))}{AV_j} \quad (19)$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max(0, (AV_j - x_{ij}))}{AV_j} \quad (20)$$

Maliyet kriteri ise PDA ve NDA matrisleri:

$$PDA_{ij} = \frac{\max(0, (AV_j - x_{ij}))}{AV_j} \quad (21)$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max(0, (x_{ij} - AV_j))}{AV_j} \quad (22)$$

Dördüncü adımda, her bir seçenek için ağırlıklandırılmış toplam PDA (SP_i) ve ağırlıklandırılmış toplam NDA (SN_i) (23) ve (24) numaralı denklemler yardımıyla hesaplanır. W_j , j. kriterin ağırlığını göstermektedir.

$$SP_i = \sum_{j=1}^n w_j \times PDA_{ij} \quad (23)$$

$$SN_i = \sum_{j=1}^n w_j \times NDA_{ij} \quad (24)$$

Beşinci adımda, her bir seçeneğe ait SP ve SN değerleri (25) ve (26) numaralı denklemler yardımıyla normalize edilerek NSP_i ve NSN_i değerleri bulunur.

$$NSP_i = \frac{SP_i}{\max(SP_i)} \quad (25)$$

$$NSN_i = 1 - \frac{SN_i}{\max(SN_i)} \quad (26)$$

Son adımda ise (27) numaralı denklem kullanılarak değerlendirme puanı (AS_i) hesaplanır. Değerlendirme puanına göre büyükten küçüğe sıralanarak alternatifler değerlendirilir.

$$AS_i = \frac{1}{2}(NSP_i \times NSN_i) \quad 0 \leq AS_i \leq 1 \quad (27)$$

d. WASPAS Yöntemi

WASPAS metodu, ağırlıklandırılıp bütünleştirilmiş fonksiyonu en iyileyip tahminde yüksek oranda tutarlılığa ulaşmayı amaçlamaktadır (Lashgari vd., 2014).

WASPAS yöntemi 4 adımdan oluşmaktadır (Zavadskas vd., 2012):

Birinci adımda, (28) numaralı karar verme matrisi (X) oluşturulur. Bu matriste x_{ij} ; i. seçeneğin j. ölçütteki performans değerini temsil etmektedir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (28)$$

İkinci adımda, karar matrisi normalize edilir. Fayda veya maliyet yapısındaki kriterler, (29) ve (30) numaralı denklemler kullanılarak iki farklı şekilde normalizasyon işlemi gerçekleştirilir. Aşağıdaki denklemlerde i. alternatifin j. kriter altındaki normalize edilmiş performans değeri, x_{ij}^* ile gösterilmiştir.

$$\text{Fayda kriteri: } x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\max_{(i)} x_{ij}} \quad (29)$$

$$\text{Maliyet kriteri: } x_{ij}^* = \frac{\min_{(i)} x_{ij}}{x_{ij}} \quad (30)$$

Üçüncü adımda, WSM ve WPM yöntemlerine göre her bir alternatif için toplam görelî önem hesaplanmaktadır. WSM'ye göre i. alternatifin toplam görelî önemi ($Q_i^{(1)}$) (31) numaralı denklem kullanılarak WPM'ye göre i. alternatifin toplam görelî önemi ($Q_i^{(2)}$) ise (32) numaralı denklem kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$Q_i^{(1)} = \sum_{j=1}^n r_{ij} \times w_j \quad (31)$$

$$Q_i^{(2)} = \prod_{j=1}^n r_{ij}^{w_j} \quad (32)$$

Dördüncü ve son adımda, WSM ve WPM yöntemlerine göre bulunan alternatiflerin toplam görelî önem dereceleri, (33) numaralı denklem yardımıyla genelleştirilir ve genel puan (Q_i) elde edilir.

$$Q_i = \lambda Q_i^{(1)} + (1 - \lambda) Q_i^{(2)} \quad 0 \leq \lambda \leq 1 \quad (33)$$

$\lambda = 1$ ve $\lambda = 0$ olarak kabul edilirse WASPAS yöntemi, sırasıyla WSM ve WPM metotlarına dönüşmektedir. Q_i değerleri büyükten küçüğe sıralanarak alternatifler arasındaki sıralama elde edilir.

e. MAUT Yöntemi

2007 yılında Loken tarafından tasarlanan ve en iyi alternatifi belirlemek için farklı kriterleri değerlendiren MAUT yöntemi, niceliksel ve niteliksel kriterler temelinde en faydalı alternatifi belirlemek için tercih edilen bir yöntemdir. Karar vermede objektif ölçümleri titizlikle uygulayabilmek adına geliştirilmiş bir metottur. MAUT'un temel hipotezi, karar problemlerindeki alternatifler kümesinde tanımlı olan U fayda fonksiyonunu en büyükmektir (Loken, 2007).

