

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Afetlerde İnsansız Hava Araçlarının Değerlendirmesi

[Evaluation of Unmanned Aerial Vehicles in Disasters with Multi-Criteria Decision Making Methods]

[ID](#)Habibe Sever¹; [ID](#)Beyza Nur Aksungur¹; [ID](#)Emel Güven¹; [ID](#)Tamer Eren¹

¹ Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale, Türkiye

Sorumlu Yazar / Correspondence Address:

Tamer Eren

Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale, Türkiye

E-mail: tamereren@gmail.com

Geliş tarihi / Received: 01.02.2024

Revizyon tarihi / Revised: 10.03.2024

Kabul tarihi / Accepted: 12.03.2024


Elektronik yayın tarihi: 26.03.2024

Online published

Anahtar Kelimeler / Keywords: Afet Yönetimi, İnsansız Hava Aracı Seçimi, Çok Kriterli Karar Verme / Disaster Management, Unmanned Aerial Vehicle Selection, Multi-Criteria Decision Making

Kısaltmalar / Abbreviations: İnsansız Hava Araçları (İHA), Uçuş Süresi (US), Taşıma Kapasitesi (TK), Dayanıklılık ve Çalışma Koşulları (DÇK), İletişim Kapasitesi (İK), Görüntüleme ve Algılama Yetenekleri (GAY), Uygun Yazılım ve Veri Analitiği (UYVA), Otonom Uçuş Yetenekleri (OUY), Hava Trafik Yönetimi Entegrasyonu (HTYE).

Künye / Cite this article as: Sever H, Aksungur BN, Güven E, Eren T. Evaluation of Unmanned Aerial Vehicles in Disasters with Multi-Criteria Decision Making Methods. *Emerg Aid Disaster Science*. 2024;4(1):15-22.

Copyright holder Journal of Emergency Aid and Disaster Science 

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. This is an open Access article which can be used if cited properly.

Özet

Giriş: Bu araştırma, İnsansız Hava Araçları (İHA) kullanımının afet yönetimindeki etkilerini analiz ederek, afet zararlarını azaltma konusundaki potansiyel katkıları ele almaktadır. İHA'ların risk azaltma, hazırlık, müdahale ve yeniden inşa aşamalarındaki avantajlarına odaklanan çalışma, İHA seçimine dair çözümler sunarak, bu teknolojilerin afet müdahale süreçlerine stratejik bir entegrasyon sağlamayı vurgulamaktadır.

Amaç: Bu çalışma, afet durumlarında uygun İHA seçimini vurgulayarak erken müdahale, hızlı arama-kurtarma ve yardım operasyonlarını optimize etmeyi hedeflemektedir.

Yöntem: Araştırma yöntemleri olarak, çok kriterli karar verme yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution (TOPSIS) yöntemleri seçilmiştir. Kriter ağırlıklarını belirlemede AHP yöntemi, alternatiflerin önceliklendirilmesinde ise TOPSIS yöntemi tercih edilmiştir. Çalışmada kullanılan yöntemlerin çözümleri Microsoft Office programlarından Excel kullanılarak elde edilmiştir.

Bulgular: Çalışma, afet durumlarına özel İHA seçimini ele almış, literatürdeki çeşitli araştırmaları özetlemiştir. Dayanıklılık ve çalışma koşulları en önemli kriter olarak belirlenmiş ve bu temelde uçuş süresi, iletişim kapasitesi, görüntüleme yetenekleri, yazılım analitiği gibi faktörlere öncelik verilmiştir.

Sonuç: Çalışmada, İHA seçimi için belirlenen kriterler AHP ve TOPSIS yöntemleriyle analiz edilmiştir. AHP'ye göre en kritik kriter dayanıklılık ve çalışma koşulları iken TOPSIS yöntemiyle alternatifler arasında belirlenen en iyi İHA seçeneği DJI Matrice 300 RTK olarak belirlenmiştir.

Abstract

Introduction: This research addresses the potential contribution of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) to disaster mitigation by analysing their impact on disaster management. Focusing on the advantages of UAVs in risk reduction, preparedness, response and reconstruction phases, the study provides solutions for UAV selection, emphasising the strategic integration of these technologies into disaster response processes.

Purpose: This study aims to optimise early response, rapid search and rescue and relief operations by emphasising appropriate UAV selection in disaster situations.

