

Afet Durumunda Arama Kurtarma Malzemelerinin Sevkiyatı İçin İnsansız Hava Araçlarının Seçimi

Tamer EREN¹, Bayram Eren ARSLAN¹, Emel GÜVEN¹
ORCID: 0000-0001-5282-3138, 0000-0002-4901-2323, 0000-0001-6106-9720

Öz

Türkiye gibi afet bölgesinde bulunan ülkeler için afet yönetimi ve arama kurtarma operasyonları büyük önem kazanmıştır. Afet ve arama kurtarma esnasında personeller yüksek fiziksel aktiviteye maruz kalmaktadır. Bir arama kurtarma personeli, operasyonun niteliğine göre yanında ağır teknik ekipman taşıma durumunda kalabilir. Bu durum personellerin verimini azaltmakta, arama kurtarma menzilini kısaltmaktadır. Operasyon esnasında her an hızlıca teknik malzemeye erişim ihtiyacı doğabilmektedir. Bu durum arama kurtarma personellerinin fiziksel verimini artırma ve operasyon sırasında hızlı ve etkin bir biçimde teknik malzemelere erişim problemini gündeme getirmiştir. 06.02.2023 Kahramanmaraş'ta gerçekleşen iki büyük deprem de personel verimlerinin yüksek olması ve hızlı müdahale edilebilmesinin ne kadar önemli bir husus olduğunu göstermiştir. Bu problemler de arama kurtarma alanında kullanılan Kargo İHA'ların (İnsansız Hava Aracı) önemini bir kez daha gündeme getirmiştir. Bu çalışmada, arama kurtarma operasyonunda taşınması önem arz eden malzemeler belirlenmiş, bu malzemeleri en kısa sürede olay yerine ulaştırabilecek İHA'lar seçilmiştir. Seçilen İHA'lar havada kalma süresi, yük taşıma kapasitesi, birim fiyat, menzil ve ağırlık olmak üzere 5 kriter üzerinden ele alınmıştır. Bu İHA'lar Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi kullanılarak kriter ağırlıkları belirlenmiş Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions (TOPSIS) yöntemi kullanılarak alternatifler sıralanmış ve optimum sonuca ulaşılması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Afet yönetimi, arama kurtarma faaliyetleri, İHA seçimi, AHP, TOPSIS

Selection of Unmanned Aerial Vehicles for the Transportation of Search and Rescue Materials in Disaster Situation

Abstract

Disaster management and search and rescue operations have gained great importance for countries in disaster zones such as Turkey. Personnel are exposed to high physical activity during disasters and search and rescue operations. Depending on the nature of the operation, a search and rescue personnel may have to carry heavy technical equipment. This situation reduces the efficiency of the personnel and shortens the search and rescue range. During the operation, there may be a need for quick access to technical equipment at any time. This situation has brought up the problem of increasing the physical efficiency of search and rescue personnel and accessing technical equipment quickly and effectively during the operation. 06.02.2023 The two major earthquakes that took place in Kahramanmaraş have also shown

¹Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale
* İlgili yazar/Corresponding author: tamereren@gmail.com
Gönderim Tarihi / Received Date: 20.03.2023
Kabul Tarihi / Accepted Date: 03.12.2023

Bu makaleye atıf yapmak için- To cite this article

Eren T., Arslan B.E., Güven E. (2023). Afet Durumunda Arama Kurtarma Malzemelerinin Sevkiyatı İçin İnsansız Hava Araçlarının Seçimi. Resilience, 293-303

how important it is to have high personnel efficiency and to be able to intervene quickly. These problems have once again brought the importance of Cargo UAVs (Unmanned Aerial Vehicle) used in search and rescue operations to the agenda. In this study, the materials that are important to be transported in search and rescue operations are identified and UAVs that can deliver these materials to the scene in the shortest time are selected. The selected UAVs were evaluated based on 5 criteria: time in the air, payload capacity, unit price, range and weight. The criteria weights of these UAVs were determined using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method, one of the Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods, and the alternatives were ranked using the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions (TOPSIS) method and it was aimed to reach the optimum result.

Keywords: Disaster management, search and rescue activities, UAV selection, AHP, TOPSIS

1. Giriş

Afet; toplumun tamamı veya belli kesimleri için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar doğuran, normal hayatı ve insan faaliyetlerini durduran veya kesintiye uğratan, etkilenen toplumun baş etme kapasitesinin yeterli olmadığı doğa, teknoloji veya insan kaynaklı olaydır (AFAD, 2014; 33).