MAUT yöntemi 3 adımdan oluşmaktadır (Loken, 2007):

Birinci adımda, (34) numaralı Karar verme matrisi (X) oluşturulur. Bu matriste x_{ij} ; i. seçeneğin j. ölçüte göre performansını temsil etmektedir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (34)$$

İkinci adımda, normalizasyon işlemi gerçekleştirilirken öncelikle her nitelik için en iyi değer (X_i^+) ve en kötü değer (X_i^-) belirlenerek en iyi değere 1, en kötü değere 0 ataması yapılır ve diğerlerinin hesaplanması için (35) numaralı denklem kullanılır.

$$u_i(x_i) = \frac{x - x_i^-}{x_i^+ - x_i^-} \quad (35)$$

Üçüncü ve son adımda ise, Normalizasyon işleminden sonra normalize edilmiş değerlerle ($u_i(x_i)$) kriter ağırlıkları (w_i), (36) numaralı denklemde gösterildiği gibi çarpılarak fayda değerleri (U_x) bulunur. Bulunan değerler büyükten küçüğe sıralanarak alternatifler değerlendirilir.

$$U_x = \sum_{i=1}^m u_i(x_i) \times w_i \quad (36)$$

f. TOPSIS Yöntemi

1981 yılında Hwang ve Yoon tarafından geliştirilen TOPSIS yöntemi, karar problemlerinde seçeneklerin sıralanmasında faydalanılan metotlardan biridir. Yöntem pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak en iyi çözümü belirler ancak uzaklıkların göreceli önemini göz önüne almaz (Cristóbal, 2012, 752). TOPSIS, hesaplamadaki basitliği, kolay kavranabilirliği, rasyonelliği ve değerlendirme kriterlerinin ağırlıklandırılmasına imkân sunması gibi avantajlarından dolayı literatürde çok sık kullanılan yöntemlerden biridir.

TOPSIS yöntemi 6 adımdan oluşmaktadır (Lin vd., 2008; Li vd., 2011):

Birinci adımda, (37) numaralı başlangıç karar matrisi oluşturulur. Satırlarda değerlendirilecek alternatifler, sütunlarda ise karşılaştırma yapılacak kriterler bulunur.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (37)$$

İkinci adımda, başlangıç karar matrisine (A_{ij}), (38) numaralı denklemdeki gibi normalizasyon işlemi uygulanarak (39) numaralı standart karar matrisi elde edilir.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (38)$$

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (39)$$

Üçüncü adımda, kriterlerin ağırlıkları (w_i) ile standart karar matrisi (R_{ij}) çarpılarak (40) numaralı ağırlıklı standart karar matrisi (V_{ij}) bulunur.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (40)$$

Dördüncü adımda, pozitif ideal çözüm setinin oluşturulabilmesi için kriter fayda kriteri ise V_{ij} matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin en büyüğü, kriter maliyet kriteri ise en küçüğü (41) numaralı bağıntıdaki gibi seçilir.

$$A^* = \{(max_i V_{ij})j \in J\}, \{(min_i V_{ij})j \in J'\} \quad (41)$$

Negatif ideal çözüm setinin oluşturulabilmesi için ise kriter fayda kriteri ise V_{ij} matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin en küçüğü, kriter maliyet kriteri ise en büyüğü (42) numaralı bağıntıdaki gibi seçilir.

$$A^- = \{(min_i V_{ij})j \in J\}, \{(max_i V_{ij})j \in J'\} \quad (42)$$

Beşinci adımda, alternatiflerin kriterlere ilişkin sapma değerleri Pozitif İdeal Ayırım (S_i^*) ve Negatif İdeal Ayırım (S_i^-) ölçüsü olarak adlandırılır. Bu iki parametre (43) ve (44) numaralı denklemler yardımıyla hesaplanır.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (43)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (44)$$

Son adımda ise alternatiflerin ideal çözüme göreli yakınlığı (C_i^*) bulunurken pozitif ve negatif ideal ölçülerinden yararlanılır. (45) numaralı denklemdeki gibi negatif ideal ayırım ölçüsünün, toplam ayırım ölçüsü içindeki payı göreli yakınlık değerini verir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (45)$$

C_i^* değeri $0 \leq C_i^* \leq 1$ aralığında yer alır ve C_i^* değerinin 1'e yakın olması ideal çözüme olan yakınlığını ve 0'a yakın olması ideal çözüme olan uzaklığını gösterir. Bu yüzden büyükten küçüğe sıralanan C_i^* değerleri aynı zamanda alternatiflerin sıralamasını da verir.

g. VIKOR Yöntemi

VIKOR yöntemi ilk kez Tzeng ve Huang tarafından çok kriterli problemlerin optimizasyonu için önerilmiştir (Tzeng, 2011). VIKOR, uzlaşılmış bir sıralama elde etmeyi ve belirtilen ağırlıklar altında uzlaşılmış çözümü belirleyen bir yöntemdir. VIKOR, ideal çözüme yakınlığa dayanan sıralama indeksini kullanır.

VIKOR yöntemi 4 adımdan oluşur (Opricovic and Tzeng, 2004):

Birinci adımda, Her bir kriter için en iyi (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) değerler bulunur. Kriterin fayda veya maliyet yönlü olmasına göre sırasıyla (46), (47), (48) ve (49) numaralı denklemler kullanılarak iki farklı şekilde elde edilir.

$$\text{Kriter fayda yönlü ise: } f_i^* = \max_j f_{ij} \quad (46)$$

$$f_i^- = \min_j f_{ij} \quad (47)$$

$$\text{Kriter maliyet yönlü ise: } f_i^* = \min_j f_{ij} \quad (48)$$

$$f_i^- = \max_j f_{ij} \quad (49)$$

İkinci adımda, her bir seçenek için ortalama grup (S_j) ve en kötü grup (R_j) değerleri sırasıyla (50) ve (51) numaralı eşitlikler yardımıyla bulunur. Eşitlikteki w_i değeri her bir kriterin ağırlığıdır.

$$S_j = \sum_{i=1}^n \frac{w_i(f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i)} \quad (50)$$

$$R_j = \max \left[\frac{w_i(f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i)} \right] \quad (51)$$