Method: As research methods, Analytical Hierarchy Process (AHP) and Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution (TOPSIS) methods, which are multi-criteria decision-making methods, were chosen. The AHP method was preferred to determine the criterion weights, and the TOPSIS method was preferred to prioritize the alternatives. The solutions of the methods used in the study were obtained using Microsoft Office programs Excel.

Findings: The study addressed the selection of UAVs for disaster situations and summarised various studies in the literature. Durability and operating conditions were identified as the most important criteria and on this basis, factors such as flight duration, communication capacity, imaging capabilities, software analytics were prioritised.

Conclusions: In this study, the criteria for UAV selection were analysed using AHP and TOPSIS methods. According to AHP, the most critical criteria were durability and operating conditions, while the best UAV option among the alternatives determined by TOPSIS method was determined as DJI Matrice 300 RTK.

Afetler hem doğal hem de insan kaynaklı olaylar olup, toplumlar ve bireyler üzerinde derin etkiler bırakır. Bu tür olaylar, yaşamı ve günlük aktiviteleri durdurma veya büyük kesintilere uğratma kapasitesine sahiptirler. Fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplara neden olarak insan haklarını doğrudan etkilerler. Bu durumlar, çeşitli kurum ve kuruluşların koordineli çabalarını zorunlu kılarak, kriz anlarında birlikte hareket etmelerini gerektirir.¹

Afet yönetimi, doğal afetlerin ve acil durumların etkilerini en aza indirme, zararları hafifletme ve toplumların dayanıklılığını artırma sürecini içerir. Bu süreç, risk azaltma, hazırlık, müdahale ve yeniden inşa olmak üzere dört aşamayı kapsayan bir süreçtir. Afet yönetiminin etkinliğini artırmak için bu aşamaların bütünlüğü olarak yürütülmesi gerekmektedir.²

İnsansız Hava Araçları (İHA), afet yönetimi süreçlerine entegrasyonlarıyla her aşamada önemli avantajlar sunmaktadır. İHA'ların teknik özellikleri, afet öncesi, sırası ve sonrasında kritik roller üstlenmelerine olanak tanır. Riskli alanlarda detaylı haritalama ve analiz yapma kapasiteleri sayesinde potansiyel riskleri belirleme yetenekleri bulunmaktadır.³ İHA seçimi, birden çok kriterin göz önünde bulundurulmasıyla karar verilmesi gereken karmaşık bir süreci içermektedir. Bu tür karar süreçleri genellikle çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak ele alınmaktadır. Literatürde, İHA seçimi üzerine gerçekleştirilen bazı çalışmalara aşağıda yer verilmiştir.

Eren, Arslan ve Güven (2023)⁴, afet durumunda arama kurtarma malzemelerinin sevkiyatı için insansız hava araçlarının seçimi üzerine bir çalışma sunmuşlardır, yaptıkları çalışmada çok kriterli karar verme yöntemleri olan AHP ve TOPSIS'i kullanmışlardır. Hamurcu ve Eren (2021)⁵, trafik yönetimi çalışmalarına katkı sağlamak amacıyla belirli özellikler altında en uygun İHA'nın seçimine yönelik bir model önerisi sunmuşlardır. Akpınar'ın (2021)⁶ araştırmasında ise, çok kriterli bir İHA seçimi için bulanık mantık tabanlı Bulanık Choquet Integral yöntemi kullanılmıştır. Keleş (2022)⁷, Türkiye'de üretilen İHA sistemleri arasında birden fazla amaca hizmet edebilecek İHA'lar üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir, yaptıkları çalışmada AHP ve PROMETHEE yöntemlerini kullanmıştır. Tekinay ve Batı (2022)⁸ çalışmalarında, askeri alanlarda kullanılmak üzere insansız hava aracı (İHA) sistemleri seçimini TOPSIS ve Bulanık TOPSIS yöntemleriyle gerçekleştirmişlerdir. Altundaş ve diğerleri (2022)⁹, ÇKKV yöntemlerini kullanarak sınır güvenliği ve müdahale görevi yapan İHA'ların değerlendirmesini yapmışlardır. Arslan ve Delice (2020)¹⁰, KEMIRA-M yöntemini kullanarak kişisel kullanıcılar için İHA seçimi uygulaması yapmışlardır. Kara, Yumuşak ve Eren (2022)¹¹, acil yardım müdahalesi yapan birimler için kargo drone seçimi üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, çok ölçütlü karar verme yöntemleri olan AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerini kullanmışlardır. Bu yöntemler, çeşitli kriterlere dayalı olarak en uygun kargo dronun seçilmesi sürecinde etkili analitik araçlar olarak uygulanmıştır.