Arama kurtarma ekipleri, afetlerin etkisi altında kalan bölgelere giderek insanları bulmaya ve onlara yardım etmeye çalışırlar. Ekipler operasyon sahasında sedye, ilk yardım malzemesi, teknik kurtarma malzemesi, kişisel ekipmanlara gereksinim duymaktadır. Operasyon sahasında zaman zaman araçların giremeyeceği ücra köşelerde kazazedeleri ararken her an bu ekipmanlara ihtiyaç duymalarından dolayı bu ekipmanları sürekli yanlarında taşımak zorundadırlar. Ancak bu ekipmanlar uzun süreli taşımada arama kurtarma personellerine ergonomik ve fiziksel açıdan zorlayıcı olabilmektedir. Bu nedenlerle personellerin fiziksel aktivitelerini düşürmekte ve arama menzillerini kısıtlamaktadır. 06.02.2023 Kahramanmaraş merkezli gerçekleşen iki büyük depremde arama kurtarma faaliyetlerinde sürenin önemini bir kez daha ortaya koymuştur. Afet bölgesinde ulaşılması zor alanlarla karşılaşmış ve fazlaca ekipman ihtiyacı olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle büyük ve yıkıcı afetlerde ulaşım zorluğu sıklıkla karşılaşılan problemler arasında yer alır.

İnsansız hava araçları, insanların tehlikeli ya da zor koşullarda çalışmasını gerektirmeyen bir alternatif sunmaktadır. Bu sayede, insanların hayatını tehlikeye atmaları önlenmiş olur. Güncel olarak İHA'lar afet ve arama kurtarma operasyonlarında keşif ve gözetleme amaçlı kullanılmaktadır. İHA'lar operasyon sahasında personellere yardımcı olarak ulaşılması zor alanları risksiz bir şekilde gözetleyerek veya geniş bölgeleri hızlı ve verimli bir biçimde tarayarak aktif olarak kullanılmaktadır. İHA'lar, keşif ve gözetleme görevlerinin yanı sıra kargo İHA olarak da kullanılabilir. Kargo İHA'lar insanların yük taşımalarını gerektirmeyen bir seçenek sunarak, insanların fiziksel yükünü azaltmaya yardımcı olmaktadır. Kargo İHA, arama kurtarma faaliyetlerinde kullanılan araçların ve malzemelerin sağlanması için kullanılabilir. Bu sayede, arama kurtarma ekipleri gerekli araç ve malzemelere daha kolay erişebilir, kurtarma faaliyetlerinde daha verimli ve etkili bir şekilde çalışabilirler.

Afet yönetimi sürecinde çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmektedir (Güven ve Eren, 2023). Bu kapsamda ele alınan problemlerden birisi de araç seçim problemidir. Araç seçim problemi, belirli bir görevin hedeflendiği gibi gerçekleştirilebilmesi için önemli bir husustur. Bu çalışmada afet durumlarında kullanılacak kargo İHA'ların ekipman seçimi yapılacaktır. Alternatifler arasında gerçekleştirilecek bu seçim için objektif ve subjektif kriterler dikkate alınmıştır. Bu

nedenle problemin çözümünde AHP kullanımının daha uygun olacağı söylenebilir (Güngör ve İşler, 2005).

Çalışma 5 bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde giriş anlatılmıştır. İkinci bölümde ise yapılan literatür çalışması anlatılmıştır. Üçüncü bölümde kullanılacak yöntem olan AHP ve TOPSIS anlatılmıştır. Dördüncü bölümde AHP ile kriter ağırlıkları belirlenmiş ve TOPSIS ile alternatiflerin sıralaması uygulanmıştır. Beşinci bölümde ise sonuç ve öneriler tartışılmıştır.

2. Literatür Taraması

Literatür taraması insansız hava araçlarının seçim süreçlerini kapsamaktadır. İHA'ların seçimi farklı alanlarla yapılmış olsa da afet durumunda sınırlı sayıda çalışmalar mevcuttur. Çalışmalar genel olarak asgari alanlarda, arama kurtarma ve kargo taşıma alanlarında gerçekleştirilmiştir. Problemlerin çözümünde yöntem olarak çok kriterli karar verme yöntemleri ile sonuçlar ele edilmiştir.

Akpınar (2021) yaptığı çalışmada bulanık mantık tabanlı Bulanık Choquet Integral yöntemini kullanarak çok kriterli bir İHA seçimi yapmıştır. Keleş, (2022) ise yaptığı çalışmada AHP ve PROMETHEE yöntemlerini kullanarak Türkiye'de üretilen İHA sistemleri arasında birden fazla amaca hizmet edebilecek bir İHA seçimi yapmıştır. Tekinay ve Batı, (2022) çalışmasında TOPSIS ve Bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanarak askeri alanlarda kullanılması için insansız hava aracı (İHA) sistemleri seçimi yapmıştır. Altundaş vd. (2022), yaptıkları çalışmada ÇKKV yöntemleri kullanarak sınır güvenliği ve müdahale görevi yapan İHA'ların değerlendirilmesini yapmıştır. Arslan ve Delice, (2020) yaptıkları çalışmada KEMIRA-M yöntemini kullanarak kişisel kullanıcılar için İHA seçimi uygulamasını yapmışlardır. Rakhade vd., (2021) çalışmalarında tarım alanları için İHA seçimini AHP ve TOPSIS yöntemini kullanarak yapmışlardır. Hamurcu ve Eren, (2021), çalışmalarında çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanarak trafik yönetimi çalışmalarına katkı sağlayacak şekilde belirli özellikler altında en uygun İHA'nın seçimine yönelik bir model önermişlerdir.