Üçüncü adımda, her bir seçenek için değerlendirme kriterlerine göre belirlenen maksimum grup faydası (Q_j) değerleri (52) numaralı denklem kullanılarak hesaplanır. Bağlıtındaki S^* minimum ortalama grup değerini, R^* minimum en kötü grup değerini, S^- maksimum ortalama grup değerini, R^- maksimum en kötü grup değerini göstermektedir.

$$Q_j = \frac{v(S_j - S^*)}{S^- - S^*} + \frac{(1-v)(R_j - R^*)}{R^- - R^*} \quad (52)$$

Eşitlikteki v değeri maksimum grup faydası için gerekli ağırlık değerini, $(1-v)$ değeri ise karşıt görüşteki karar vericilerin minimum pişmanlığını ifade eder. $v > 0,5$ çoğunluk tercihini, $v = 0,5$ konsensusu, $v < 0,5$ ise vetoyu temsil eder. Literatürde v değeri genellikle 0,5 olarak kabul edilir.

Dördüncü ve son adımda ise Q_j değerleri küçükten büyüğe sıralanarak alternatiflerin değerlendirilmesi yapılır.

3. Uygulama

Modern orduların düşmanları karşısında caydırıcılık oluşturmaları ve üstünlük kurması modern silah sistemi teknolojilerine sahip olmalarına bağlıdır. Bu silah sistemi teknolojileri çok yüksek maliyetler ile elde edilebildiğinden ve ülkenin ekonomik kaynaklarından yüksek oranda kaynak aktarılması gerektiğinden alım ve üretim gibi seçime yönelik planlamaları büyük önem taşımaktadır. Bu seçim kararlarında birçok kriter karşılaştırılarak değerlendirilmeli ve analitik yöntemlerle karar verilmelidir. Tüm bu sebeplerden dolayı bu çalışmada, İHA seçimini yapmak için ÇKKV yöntemlerinden faydalanılmaktadır. Ayrıca verilen karar stratejik bir karar olduğu ve ülkelerin geleceklerini etkilediği için 6 farklı yöntem kullanılıp elde edilen sonuçlar bütünleştirilerek daha doğru bir karar verilmesi amaçlanmıştır. Alternatiflerin değerlendirileceği kriterlerin uzman kişiler tarafından belirlenmesi ve karşılaştırılması çözümlerin doğruluğu ve tutarlılığı açısından oldukça önemlidir. Bundan dolayı bu çalışmada İHA'ların değerlendirildiği kriterler 10 kişilik uzman ekibi ile birlikte değerlendirilmiş, karşılaştırılmış ve nihai ağırlıklar bu görüşlerin birleştirilmesi sonucu elde edilmiştir.

Gelişmiş ülkelerin orduları incelendiğinde farklı 9 İHA türünün sıkça farklı operasyon bölgelerinde kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu İHA'ların

karşılaştırılmalarının yapılması için literatürden elde sonuçlar ve uzman kadro ile yapılan müşterek çalışma sonucu İHA seçimini etkileyen 8 kriter belirlenmiştir. Bu kriterler aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır. İHA'ların isimleri ve tipleri gizlilik açısından verilmemiş, kullanılan veriler ise sonucu değiştirmeyecek şekilde jenerik olarak oluşturulmuştur (Özge, 2008; Ulucan, 2016).

•**Faydalı yük (K1):** Kapsama alanı içerisindeki herhangi bir noktada olan olaya müdahale etmeye giden İHA için taşıyabileceği faydalı yük kapasitesinin yüksek olması gerektiği değerlendirilmiştir. Faydalı yük kapasitesi fazla olan İHA üzerinde daha fazla mühimmat taşıyabilecektir. Maksimize edilmek istenen bir kriterdir.

•**Operasyonel irtifa (K2):** İHA'nın görevini yerine getirirken oluşabilecek aksaklıklardan etkilenme oranını en aza indirmek için maksimum irtifası yerine operasyonel irtifasının kriter olarak belirlenmesinin daha doğru olacağı değerlendirilmiştir. Böylece İHA olumsuz şartlardan en az şekilde etkilendiği en yüksek irtifada görevini yapacaktır. Maksimize edilmek istenen bir kriterdir.

•**Haberleşme menzili (K3):** İHA'nın gidebileceği maksimum mesafeyi belirleyeceği için önemli bir kriterdir. Yüksek menzile sahip İHA'lar daha fazla kapsama alanına sahip olacağından maksimize edilmek istenen bir kriterdir.

•**Havada kalış süresi (K4):** İHA'nın üssüne geri dönmeden ne kadar süre boyunca görevini ifa edebileceğini belirlediğinden dolayı önemli bir kriter olduğu değerlendirilmiştir. Daha yüksek havada kalma süresine sahip olan İHA görev boyunca karşılaşacağı sorunlara karşı daha esnek yapıda olabilecektir. Maksimize edilmek istenen bir kriterdir.

•**Operasyonel hız (K5):** İHA'nın görevini yerine getirirken daha fazla isabetli atış yapabilmesi için maksimum hızı yerine operasyonel hızının kriter olarak belirlenmesinin daha doğru olacağı değerlendirilmiştir. Böylece İHA'lar işaretleme ve tespiti daha doğru yaparak daha isabetli atışlar gerçekleştirecektir. Buna bağlı olarak görev başarısı da artacaktır. Maksimize edilmek istenen bir kriterdir.