Kara, Yumuşak ve Eren (2023)¹² tarafından gerçekleştirilen çalışma, anız yangınlarına müdahale için itfaiye drone seçimi ele almaktadır. Bu çalışmada, Giresun örneği üzerinden AHP ve COPRAS gibi çok ölçütlü karar verme yöntemleri

kullanılmıştır. Bu yöntemler, çeşitli kriterlere dayalı olarak en uygun itfaiye drone'un seçilmesi sürecinde etkili analitik araçlar olarak uygulanmıştır.

Çalışmanın odak noktası, afet durumlarına özgü İHA seçimi önceden planlamak ve bunları hazır halde tutmak üzerinedir. Planlama, acil durum müdahale ekiplerinin etkili ve hızlı bir şekilde erişimini sağlamak amacıyla taşımaktadır. Etkin kullanımıyla afetlerin neden olduğu zararları en aza indirme çabalarına önemli bir katkı sağlamayı hedeflemektedir. Yaklaşım, hem kaynakların daha etkili kullanımını teşvik eder hem de afet müdahale süreçlerinin genel verimliliğini artırmaktadır. Bu çalışma, İHA'ların afet yönetimindeki stratejik rolünü vurgulayarak, bu teknolojilerin literatürdeki boşluğu dolduracak şekilde etkin kullanımıyla afet zararlarını en aza indirme çabalarına katkı sağlamayı hedeflemektedir. Çalışmada ele alınan konu literatürde öne çıkan bir konu olup, gerçekleştirilen çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

YÖNTEM

Afet Durumuna Göre İHA Seçim Problemi

Afet durumuna göre İHA seçimi, arama-kurtarma operasyonları, hasar değerlendirmesi ve hızlı tepki sürelerini optimize etme açısından kritik öneme sahiptir. Her afet türü (deprem, sel, yangın vb.) farklı gereksinimlere sahiptir. Afet durumuna göre İHA seçimi, bu gereksinimlere uygun bir şekilde yapılmalıdır. İHA'lar, farklı afet türlerine özgü gereksinimlere uygun olarak donatılabilmekte ve geniş alanları hızlı bir şekilde tarama, zorlu erişim bölgelerine ulaşma ve tehlikeli koşullarda güvenli bir şekilde keşif yapma yeteneklerine sahiptir. Ayrıca, uzaktan izleme ve gerçek zamanlı veri sağlama kapasiteleri, afet yönetimi ekiplerine etkin kararlar alma konusunda önemli avantajlar sunmaktadır. İHA'ların bu özellikleri, afet müdahale süreçlerini iyileştirerek insan güvenliğini ve hızlı tepki sürelerini artırmaktadır. Bu gibi çeşitli avantajlardan dolayı insansız hava aracı platformları acil durumlarda yardım ve yönetim için yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.¹³