Farklı alanlarda yapılan İHA seçimlerinin yanı sıra afet durumu için gerçekleştirilen bazı çalışmalar bulunmaktadır. Gerçekleştirilen literatür taraması kapsamında bu çalışmaların sayısının sınırlı sayıda olduğu söylenebilmektedir. Şahin ve Akyer, (2016) çalışmalarında AHS ve TOPSIS kullanarak arama ve kurtarmada kullanılmak üzere 4x4 araç seçimi problemi ve uygulaması ele alınmıştır. Kara vd. (2022), yaptıkları çalışmada AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerini kullanarak acil yardım müdahalesi yapan birimler için kargo İHA seçimi yapmışlardır. Kara vd., (2023) Giresun ilindeki yangınlara müdahale edebilmek için sıvı taşıma amacıyla üretilmiş benzer özelliklere sahip beş itfaiye İHA'sı arasından optimum seçimi yapmışlardır.

İHA seçimi için farklı birçok çalışma mevcut olsa da afet yönetiminde arama kurtarma faaliyetlerinde gerekli malzeme ekipmanlarını dikkate alan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada afet ve arama kurtarma esnasında taşınması gereken yükler ve bu yükü taşıyabilecek İHA'lar ele alınarak problem çözülmesini hedeflenmiştir. Çalışmanın bu noktada literatüre katkı sağlaması hedeflenmiştir.

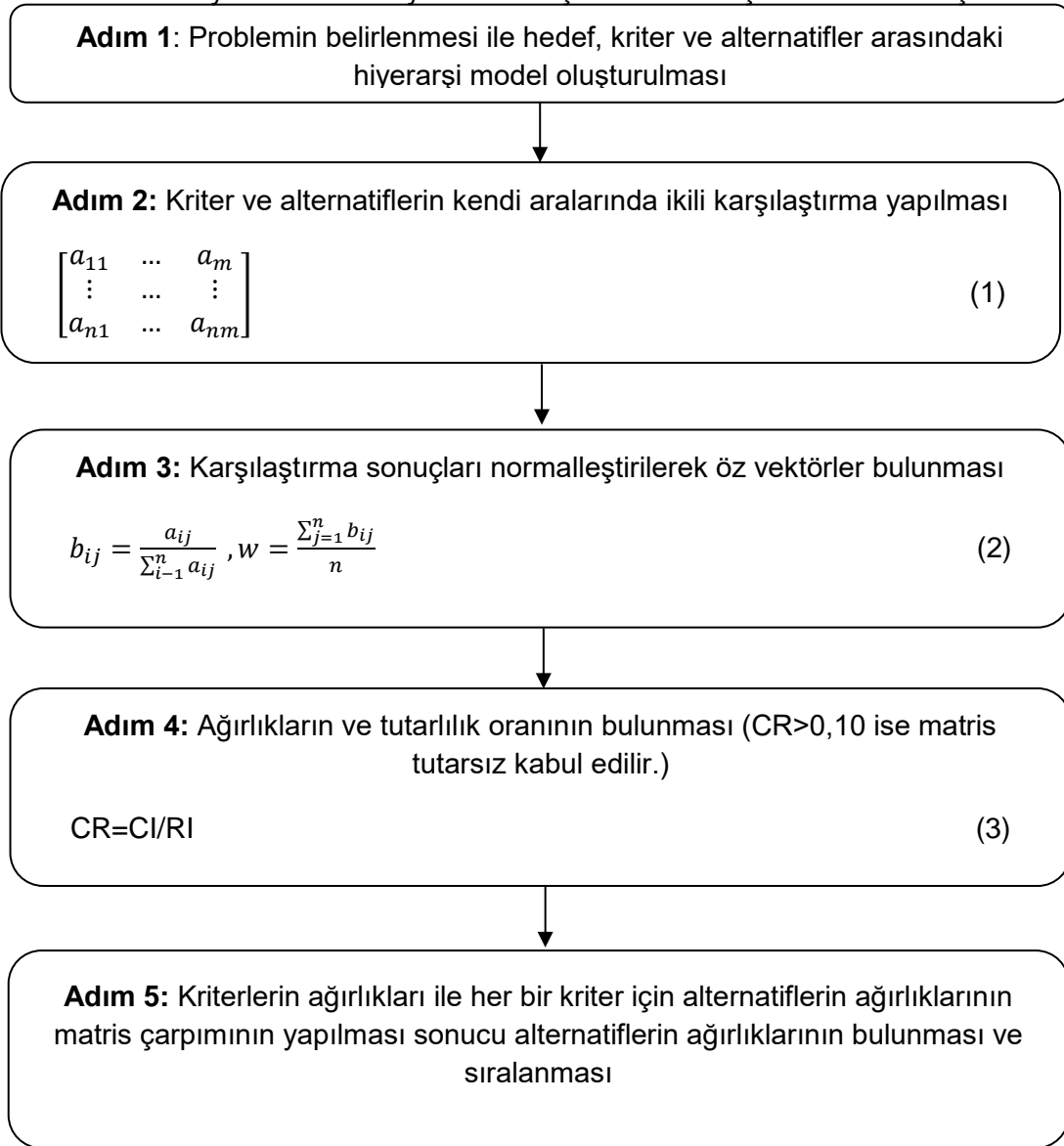
3. Yöntem

Çalışmada için çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve TOPSIS yöntemi problem çözümü için kullanılmıştır. Karar vericilerden alınan öznel ve dilsel değerlendirmeyi nesnel değerlendirme şekline aktararak sonuca ulaşım kolaylığı sağladığı için kriter ağırlıklarının elde edilmesi için AHP yöntemi seçilmiştir (Wu vd., 2019; Danışan ve vd., 2022). Ardından uzman sahada bulunan uzman görüşü doğrultusunda alternatifler belirlenmiştir. Bu alternatifler