•**Muhabere kabiliyeti (K6):** İHA'nın yerdeki kontrolcüsüyle arasındaki bağlantının iyi sağlanması gereklidir. Bu yüzden muhabere kabiliyeti de İHA seçimi için önemli kriterlerden biridir. Yüksek muhabere kabiliyetine sahip İHA'lar tam olarak kendisini kumanda eden pilotun kontrolünde olacak ve ona daha iyi tepkiler

verecektir. Dilsel değerler sahadaki personelin geçmişteki deneyimlerine dayalı olarak elde edilmiştir. Maksimize edilmek istenen bir kriterdir.

•**Harekât kabiliyeti (K7):** Görevin sınırların korunması ve gerektiğinde müdahale edilmesi olduğu düşünüldüğünde harekât kabiliyeti belki de en önemli kriterdir. İHA'nın yapabildiği manevralar, sahip olduğu karıştırıcı sistemler vb. ile görevin başarılı bir şekilde ifasında büyük rol oynamaktadır. Dilsel değerler sahadaki personelin geçmişteki deneyimlerine dayalı olarak elde edilmiştir. Maksimize edilmek istenen bir kriterdir.

•**Uçuş öncesi bakım süresi (K8):** Her an göreve hazır olmaları gerektiğinden havalanmadan önce gerçekleştirilmesi gereken bakım süresinin de önemli bir kriter olduğu değerlendirilmiştir. Böylece kısa bakım zamanına sahip olan İHA'lar ihtiyaç olduğu anda havalanıp kısa sürede görev sahalarına varacaklardır. Dilsel değerler sahadaki personelin geçmişteki deneyimlerine dayalı olarak elde edilmiştir. Minimize edilmek istenen bir kriterdir.

Bu kriterlerin ilk 5'i nicel kriterler iken son 3 kriter ise nitel kriterlerdir. Nitel kriterlerin değerlendirilmesi yapılırken geçmiş istatistiklerden yararlanılmıştır. Nicel kriterlerin yanında nitel kriterler de kullanılarak doğrudan sayısallaştırılamayan kriterler dilsel değişkenler yoluyla ifade edilmiş ve varılacak olan çözümün doğruluk payının artırılması hedeflenmiştir. Ayrıca, nitel kriterlere ait değerler sayısallaştırılarak modele dâhil edilmiştir.

Bütün kriterlere yönelik 9 İHA ile ilgili bilgiler birleştirilerek Tablo 1'deki karar matrisi elde edilmiştir. Ulusal ve uluslararası güvenlik durumları göz önünde bulundurularak İHA isimleri gizli tutulmuştur ve tablo içinde kullanılan veriler karar modelinin genel yapısını değiştirmeyecek şekilde jenerik olarak belirlenmiştir ve İHA tipleri ile isimleri gizli tutulmuştur.

Tablo 1. İHA Seçimi Karar Matrisi

	K 1 (kg)	K 2 (feet)	K 3 (km)	K 4 (saat)	K 5 (knot)	K 6	K 7	K 8
İHA 1	1350	30000	250	24	130	Yüksek	Çok Yüksek	Çok Uzun
İHA 2	150	24000	150	27	70	Yüksek	Yüksek	Uzun
İHA 3	5	9000	150	12	50	Çok Yüksek	Çok Düşük	Çok Kısa
İHA 4	200	30000	200	24	75	Yüksek	Yüksek	Orta
İHA 5	750	35000	200	24	135	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Uzun
İHA 6	70	22500	150	20	70	Orta	Orta	Orta
İHA 7	470	35000	350	45	70	Yüksek	Orta	Orta
İHA 8	64	25000	100	48	70	Düşük	Orta	Kısa
İHA 9	25	10000	200	9	150	Orta	Düşük	Çok Kısa
Kriter Yönü	F	F	F	F	F	F	F	M

* F: Fayda kriteri M: Maliyet Kriteri

a. AHP ile Kriter Ağırlıklarının Tespiti

İHA seçimini etkilediği belirlenen 8 kriter, 10 kişilik uzman grup tarafından ayrı ayrı değerlendirilmiş ve ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Elde edilen 10 ayrı ikili karşılaştırma matrisi geometrik ortalamaları alınarak birleştirilmiş ve grup karar verme yöntemi ile nihai ikili karşılaştırma matrisi elde edilmiştir. Bu matriste gerekli işlemler yapılarak kriter ağırlıkları elde edilmiştir. Her bir matrisin ve oluşan son ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranlarının 0,10'dan küçük olması göz önünde bulundurulmuştur. Tablo 2'de nihai ikili karşılaştırma matrisi sunulmuştur.

Tablo 2. Grup Karar Verme İle Birleştirilmiş İkili Karşılaştırma Matrisi

	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8
K 1	1	3	5	5	9	3	0,333	4
K 2	0,333	1	2	3	5	1	0,200	2
K 3	0,200	0,500	1	2	3	0,333	0,143	0,500
K 4	0,200	0,333	0,500	1	4	0,250	0,166	0,333
K 5	0,111	0,200	0,333	0,250	1	0,200	0,125	0,200
K 6	0,333	1	3	4	5	1	0,250	2
K 7	3	5	7	6	8	4	1	7
K 8	0,250	0,500	2	3	5	0,500	0,143	1
							CR	0,047

Tablo 2'de gösterilen ikili karşılaştırma matrisinde AHP yönteminin ilgili adımları uygulanarak Tablo 3'te gösterilen ağırlıklar elde edilmiştir. İlerleyen yöntemlerde bu ağırlıklar kullanılmıştır.

Tablo 3. Kriter Ağırlıkları

Kriterler	Ağırlıklar
K 1	0,223
K 2	0,099
K 3	0,051
K 4	0,043
K 5	0,022
K 6	0,113
K 7	0,374
K 8	0,075
CR 0,047	

b. ARAS Yöntemiyle Sıralamanın Elde Edilmesi

Elde edilen kriter ağırlıkları ile ARAS yönteminin adımları uygulandığında Tablo 4’te sunulan son matris elde edilmiştir.