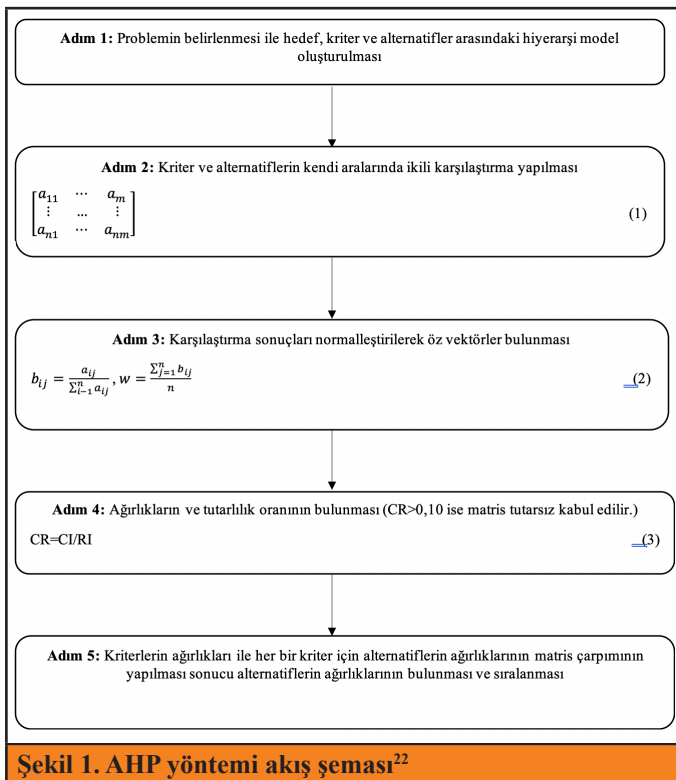
Çalışmada afet yönetiminde önemli bir yeri olan İHA seçim problemi ele alınmıştır. Problem için 3 mühendis, 1 AFAD gönüllüsü uzman ve 1 müdürden oluşturulan uzmanların grup karar vermesi ile 8 adet kriter belirlenmiştir. Bu kriterler Uçuş süresi (US)¹⁴, taşıma kapasitesi (TK)¹⁴, dayanıklılık ve çalışma koşulları (DÇK)¹⁴, iletişim kapasitesi (İK)¹⁵, görünümlüme ve algılama yetenekleri (GAY)¹⁵, uygun yazılım ve veri analitiği (UYVA)¹⁵, otonom uçuş yetenekleri (OUY)¹³, ve hava trafik yönetimi entegrasyonu (HTYE)¹³ olmuştur. Kriterler AHP yöntemiyle ağırlıklandırılmıştır. Grup kararlarının alınabilmesinde sağladığı yarar ve kurulan hiyerarşi ile karmaşık problemlerin daha basit hale getirilebilmesi sebebiyle kriter ağırlıklandırma AHP yöntemi seçilmiştir. Ardından literatür taraması ile belirlenen 7 alternatif İHA TOPSIS yöntemi ile sıralanmıştır. TOPSIS yöntemi kullanımı basit, gerçek hayat problemlerinde rahatlıkla kullanılabilen ve gerçekçi sonuçlar üreten bir yöntem olması sebebiyle alternatiflerin sıralamasında kullanılmıştır. Böylelikle İHA'lar afet yönetiminde kullanımına göre uygunluk bakımından sıralanmıştır.

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Bir hedefe ulaşmak için karşımıza çıkan çeşitli seçenekler arasından en uygun olanı seçme görevi, karar verme sürecinde karşılaştığımız temel bir zorluktur. Karar verme, elimizde bulunan alternatifleri belirli kriterlere göre en uygun şekilde seçme sürecidir.¹⁶ Çok kriterli karar verme problemleri, birden fazla kriterin optimize edildiği çözüm setleri içerisinde en uygun alternatifin seçildiği problemler olarak tanımlanabilir.¹⁷ Yöntemin sağladığı etkili sonuçlar nedeniyle karar vericiler tarafından tercih edilen bir yöntemdir. Bu çalışmada iki adet ÇKKV yöntemi (AHP, TOPSIS) kullanılmıştır. AHP, karmaşık problemlerin kolay ve çözülebilir hale gelmesi için basit bir hiyerarşi ve analitik süreçlere sahiptir. Hemen hemen her karar sürecinde kullanılabilen bu yöntemin geniş bir uygulama alanı vardır.¹⁸ TOPSIS, alternatif sıralama problemlerini kolay ve etkin bir şekilde gerçekleştirerek¹⁹ literatürde sıklıkla geniş kapsamlı sıralama problemleri için kullanılır.²⁰

AHP Yöntemi

Analitik Hiyerarşi Prosesi, ilk kez 1968 yılında Myers ve Alpert tarafından öne sürülmüş ve 1977 yılında Profesör Thomas Lorie Saaty tarafından geliştirilerek karar verme problemlerine uygulanabilir hale getirilmiştir.²¹ Karar verici tarafından belirlenen bir hedefin altında, sıralanmış kriterler, alt kriterler ve alternatiflerin hiyerarşik bir yapı içinde düzenlendiği bir yaklaşım kullanılmaktadır. Kriterlerin ağırlıkları belirlenerek en uygun alternatifin tespit edilmesi amaçlanmaktadır. AHP yönteminin akış şeması, Şekil 1'de verilmiştir.²²