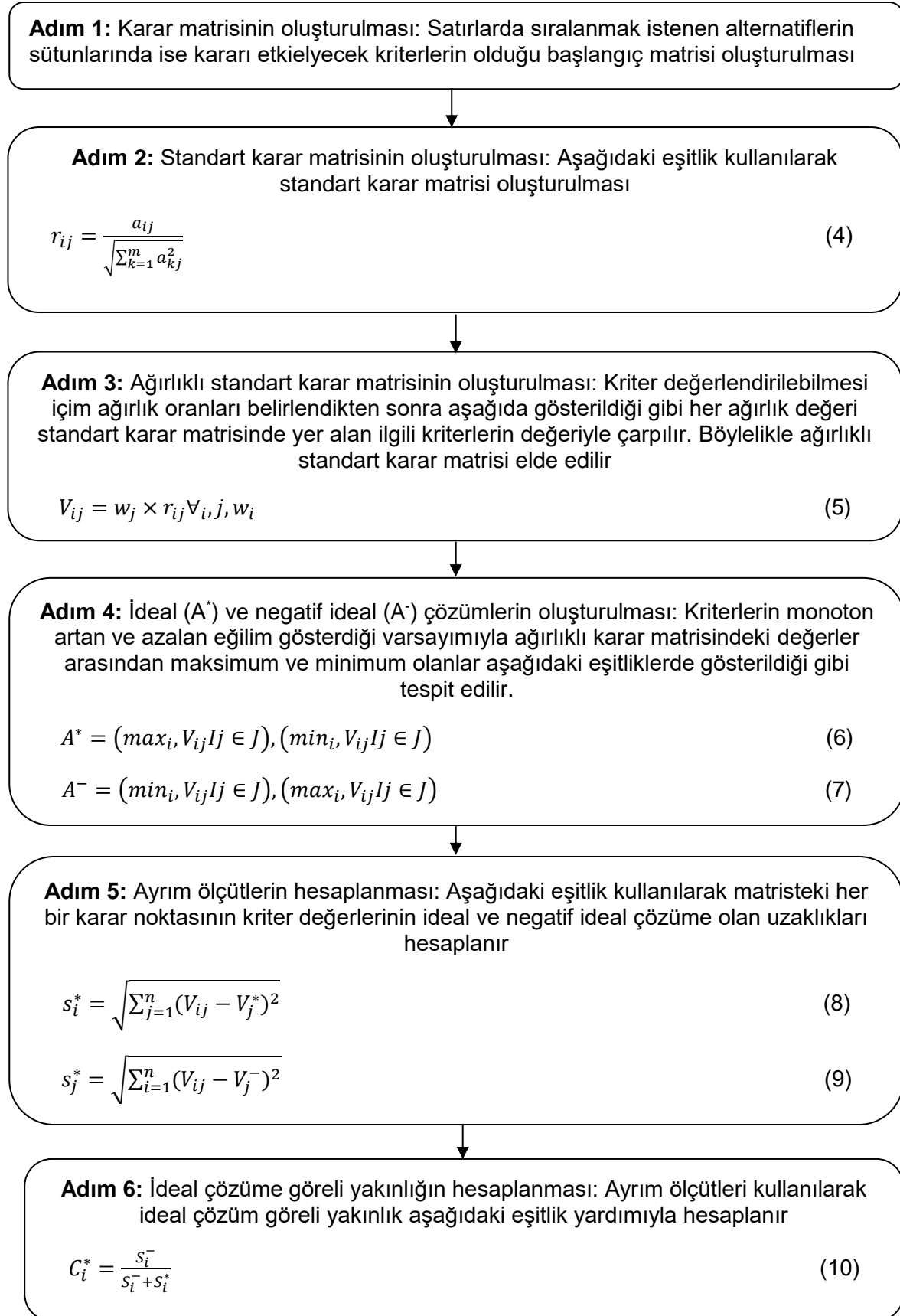
arasından en uygun olan alternatifin belirlenerek bir sıralama yapılabilmesi için ise TOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