Tablo 4. ARAS Yöntemi Son Karar Matrisi

	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	S _i	K _i
O.D.	0,068	0,014	0,009	0,007	0,003	0,015	0,056	0,012	0,184	-
İHA 1	0,068	0,012	0,006	0,004	0,003	0,012	0,056	0,001	0,161	0,877
İHA 2	0,008	0,009	0,004	0,004	0,002	0,012	0,044	0,004	0,085	0,465
İHA 3	0,0002	0,003	0,004	0,002	0,001	0,015	0,006	0,012	0,044	0,237
İHA 4	0,010	0,012	0,005	0,004	0,002	0,012	0,044	0,007	0,094	0,511
İHA 5	0,038	0,014	0,005	0,004	0,003	0,015	0,056	0,004	0,138	0,750
İHA 6	0,004	0,009	0,004	0,003	0,002	0,008	0,031	0,007	0,067	0,363
İHA 7	0,024	0,014	0,009	0,007	0,002	0,012	0,031	0,007	0,104	0,564
İHA 8	0,003	0,010	0,002	0,007	0,001	0,005	0,031	0,009	0,070	0,380
İHA 9	0,001	0,004	0,005	0,001	0,003	0,008	0,019	0,012	0,054	0,293

Tablo 4’teki K_i değerleri büyükten küçüğe doğru sıralandığında ilk 3 sırada sırasıyla İHA1, İHA5 ve İHA7’nin olduğu görülmektedir.

c. EDAS Yöntemiyle Sıralamanın Elde Edilmesi

Elde edilen kriter ağırlıkları ile EDAS yönteminin adımları uygulandığında Tablo 5’te gösterilen çizelge elde edilmiştir.

Tablo 5. EDAS Yöntemi Son Çizelge

	İHA1	İHA 2	İHA 3	İHA 4	İHA 5	İHA 6	İHA 7	İHA 8	İHA 9
NSP	1	0,107	0,119	0,134	0,636	0,004	0,229	0,043	0,090
NSN	0,924	0,729	0,000	0,843	0,951	0,555	0,923	0,458	0,219
AS_i	0,962	0,418	0,059	0,489	0,793	0,279	0,576	0,250	0,154

Elde edilen tablodaki AS_i değerleri büyükten küçüğe sıralandığında ilk 3 sırada sırasıyla İHA1, İHA5 ve İHA7'nin olduğu görülmektedir.

d. WASPAS Yöntemiyle Sıralamanın Elde Edilmesi

Elde edilen kriter ağırlıkları ile WASPAS yönteminin adımları uygulandığında Tablo 6'da gösterilen çizelge elde edilmiştir.

Tablo 6. WASPAS Yöntemi Son Çizelge

	Q_i^1	Q_i^2	Q_i
İHA1	0,855	0,772	0,813
İHA2	0,538	0,415	0,477
İHA3	0,296	0,097	0,196
İHA4	0,573	0,469	0,521
İHA5	0,791	0,713	0,752
İHA6	0,411	0,299	0,355
İHA7	0,589	0,536	0,562
İHA8	0,420	0,295	0,357
İHA9	0,354	0,204	0,279

Tablo 6'daki Q_i değerleri büyükten küçüğe sıralandığında sıralandığında ilk 3 sırada sırasıyla İHA1, İHA5 ve İHA7'nin olduğu görülmektedir.

e. MAUT Yöntemiyle Sıralamanın Elde Edilmesi

Belirlenen kriter ağırlıkları ile MAUT yönteminin adımları uygulandığında Tablo 7'de gösterilen son matris elde edilmiştir.

Tablo 7. MAUT Yöntemi Son Matris

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	U_x
İHA1	0,223	0,047	0,017	0,011	0,009	0,038	0,374	0,000	0,719
İHA2	0,024	0,034	0,006	0,014	0,002	0,038	0,224	0,015	0,356
İHA3	0,000	0,000	0,006	0,002	0,000	0,113	0,000	0,075	0,196
İHA4	0,032	0,047	0,011	0,011	0,003	0,038	0,224	0,030	0,397
İHA5	0,123	0,099	0,011	0,011	0,009	0,113	0,374	0,015	0,756
İHA6	0,011	0,030	0,006	0,008	0,002	0,019	0,150	0,030	0,256
İHA7	0,076	0,099	0,051	0,027	0,002	0,038	0,150	0,030	0,473
İHA8	0,010	0,036	0,000	0,043	0,002	0,000	0,150	0,045	0,286
İHA9	0,003	0,002	0,011	0,000	0,022	0,019	0,075	0,075	0,207

Tablo 7'deki U_x değerleri büyükten küçüğe sıralandığında ilk 3 sırada İHA5, İHA1 ve İHA 7'nin olduğu görülmektedir.

f. TOPSIS Yöntemiyle Sıralamanın Elde Edilmesi

Elde edilen kriter ağırlıkları ile TOPSIS yönteminin adımları uygulandığında Tablo 8’de gösterilen çizelge elde edilmiştir.