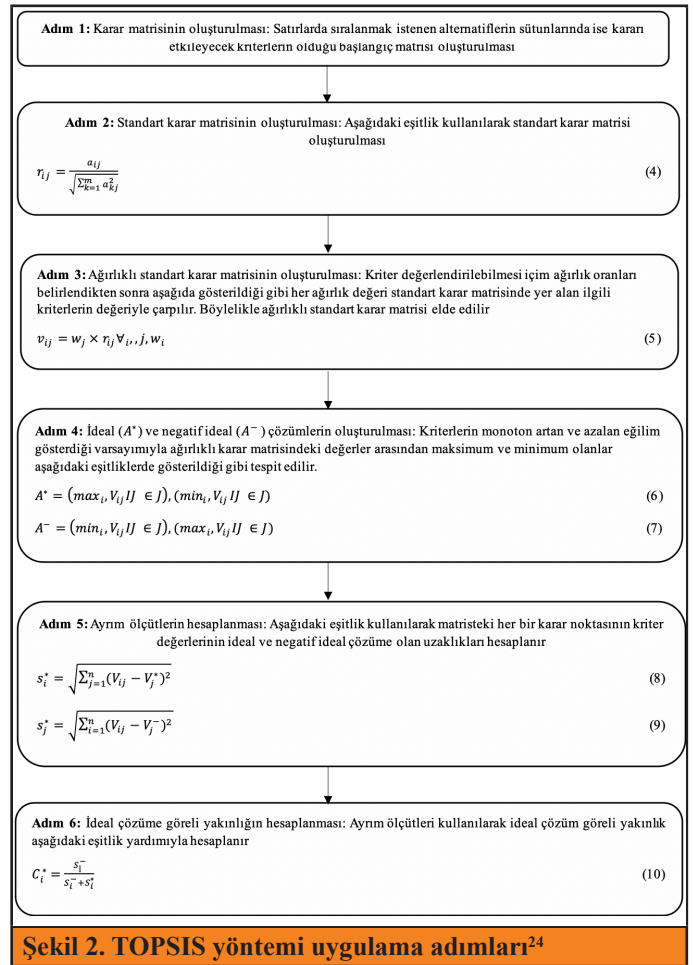


Şekil 1. AHP yöntemi akış şeması²²

TOPSIS Yöntemi

TOPSIS yöntemi, Chen ve Hwang (1992) tarafından, Hwang ve Yoon'un (1981) çalışmalarına dayanılarak geliştirilmiştir. Bu yöntem, çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. TOPSIS yöntemi kullanılarak, alternatif seçenekler belirli kriterler doğrultusunda değerlendirilir ve kriterlerin alabileceği maksimum ve minimum değerler arasında ideal duruma

göre karşılaştırılır.²³ TOPSIS yöntemi uygulama adımları Şekil 2'de verilmiştir.²⁴



Şekil 2. TOPSIS yöntemi uygulama adımları²⁴

BULGULAR

Uygulama

Bu çalışmada, herhangi bir doğal afetin meydana gelmesi durumunda hızlı müdahale ve minimum can kaybı gibi sorunları azaltmayı hedefleyen bir çözüm odaklı yaklaşım benimsenmiştir. Doğal afetlerin getirdiği olumsuz etkilerle mücadele etmek, özellikle afet anında hızlı ve etkili bir müdahalenin hayati önem taşıdığı bir gerçektir. Bu bağlamda, çalışma kapsamında belirlenen 8 kriter ve incelenen 7 alternatif, AHP ve TOPSIS kullanılarak detaylı bir değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Çalışmada ele alınan problemin çözümü için 6 aşamalı bir süreç uygulanmıştır.

Problemin Tanımlanması

Doğal afetler, meteorolojik ve jeolojik-jeomorfolojik olaylar ile insan ve toplum arasındaki etkileşim sonucu ortaya çıkan, büyük yıkıma ve can kaybına yol açabilen olaylardır.²⁵ Ancak, bu olumsuz etkileri azaltmak ve hızlı müdahale sağlamak için etkili bir strateji benimsemek kritiktir. Hızlı müdahale, kurtarma operasyonları ve yer tespiti, afetzedelere hızlı yardım ulaştırılmasını sağlayarak hayati bir rol oynar.

Bu bağlamda, İHA'lar, kurtarma ekiplerine hızlı ve etkili bir gözetim sağlamada önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır. Afet bölgesine herhangi bir yardım kaynağı sevk edilmeden önce İHA'lar, yüksek hasar riski taşıyan afet bölgelerine gönderilerek ilk değerlendirmeyi yapabilir. Bu ilk değerlendirme,

afet bölgesindeki hasarın boyutunu ve ulaşım ağlarının durumunu içerebilir. Böylece, afet sonrası durum daha detaylı bir şekilde gözlemlenebilir ve kaynak tahsisi planlaması daha etkili bir şekilde gerçekleştirilebilir.²⁶ Bu nedenle, doğal afetlerin olumsuz etkilerini en aza indirme ve hızlı müdahalede etkinlik sağlama amacıyla İHA'ların kullanılması gerektiği önemli bir stratejidir.