3.1. AHP yöntemi

ÇKKV yöntemlerinden birisi olan AHP yöntemi, Saaty T.L., (1980) tarafından 1970'li yılların sonuna doğru Pennsylvania Üniversitesi'nde, ölçme ve karar verme için kullanılmak üzere geliştirilmiş bir matematiksel teoridir. (Saaty ve Niemira, 2006). AHP yöntemiyle nitel ve nicel faktörlerin değerlendirilmesinin yanı sıra kişilerin yargılarını, bilgilerini, tecrübelerini, düşünce ve sezgilerini de karar verme sürecine dahil eder (Özbek ve Eren, 2013). Bu yöntem, birkaç alternatif arasında tercih yaparken karar vericinin önceliklerini ve değerlendirme kriterlerini dikkate alır. Bu sayede, seçim yapılacak olan alternatifler arasında objektif bir şekilde karşılaştırma yapılmasına yardımcı olur. Bu yöntem, çok sayıda kriter ve alternatif olması durumunda özellikle yararlıdır. AHP yönteminin işlem adımları Şekil 1'de verilmiştir



Şekil 1. AHP yöntemi akış şeması (Danışan vd., 2022)



Şekil 2. TOPSIS yöntemi uygulama adımları (Erol vd., 2021)

3.2. TOPSIS yöntemi

ÇKKV yöntemlerinden bir diğeri olan TOPSIS yöntemi Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilmiştir. TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi, bir süreci seçim yapmaya yardımcı olmak için kullanılan bir yöntemdir (Hwang ve Yoon, 1981). Bu yöntem, birkaç alternatif arasında tercih yaparken, alternatiflerin her birinin birbirleriyle olan benzerliklerine göre sıralama yapılmasını sağlar. Bu sayede, en uygun seçim belirlenir. TOPSIS yönteminin uygulama adımları Şekil 2'de verilmiştir.

4. Uygulama

Çalışmada afet ve arama kurtarma sahasında görev yapabilecek uygun alternatif belirlenmek istenmiştir. Bu kapsamda AHP VE TOPSIS yöntemlerini kullanarak en uygun çözüm bulunmak istenmektedir. Kriterler ve alternatiflerin ve belirlenmesinde literatür çalışmaları ve uzman görüşleri dikkate alınmıştır. AHP yöntemi ile kriterler ağırlıklandırılmış, TOPSIS yöntemi ile en uygun alternatif belirlenmiştir. Uygulamanın akış şeması Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 2. Uygulama akış şeması

4.1. Problemin tanımlanması

Arama kurtarma ekipleri, afetlerin etkisi altında kalan bölgelerde ya da doğada mahsur kalmış insanları arayıp kurtarmada görevlidirler. Bir arama kurtarma operasyonu uzun süreli yüksek fiziksel aktivite içerebilmektedir.

Arama kurtarma personelleri operasyon sahasında sedye, ilk yardım malzemesi, teknik kurtarma ekipmanları ve kişisel malzemeler gibi ağır ekipmanlara her an ihtiyaç duyabilmektedirler. Bu ekipmanlar uzun süreli taşımalarda personellere ergonomik olarak zorluklar çıkarmakta ve personellerin verimliliklerinin azalmasına sebebiyet vermektedir.

Arama kurtarma ekiplerini fiziksel açıdan yardımcı olması ve arama kurtarma veriminin artması hedefleri ile yapılan bu çalışmada arama kurtarma sahasında görev alacak kargo İHA'lar uzman görüşleri alınarak İHA'lar ve kriterler belirlenmiştir. Belirlenen yüklere göre seçilen 5 İHA, AHP yöntemi ile belirlenen kriterler ağırlıklandırılmış ve bu kriter ağırlıkları ile alternatiflerin özellikleri TOPSIS yöntemi ile kıyaslanarak sıralandırılmıştır.

4.2. Verilerin toplanması

Bir arama kurtarma esnasında personeller sedye, ilk yardım malzemesi, teknik kurtarma ekipmanları, vs. yanlarında taşımaktadırlar. Bu ekipmanlar Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. Taşınması düşünülen malzemeler

Malzemeler	Adet	Ağırlık (gram)
Koşum	3	6.000
İD	4	2.400
Düşüş Durdurucu	4	2.940
Jumar	4	800
Alüminyum Karabina	26	1.950

Twin Makara	1	450
Rescue Makara	3	555
Paw	2	700
Shunt	2	376
İp	1	15.000
Sedye	1	7.500
İlk Yardım Malzemesi	1	18.000
Ekstra		10.000
Toplam		66.671 gram

4.3. Kriterlerin belirlenmesi

Uzman görüşleri ve literatür taraması sonucunda kriterler belirlenmiştir. Yapılan araştırmalara göre İHA seçiminde etkili olan 5 kriter belirlenmiştir. Havada kalış süresi (HKS) (Tekinay ve Batı, 2022), yük taşıma kapasitesi (YTK) (Tekinay ve Batı, 2022), birim fiyat (BF) (Arslan ve Delice, 2020), menzil (M) (Arslan ve Delice, 2020), Ağırlık (AG) (Arslan ve Delice, 2020) olmak üzere 5 kriter ele alınmıştır.