Tablo 8. TOPSIS Yöntemi Son Çizelge

	İHA1	İHA2	İHA3	İHA4	İHA5	İHA6	İHA7	İHA8	İHA9
S+	0,288	0,427	0,440	0,421	0,363	0,430	0,377	0,431	0,435
S-	0,261	0,146	0,048	0,147	0,213	0,103	0,129	0,101	0,061
C _i	0,475	0,255	0,099	0,259	0,370	0,193	0,255	0,191	0,123

C_i değerleri büyükten küçüğe sıralandığında ilk 3 sırada İHA1, İHA5 ve İHA4’ün olduğu görülmektedir.

g. VIKOR Yöntemiyle Sıralamanın Elde Edilmesi

Belirlenen kriter ağırlıkları ile VIKOR yönteminin adımları uygulandığında Tablo 9’da verilen değerler elde edilmiştir.

Tablo 9. VIKOR Yöntemi Son Çizelge

	S _i	R _i	Q _i
İHA1	0,204	0,075	0,000
İHA2	0,510	0,199	0,464
İHA3	0,798	0,374	1,000
İHA4	0,452	0,191	0,402
İHA5	0,216	0,099	0,051
İHA6	0,649	0,212	0,603
İHA7	0,429	0,187	0,376
İHA8	0,676	0,213	0,628
İHA9	0,744	0,281	0,798

Elde edilen Q_i değerleri küçükten büyüğe sıralandığında İHA1, İHA5 ve İHA7 sıralaması elde edilmiştir.

Sonuçlar ve Değerlendirme

Bu çalışmada askerî teknoloji olarak üst seviyede olan ülkelerin sınırları içerisinde veya sınır ötesinde oluşabilecek olası tehditlere yönelik daha etkin operasyonlar icra edilebilmek için envanterlerinde bulundurduğu 9 farklı İHA, uzmanlar tarafından belirlenen 8 farklı kriter altında 6 farklı ÇKKV yöntemi ile değerlendirilmiştir. Böylece birden fazla yöntem ile sonuca ulaşılarak alınacak

kararın doğruluğunu maksimize etmek amaçlanmıştır. Yöntemlere göre bulunan sıralamalar ve değerler Tablo 10'da özet olarak gösterilmiştir.

Tablo 10. Yöntemlerden Elde Edilen Sıralamalar

Sıralama	ARAS	K _i	EDAS	AS _i	WASPAS	Q _i	MAUT	U _x	TOPSIS	C _i	VIKOR	Q _i
1	İHA1	0,877	İHA1	0,962	İHA1	0,813	İHA5	0,756	İHA1	0,475	İHA1	0,000
2	İHA5	0,750	İHA5	0,793	İHA5	0,752	İHA1	0,719	İHA5	0,370	İHA5	0,051
3	İHA7	0,564	İHA7	0,576	İHA7	0,562	İHA7	0,473	İHA4	0,259	İHA7	0,376
4	İHA4	0,511	İHA4	0,489	İHA4	0,521	İHA4	0,397	İHA2	0,255	İHA4	0,402
5	İHA2	0,465	İHA2	0,418	İHA2	0,477	İHA2	0,356	İHA7	0,255	İHA2	0,464
6	İHA6	0,380	İHA6	0,279	İHA8	0,357	İHA8	0,286	İHA6	0,193	İHA6	0,603
7	İHA8	0,363	İHA8	0,250	İHA6	0,355	İHA6	0,256	İHA8	0,191	İHA8	0,628
8	İHA9	0,293	İHA9	0,154	İHA9	0,279	İHA9	0,207	İHA9	0,123	İHA9	0,798
9	İHA3	0,237	İHA3	0,059	İHA3	0,196	İHA3	0,196	İHA3	0,099	İHA3	1,000

Elde edilen sıralamalar incelendiğinde uygulanan 6 yönteminde genel olarak birbirini desteklediği görülmektedir. İHA1'in 6 yöntemin 5'inde birinci sırada olduğu sadece 1'inde ise ikinci sırada yer aldığı, İHA5'in 5 yöntemde ikinci sırada bulunduğu 1 yöntemde ise birinci sırada olduğu, İHA7'nin de 5 yöntemde üçüncü sırada olduğu, bir yöntemde ise beşinci sırada kendine yer bulduğu belirlenmiştir. Yöntemlerde göze çarpan fark orta sıralamalarda yani dördüncü, beşinci, altıncı ve yedinci sıralarda meydana gelmiştir. Çoğunlukla İHA 4 dördüncü, İHA 2 beşinci, İHA 6 altıncı ve İHA 8 ise yedinci sıralamada kendine yer bulmuştur. İHA 3 ve İHA 9 ise her 6 yöntem için de sekizinci ve dokuzuncu sırada yer almıştır.

Değerlendirme sonucu 6 yöntemde de hemen hemen aynı sıralamaların elde edilmiş olması dolayısıyla yöntemlerin bu problem için uygun olduğu ve bulunan sonuçların tutarlılığının artmasına katkı sağladığı düşünülmektedir.

Yapılan çalışmada çok fazla yöntemin bir arada kullanımından kaynaklı sonuçların yorumlanmasında eksiklik olabileceği değerlendirilmiştir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için yöntemlerden elde edilen bulgular doğrusal orantı yöntemi ile normalize edilip aritmetik ortalamaları alınarak Nihai Bütünleşik Öncelik Puanları (NBÖP) bulunmuştur. Bulunan değerler Tablo 11'de sunulmuştur.