Alternatiflerin Belirlenmesi

Literatür taraması sonucunda alternatifler belirlenmiştir. Yapılan araştırmalara göre İHA seçiminde etkili olan 7 alternatif belirlenmiştir. DJI Matrice 300 RTK²⁷, Parrot Anafi USA²⁸, SenseFly eBee X²⁹, Autel Robotics EVO Lite+³⁰, Freefly Alta X³¹, Yuneec H520³², Delair UX11³³ olmak üzere 7 alternatif ele alınmıştır. Alternatiflerin özellikleri aşağıdaki gibidir;

1. DJI Matrice 300 RTK:
 - Uçuş Süresi: Yaklaşık 55 dakika
 - Taşıma Kapasitesi: 2.7 kg
 - Dayanıklılık ve Çalışma Koşulları: IP45 sertifikalı (Su ve Toza Karşı Direnç)
 - İletişim Kapasitesi: OcuSync Enterprise teknolojisi
 - Görüntüleme ve Algılama Yetenekleri: 6 yönlü engel algılama, gelişmiş kameralar ve sensörler
 - Uygun Yazılım ve Veri Analitiği: DJI Pilot uygulaması, DJI Terra yazılımı
 - Otonom Uçuş Yetenekleri: Smart Inspection, Smart Track, Hava Trafik Yönetimi entegrasyonu
 - Hava Trafik Yönetimi Entegrasyonu: Evet
2. senseFly eBee X:
 - Uçuş Süresi: Yaklaşık 90 dakika
 - Taşıma Kapasitesi: 500 g
 - Dayanıklılık ve Çalışma Koşulları: ---
 - İletişim Kapasitesi: Emlid Edge entegrasyonu
 - Görüntüleme ve Algılama Yetenekleri: Çeşitli kamera opsiyonları
 - Uygun Yazılım ve Veri Analitiği: senseFly eMotion, senseFly Cloud
 - Otonom Uçuş Yetenekleri: senseFly eMotion, Pix4D-mapper entegrasyonu
 - Hava Trafik Yönetimi Entegrasyonu: Hayır
3. Parrot Anafi USA:
 - Uçuş Süresi: Yaklaşık 32 dakika
 - Taşıma Kapasitesi: 32x zoom yetenekli FLIR termal kamera
 - Dayanıklılık ve Çalışma Koşulları: MIL-STD-810G sertifikalı (Askeri Standart)
 - İletişim Kapasitesi: Secure Air Data Link (Veri Şifreleme)
 - Görüntüleme ve Algılama Yetenekleri: 32x zoom, FLIR termal görüntüleme
 - Uygun Yazılım ve Veri Analitiği: Parrot Skycontroller 3, FreeFlight 6 uygulaması
 - Otonom Uçuş Yetenekleri: Parrot Autonomy System
 - Hava Trafik Yönetimi Entegrasyonu: Hayır
4. Delair UX11:
 - Uçuş Süresi: Yaklaşık 59 dakika
 - Taşıma Kapasitesi: 1.5 kg
 - Dayanıklılık ve Çalışma Koşulları: IP52 sertifikalı (Toza Karşı Direnç)
 - İletişim Kapasitesi: LTE bağlantı