- **K1- Havada kalış süresi (HKS):** Bir uçuş esnasında her zaman optimum koşullar ile karşılaşılmamaktadır. Hava koşulları, arazinin zorluğu, İHA'nın gitmesini istediğimiz koordinata iniş sağlayamamasına, kazazedeye ulaşamaması veya bir konuma birden çok sefer yapa ihtiyacı gibi sebeplerden ötürü havada kalış süresinin uzun olması gerekebilmektedir. İHA'ların havada kalış süreleri üreticilerin verilerinden alınmıştır.
- **K2- Yük taşıma kapasitesi (YTK):** Arama kurtarma operasyonu esnasında kazazedeye ulaşılabilmesi ve ilk yardımın yapılıp kazazedenin sağlıklı bir şekilde kurtarılabilmesi için belirli malzemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu malzemeler Tablo 1'de belirtilmiştir. Bu malzemeleri en az seferde taşınması istenmektedir.
- **K3- Birim fiyat (BF):** Belirlenen İHA'nın kurumlar için satın alma aşamasında mümkün olan en az fiyat ile en yüksek verimi alabilmeleri amaçlanmıştır.
- **K4- Menzil (M):** Arama kurtarma operasyonunda ekipler İHA'nın bulunduğu merkezden yatay olarak uzakta olabilirler. İHA mümkün olan en uzun menzile sahip olması istenmektedir. Bu sayede daha güçlü sinyal çekim kuvveti ile daha güvenli ve daha uzun görev yarı çapına sahip olabilmektedir.
- **K5- Ağırlık (AG):** İHA'nın kolay taşınabilmesi, manevra yeteneğinin yüksek olması kullanıcılar için büyük kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca İHA'lar ağırlıklarına göre sınıflandırılmaktadır ve her bir sınıf için ayrı pilot kategorisi gerekmektedir. Pilot kategorisi yükseldikçe pilot kapasitesi ciddi oranda azalmaktadır. Bu sebeplerden ötürü mümkün olan en az kalkış ağırlığına sahip İHA'nın seçilmesi hedeflenmektedir.

4.4. Alternatiflerin belirlenmesi

Alternatifler sahada görev yapan uzman görüşüne göre belirlenmiştir. Tablo 2 'de Kargo İHA seçiminde alternatifler ve kriterlerin teknik verileri içermektedir. Tablo 1'deki verilen yükü taşıyabilecek, yük taşıma amacıyla üretilmiş İHA'lar seçilmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda 66.671 gram yükü tek seferde veya 2 seferde taşıyabilecek İHA'lar seçilmiştir.

A1- Foxtech thea 200mp: Uçuş süresi uzun, menzili uzun, yangın söndürme ve kargo taşıma gibi birden fazla görevde kullanılmak için tasarlanmıştır.

A2- XAG P100: Ucuz ve nispeten yüksek kaldırma kapasitesine sahiptir.

A3- DJI Agras t40: İHA firmaları arasında teknik destek ve satış bakımından en çok talep gören firmanın en yüksek ağırlık taşıyabilen modelidir.

A4- GWD 80D: Uçuş süresi uzun, yüksek kaldırma kapasitesi olan birden fazla görev için (yangın söndürme, kargo taşıma vs.) kullanılabilen, nispeten ucuz fiyatlı olan alternatiftir.

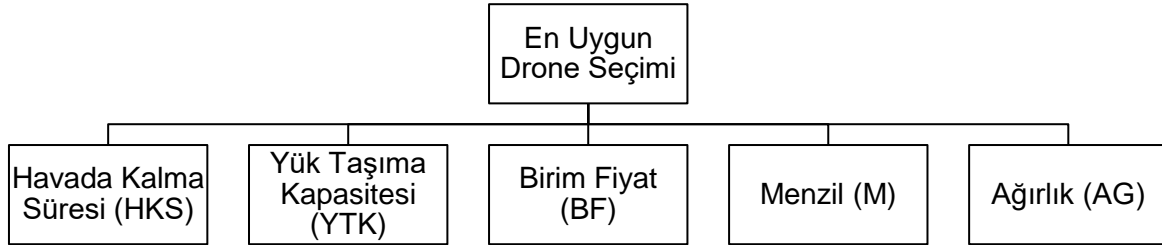
A5- Brouav D72I-8: Yüksek kaldırma kapasitesi, uzun uçuş süresi ve nispeten ucuz olan alternatiftir.

Tablo 2. Alternatifler ve kriterler

	İHA İSMİ	HKS (Dk)	YTK (Kg)	BF (\$)	M (Km)	AG (Kg)
A1	Foxtech thea 200mp	45	70	59.999	30	140.000
A2	XAG P100	17	43,5	20.000	12	91.500
A3	DJI Agras t40	20	50	20.000	4	101.000
A4	GWD 80D	70	80	30.000	10	133.500
A5	Brouav D72I-8	50	90	39.000	5	147.000

4.5. Kriterlerin AHP yöntemi ile ağırlıklandırılması

Problemin tanımlanmasının ardından literatür taranarak veriler toplanmış ve Şekil 4 teki hiyerarşik yapı oluşturulmuştur.