Tablo 11. İHA'lara Ait NBÖP Değerleri

Sıralama	İHA	NBÖP
1	İHA1	1,000
2	İHA5	0,880
3	İHA7	0,621
4	İHA4	0,565
5	İHA2	0,515
6	İHA8	0,390
7	İHA6	0,370
8	İHA9	0,262
9	İHA3	0,173

Tablo 11’de verilen NBÖP’ler incelendiğinde 6 yöntemin 5’inde birinci sırada yer alan İHA1 en yüksek öncelik puanına sahip olarak yine birinci sırada yer almıştır. Genel olarak uygulanan yöntemlerden elde edilen sıralama ile NBÖP’lerden elde edilen sıralamaların birbirlerini destekledikleri görülmüştür. Tek farkın altıncı ve yedinci sıralamalarda meydana geldiği tespit edilmiştir. 6 yöntemin 4’ünde altıncı sırada 2’sinde yedinci sırada olan İHA6, NBÖP’ye göre sıralama yapıldığında yedinci sırada yer almıştır. Aynı şekilde 6 yöntemin 4’ünde yedinci, 2’sinde ikinci sırada yer alan İHA8 ise NBÖP’lere göre sıralama yapıldığında altıncı sıraya yerleşmiştir. Ulaşılan sonuçların birbirini desteklemesinden dolayı NBÖP’ler ile yapılan sıralamaların tutarlı olduğu ve karar vericiye yorumlaması daha kolay öncelik değerleri verdiği değerlendirilebilir. Ayrıca çalışma jenerik veriler ile oluşturulduğundan, farklı sayıda kriter ve İHA’ya sahip olan problemlere de rahatlıkla uygulanabilir ve karar vericilere tutarlı, etkin ve hızlı bir karar destek olanağı sunabilir.

Literatürde yer alan birçok çalışmada olduğu gibi bu çalışmada da ikili kıyaslamalar aşamasında sayısal olarak ifade edilemeyen kriterler için uzman görüşüne başvurulmuştur. Bunun temel nedeni harekât kabiliyeti ve muhabere kabiliyeti gibi kriterlerin ancak geçmiş istatistiklere bakılarak dilsel değişkenlerle ifade edilebilmesidir. Fakat alternatiflerin kriterler bakımından uğrayacağı iyileşmeler veya uzmanların alternatifleri değerlendirirken ulaştığı yargıların değişmesi halinde sıralamaların da değişeceğine dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu yüzden çok kriterli karar verme problemlerinde nicel olarak değerlendirme

yapılabilen kriterler ile çalışmanın daha doğru sonuçlar vereceği değerlendirilebilir fakat gerçek hayat problemlerine yapılan uygulamalarda belirlenen kriterlerin, bir kısmının nitel olması gerekliliği bu çalışmada da ön plana çıkmıştır.

Çalışmada sınırlı sayıda yöntem kullanıldığı için ulaşılan sonuçlar ancak uygulanan metotlardan bulunan sonuçlarla sınırlıdır. Uygulanacak yöntem sayısının fazlalaştırılması ya da uygulanan yöntemlerden farklı yöntemlerin kullanımı ile bulguların değişebileceği unutulmamalıdır.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda bu yöntemlerin parametrelerin değişimine karşı gösterdiği farklılıklar incelenip duyarlılık analizi yapılabilir veya literatürde sık kullanılan çok kriterli karar verme yöntemleri ile yeni sıralamalar elde edilip bulunan sonuçlar eldeki sonuçlarla karşılaştırılabilir

Sonuç olarak, bu çalışmada son yıllarda büyük önem kazanmış askerî teknolojilerden biri olan İHA'ların, görev tipine uygun olarak seçimine yönelik bir yaklaşım sunulmuştur. Askerî teknolojilerin büyük bir kuvvet çarpanı olarak karşımıza çıktığı bu dönemde, bu teknolojilerin seçilmesi, planlanması, konuşlandırılması, rotalama vb. problemlerin ileride sıkça çalışılacağı öngörülmektedir. Çalışmada kullanılan yöntemlerden elde edilen sonuçların birbirini desteklediği ve tutarlı olduğu göz önüne alındığında literatüre kazandırılmış bu yeni yöntemlerin askerî sistem seçim problemleri için uygun sonuçlar verdiği ve farklı çalışmalarda da uygulanabileceği değerlendirilmektedir.

Extended Summary

As technology changes, we observe changes in the equipment required during a war status. This dynamic environment, also changes the needs and capabilities of modern armies. In many parts of the world, we know that Unmanned Aerial Vehicles are used during war or defense situations.

Unmanned Aerial Vehicles are aircrafts without a human pilot that have a ground-based controller, and a system of communications between the controller and aircraft. These vehicles can be configured to be used only once or multiple times and are capable of carrying any kind of ammunition. Most armies around the World are choosing to use these vehicles because of the advantages it has over manned air vehicles such as improved efficiency, low maintenance costs, wide usage area, and

most important its safety factor due to being unmanned. They carry low risk of disasters compared to manned air vehicles and are more agile.

Unmanned Aerial Vehicles have improved in time with technology changes and therefore are now more preferred to be used in many army operations. They are used for many military operations such as investigation and observation, for damage control and result determination after an armed operation, to support ground armed operations, perform real-time target pointing, hit target points, defend ground from enemy air forces, and etc. However, it is not enough to only have these modern vehicles in the inventory. It is also important to plan the correct systems for these aircrafts in order to keep the advantage during operations. With good planning, the success ratio of operations will increase. Therefore, for our Armed Forces to perform successful operations, it is important to use analytical methods in planning the usage of the modern tools in the inventory.

In this study, a multi-criteria decision making problem is presented for 9 different types of Unmanned Aerial Vehicles to be used for border defense and interference. These 9 vehicles differ from each other in terms of type, size, capability and performance. The aim is to assign the most suitable vehicle for the task to be performed.