Şekil 3. AHP karar hiyerarşisi

Oluşturulan hiyerarşik yapının ardından AHP yöntemiyle kriter ağırlıkları elde edilmiştir. Kriterler uzmanlar tarafından Saaty'nin 1-9 önem derecesini kullanarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmede kullanılan önem derecesi tablosu Tablo 3'te verilmiştir (Asoğlu ve Eren, 2018). Tablo dahilinde elde edilen ikili karşılaştırma matrisi Tablo 4'te verilmiştir. Ardından AHP adımları sırası ile uygulanmıştır. Yöntem sonucunda tutarlılık oranı Tablo 5'te yer alan rassal indeksler kullanılarak hesaplanmış ve (CR) 0.052 olarak bulunmuştur. Bu değer 0.10 dan küçük olduğu için tutarlı olduğu kabul edilmiştir. Yöntem sonucunda elde edilen kriter ağırlıkları ise Tablo 6'de verilmiştir. Tablo 6'de AHP yöntemi ile elde edilen kriter değerlendirilmeleri sonucunda öncelikli olarak yük taşıma kapasitesi kriteri çıkmıştır. Ardından sırasıyla birim fiyat, havada kalma süresi, menzil ve ağırlık gelmektedir. Birim fiyat ve havada kalma süresi, tercih edilen yük taşıma kapasitesinden sonra en çok göz önünde bulundurulmuş kriter olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 3. Önem Derecesi Tablosu

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Eşit Önemde
3	Biraz Daha Önemli (Az Üstünlük)
5	Oldukça Önemli (Fazla Üstünlük)
7	Çok Önemli (Çok Üstünlük)
9	Son Derece Önemli (Kesin Üstünlük)
2,4,6 ve 8	Ara Değerler (Uzlaşma Değerleri)

Tablo 4. İkili karşılaştırma matrisi

Kriterler	HKS	YTK	BF	M	AG
HKS	1	0,2	0,5	2	3
YTK	5	1	4	3	5
BF	2	0,25	1	2	3
M	0,50	0,33	0,50	1	2
AG	0,33	0,2	0,33	0,5	1
Toplam	8,83	1,98	6	8,5	14

Tablo 5. RI Değerleri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Tablo 6. Kriter ağırlıkları

Sıralama	Kriterler	Kriter ağırlıkları
1	YTK	0,48
2	BF	0,19
3	HKS	0,15
4	M	0,11
5	AG	0,06

4.6. Alternatiflerin TOPSIS yöntemi ile sıralanması

AHP yönteminde elde edilen kriter ağırlıkları TOPSIS yöntemi ile çözümlenerek karar matrisi oluşturulur. Tablo 7'de gösterilen karar matrisinin alternatifleri satırlarda, kriterleri ise sütunlarda yer almaktadır.

Karar matrisinde maliyet ve ağırlık en az, havada kalma süresi, yük taşıma kapasitesi ve menzil en çok olması istenmektedir. Karar matrisinin elde edilmesinin ardından TOPSIS adımları uygulanarak alternatifler Tablo 8'deki gibi sıralanmıştır.

Tablo 7. Karar matrisi

	HKS	YTK	BF	M	AG
A1	45	70	59.999	30	140.000
A2	17	43,5	20.000	12	91.500
A3	20	50	20.000	4	101.000
A4	70	80	30.000	10	133.500
A5	50	90	39.000	5	147.000

Tablo 8. Alternatif sonuç matrisi

Alternatifler	Sonuçlar	Sıralama
A4	0.73	1
A1	0.72	2
A5	0.63	3
A2	0.52	4
A3	0.36	5

TOPSIS yöntemi ile belirlenen kriter ağırlıkları göze alınarak alternatifler sıralanmıştır. Tablo 8 incelendiğinde ilk sırada A4 yani GWD80-D İHA'sı görülmektedir. Bu sonucun çıkmasındaki başlıca sebepler yük taşıma kapasitesinin yüksek olması, fiyatının nispeten diğer modellere göre ucuz olması, havada kalma süresinin uzun olması başlıca sebeplerdendir.

5. Sonuç ve Öneriler

Günümüzde arama kurtarma ve acil durum yönetiminde İHA'lar sıklıkla tercih edilmektedir. Gelişen yeni teknoloji ile yük taşıyabilen İHA'lar gündeme gelmiştir. Operasyon sahasında kurtarma ekipmanları, ilk yardım gibi acil önem taşıyan malzemeler ihtiyaç duyulduğu anda İHA'lar ile diğer araçlara kıyasla daha etkin ve hızlı bir biçimde istenilen konuma taşınarak personellere ve afet yönetimine önemli katkıda bulunabilirler.

İHA seçiminde kriterler belirlenirken literatür çalışması ve uzman görüşü alınmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda 5 adet kriter ve 5 adet alternatif uygun bulunmuştur. Yapılan çalışmada ÇKKV yöntemlerinden AHP yöntemi ile kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir. Elde edilen kriter ağırlıkları TOPSIS yönteminde kullanılarak alternatiflerin sıralaması yapılmıştır.

AHP yöntemi ağırlıklandırması sonucunda 0.48 ile yük taşıma kapasitesi en önemli kriter olmaktadır, 0.19 ile birim fiyat, 0.15 ile havada kalma süresi, 0.11 ile menzil, 0.06 ile ağırlık izlemektedir. TOPSIS ile kriter ağırlıkları karşılaştırıldığında sırasıyla 0,73 ile GWD 80D, 0,72 ile Foxtech thea 200mp, 0.63 ile Brouav D72I-8, 0,52 ile XAG P100 ve 0,36 ile DJI Agras T40 olmuştur.

GWD 80D ve Foxtech thea 200mp çoklu görev tanımına sahip olmaları ve TOPSIS sonuçlarında çok yakın değerler alarak en üst sırada olmaları bu İHA'lar seçilebilir duruma getirmiştir.

Bu çalışma ve benzer çalışmalardan yola çıkarak arama kurtarma ve afet yönetiminde kullanılacak İHA seçimi gibi konular üzerinde araştırmalar ve çalışmalar yapılabilir. Uzman görüşleri alınarak yapılacak olan çalışmalara göre kriterler çoğaltılıp farklı yöntemler ile uygulamalar yapılabilir. Türkiye'de afet yönetimi hızla gelişen bir alan olduğundan dolayı ileride yapılacak olan çalışmalarda literatüre destek sağlaması öngörülmüştür.

Teşekkür

Bu çalışma Tübitak 2209-a ve YÖK 100/2000 projesi kapsamında yazılmıştır.

Kaynaklar

AFAD "Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü"

Akpınar, M. E. (2021). Unmanned aerial vehicle selection using fuzzy choquet integral. *Journal of Aeronautics and Space Technologies*, 14(2), 119-126.

Altundaş, A., Kurtay, K. G. & Erol, S. (2022). Sınır güvenliği ve müdahale görevi yapan İHA'ların ÇKKV yöntemleri ile değerlendirilmesi. *Savunma Bilimleri Dergisi*, (42), 155-185 . DOI: 10.17134/khosbd.1049863

Arslan, N. & Kılıç Delice, E. (2020). Kemıra-m yöntemi ile kişisel kullanıcılar için dron seçimi: bir uygulama. *Endüstri Mühendisliği*, 31 (2) , 159-179 . DOI: 10.46465/endustrimuhendisligi.706171

Asoğlu, İ., Eren, T. (2018). AHP, TOPSIS, PROMETHEE yöntemleri ile bir işletme için kargo şirketi seçimi. *Yalova Sosyal Bilimler Dergisi*, 8 (16), 102-122. Retrieved from

- Danişan, T., Özcan, E., ve Eren, T. (2022). Personnel selection with multi-criteria decision making methods in the ready-to-wear sector. *Tehnički vjesnik*, 29(4), 1339-1347.
- Erol, E., Özcan, E., Eren, T. (2021). Elektrik üretim santrallerinde iş güvenliği uzmanı seçiminde hibrit bir karar modeli. *Journal of Turkish Operations Management*, 5 (1), 615-629
- Güngör, İ. & İşler, D. B. (2005). Analitik hiyerarşi yaklaşımı ile otomobil seçimi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 1 (2), 21-33.
- Güven, E., & Eren, T. (2023). İl Afet Risk Azaltma Planı Çerçevesinde Analitik Ağ Prosesi Yöntemi ile Kriter Ağırlıklandırma: Kırıkkale İli İçin Bir Örnek. *Afet ve Risk Dergisi*, 6(2), 401-414.
- Hamurcu, M., Eren T. (2021). Selection and Ranking of the Most Suitable Drones for Sustainable Traffic Management Using Multi-Criteria Analysis Approach.
- Hwang, C.L., Yoon, K. (1981). Multiple attribute decision making: methods and applications. In new york: Springer-Verlag.
- Kara, M., Yumuşak, R., Eren, T. (2022). Acil yardım müdahalesi yapan birimler için çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile kargo drone seçimi. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 4(2), 38-45.
- Kara, M., Yumuşak, R., Eren, T. (2023). Anız yangınlarına müdahale için itfaiye drone seçimi: Giresun örneği. *Journal of Aviation Research*, 5(1), 1-15.
- Keleş, N. (2022). Armed unmanned aerial vehicle selection. Available at SSRN 4113879.
- Özbek, A. ve Eren, T. (2013). Çok ölçütlü karar verme teknikleri ile hizmet sağlayıcı seçimi. *Akademik Bakış Dergisi*, (36), 1-22.
- Saaty, T.L. ve Niemira, M.P. (2006). A framework for making a better decision. *Research Review*, 13(1), 1-4.
- Şahin, Y. & Akyer, H. (2016). Ülke kaynaklarının verimli kullanımı: 4x4 arama ve kurtarma aracı seçiminde AHS ve TOPSIS yöntemlerinin uygulaması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 3 (5), 72-87 . Retrieved from
- Tekinay, O. N. & Bozoğlu Batı, G. (2022). Askeri alanlarda kullanılmak üzere insansız hava aracı (iha) sistemleri seçiminde topsis ve bulanık topsis yönteminin kullanılması. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 44 (1), 78-103 . DOI: 10.14780/muiibd.1135526
- Wu, Y., Zhang, T., Xu, C., Zhang, B., Li, L., Ke, Y., Yan, Y., ve Xu, Ruhang. (2019). Optimal location selection for offshore wind-pv-seawater pumped storage power plant using a hybrid mcdm approach: a two-stage framework. *Energy conversion and management*, 199, 112066