The criteria used in this study has been defined by professionals and grouped under 8 main categories. These are useful load, operational altitude, communication range, time-in-air, flight speed, correspondance efficiency, operation efficiency and maintenance time before flight. Group decision making method and dual matrices have been used to define weights for each criteria.

In order to rank and select UAVs, ARAS, EDAS and WASPAS methods, which have been introduced to the literature in recent years, and MAUT, TOPSIS and VIKOR methods, which are frequently used in the literature, were used. Thus, it has been tried to develop a solution with a different perspective by using both old methods and new methods. The prioritization results obtained from each method were compared and these results were normalized and the average values were taken to find the final integrated prioritization score (FIPS) for each UAV. The findings obtained as a result of the analysis were presented and interpreted.

Kaynakça

Kitaplar

- Hwang, C.L. and Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, New York: Springer-Verlag.
- Tzeng, G.H. and Huang, J.J. (2011). *Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications*, United States of America: CRC Press Taylor & Francis Group, LLC.

Makaleler

- Cheng, C. H. (1997). Evaluating naval tactical missile systems by fuzzy AHP based on the grade value of membership function. *European Journal of Operational Research*, 96(2), 343-350.
- Cheng, C. H., Yang, K. L., and Hwang, C. L. (1999). Evaluating attack helicopters by AHP based on linguistic variable weight. *European Journal of Operational Research*, 116(2), 423-435.
- Cristóbal, J.R.S. (2012). Contractor Selection Using Multicriteria Decision-Making Methods. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(6), 751-758.
- Çarman, F. and Tuncer Şakar, C. (2019). An MCDM-integrated maximum coverage approach for positioning of military surveillance systems. *Journal of the Operational Research Society*, 70(1), 162-176.
- Genc, T. (2015). Application of ELECTRE III and PROMETHEE II in evaluating the military tanks. *International Journal of Procurement Management*, 8(4), 457-475.
- Hamurcu, M., and Eren, T. (2020). Selection of Unmanned Aerial Vehicles by Using Multicriteria Decision-Making for Defence. *Journal of Mathematics*, 2020(1), 1-11.
- Jafarzadeh, J., and Valizadeh Kamran, K. (2018). Locating military bases with passive defense approach and using a combination of remote sensing and MCDM. *The Journal of Urban Planning and Research*, 9(32), 41-52.

- Keshavarz Ghorabae, M., Zavadskas, E. K., Olfat, L., & Turskis, Z. (2015). Multi-criteria inventory classification using a new method of evaluation based on distance from average solution (EDAS). *Informatica*, 26(3), 435-451.
- Köse, E. and Kabak, M., & Aplak, H. (2013). Grey theory based MCDM procedure for sniper selection problem, *Grey Systems: Theory and Application*, 3(1), 35-45.
- Lashgari, S., Antuchevičienė, J., Delavari, A., & Kheirkhah, O. (2014). Using QSPM and WASPAS methods for determining outsourcing strategies. *Journal of Business Economics and Management*, 15(4), 729-743.
- Li H., Adeli H., Sun J., and Han J.G., (2011). Hybridizing Principles of TOPSIS with Case-Based Reasoning for Business Failure Prediction, *Computers and Operations Research*, 38(2), 409-419.
- Lin M.C., Wang, C.C., Chen, M.S., and Chang, C.A., (2008). Using AHP And TOPSIS Approaches in Customer-Driven Product Design Proces, *Computers in Industry*, 59(1), 17-31.
- Lin, K. P., & Hung, K. C. (2011). An efficient fuzzy weighted average algorithm for the military UAV selecting under group decision-making. *Knowledge-Based Systems*, 24(6), 877-889.
- Opricovic S. and Tzeng G.H., (2004). "Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS", *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445-455.
- Saaty, T. L. (1986). Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. *Management Science*, 32(7), 841-855.
- Sennaroglu, B. and Celebi, G. V. (2018). A military airport location selection by AHP integrated PROMETHEE and VIKOR methods. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 59(1), 160-173.
- Sliogeriene, J., Turskis, Z. and Streimikiene, D. (2013). Analysis and choice of energy generation technologies: The multiple criteria assessment on the case study of Lithuania. *Energy Procedia*, 32(1), 11-20.
- Uçakcioğlu, B., ve Tamer, E. (2017). Analitik hiyerarşi prosesi ve VIKOR yöntemleri ile hava savunma sanayisinde yatırım projesi seçimi. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 2(2), 35-53.

Wang, T. C., and Chang, T. H. (2007). Application of TOPSIS in evaluating initial training aircraft under a fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, 33(4), 870-880.

Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Vilutiene, T. (2010). Multiple criteria analysis of foundation instalment alternatives by applying Additive Ratio Assessment (ARAS) method. *Archives of civil and mechanical engineering*, 10(3), 123-141.

Zavadskas, E. K., Turskis, Z., Antucheviciene, J., & Zakarevicius, A. (2012). Optimization of weighted aggregated sum product assessment. *Elektronika ir elektrotechnika*, 122(6), 3-6.

Tezler

Anık, Z. (2007). *Nesne yönelimli yazılım dillerinin analitik hiyerarşi ve analitik network prosesi ile karşılaştırılması ve değerlendirilmesi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Løken, E. (2007). *Multi-Criteria Planning of Local Energy Systems with Multiple Energy Carriers*, (Published Ph.D thesis). Norwegian University of Science and Technology Faculty of Information Technology, Norway.

Özge, İ. (2008). *İç güvenlikte kullanılacak insansız hava aracı seçiminde analitik hiyerarşi metodunun kullanılması*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Ulucan, S. (2016). *Gri tabanlı insansız hava aracı seçimi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.