- Görüntüleme ve Algılama Yetenekleri: Panchromatic ve multispectral kameralar
 - Uygun Yazılım ve Veri Analitiği: Delair UX11 software
 - Otonom Uçuş Yetenekleri: Delair Flight Deck, Smart DataCapture
 - Hava Trafik Yönetimi Entegrasyonu: Evet
5. Autel Robotics EVO Lite+:
 - Uçuş Süresi: Yaklaşık 40 dakika
 - Taşıma Kapasitesi: 1.6 kg
 - Dayanıklılık ve Çalışma Koşulları: ---
 - İletişim Kapasitesi: 9 km menzil
 - Görüntüleme ve Algılama Yetenekleri: Dual RGB ve termal kameralar
 - Uygun Yazılım ve Veri Analitiği: Autel Explorer uygulaması
 - Otonom Uçuş Yetenekleri: Advanced Obstacle Avoidance, Dynamic Tracking
 - Hava Trafik Yönetimi Entegrasyonu: Hayır
 6. Freefly Alta X:
 - Uçuş Süresi: Yaklaşık 40 dakika
 - Taşıma Kapasitesi: 8 kg
 - Dayanıklılık ve Çalışma Koşulları: ---
 - İletişim Kapasitesi: ALTA X Ground Control Station (GCS)
 - Görüntüleme ve Algılama Yetenekleri: Çeşitli kamera opsiyonları
 - Uygun Yazılım ve Veri Analitiği: Freefly Configurator, MoVI Planner
 - Otonom Uçuş Yetenekleri: Hayır (Manuel kontrol)
 - Hava Trafik Yönetimi Entegrasyonu: Hayır
 7. Yuneec H520:
 - Uçuş Süresi: Yaklaşık 28 dakika
 - Taşıma Kapasitesi: 500 g
 - Dayanıklılık ve Çalışma Koşulları: ---
 - İletişim Kapasitesi: 1.6 km menzil
 - Görüntüleme ve Algılama Yetenekleri: Yüksek çözünürlüklü kamera
 - Uygun Yazılım ve Veri Analitiği: Yuneec DataPilot, SDK
 - Otonom Uçuş Yetenekleri: Yuneec DataPilot, Waypoint Navigation
 - Hava Trafik Yönetimi Entegrasyonu: Hayır

Kriterler Belirlenmesi

Literatür taraması sonucunda kriterler belirlenmiştir. İnsansız hava araçları büyüklüğüne ve küçüklüğüne, uçuş dayanıklılığına, uçuş menziline, uçuş yüksekliğine ve yeteneğine göre çeşitli tiplerde sınıflandırılmaktadır.³⁴ Yapılan araştırmalara göre İHA seçiminde etkili olan 8 kriter belirlenmiştir. Uçuş süresi (US)¹⁴, taşıma kapasitesi (TK)¹⁴, dayanıklılık ve çalışma koşulları (DÇK)¹⁴, iletişim kapasitesi (İK)¹⁵, görüntüleme ve algılama yetenekleri (GAY)¹⁵, uygun yazılım ve veri analitiği (UYVA)¹⁵, otonom uçuş yetenekleri (OUY)¹³, ve hava trafik yönetimi entegrasyonu (HTYE)¹³ olmak üzere 8 kriter ele alınmıştır.

1. Uçuş Süresi (US): Bir İHA'nın tek bir pil şarjı ile havada geçirebileceği maksimum süreyi belirtir. Uçuş süresi, operasyonların etkinliği ve kapsamı açısından önemli bir faktördür.
2. Taşıma Kapasitesi (TK): İHA'nın üzerinde taşıyabileceği maksimum yük miktarını ifade eder. Bu kriter, çeşitli

- görevlerde kullanılacak ekipman, sensörler veya diğer ağırlıklı yükleri belirlemede kritik bir rol oynar.
- Dayanıklılık ve Çalışma Koşulları (DÇK): İHA'nın çeşitli hava koşullarına, sıcaklıklara ve diğer zorlayıcı çevresel etkenlere ne kadar uyumlu olduğunu gösterir. IP sertifikaları gibi standartlar genellikle dayanıklılık değerlendirmelerini içerir.
 - İletişim Kapasitesi (İK): İHA'nın kontrol ve veri iletimi için ne kadar güçlü bir kabiliyete sahip olduğunu belirtir. Bu kriter, İHA'nın uzaktan kontrol edilebilirliği ve veri alışverişi açısından kritiktir.
 - Görüntüleme ve Algılama Yetenekleri (GAY): İHA'nın üzerindeki kameralar ve sensörler aracılığıyla çevresini ne kadar etkili bir şekilde görebildiğini ve anlayabildiğini ifade eder. Bu özellik, çeşitli görevlerde kullanım esnekliği sağlar.
 - Uygun Yazılım ve Veri Analitiği (UYVA): İHA'nın topladığı verileri işlemek ve yorumlamak için kullanılan yazılım ve analitik araçları içerir. Bu kriter, elde edilen verilerden anlamlı bilgiler çıkarmak için önemlidir.
 - Otonom Uçuş Yetenekleri (OUY): İHA'nın belirli bir görevi gerçekleştirmek için önceden belirlenmiş bir rota veya program üzerinde otomatik olarak uçabilme yeteneğini ifade eder. Bu özellik, operasyonları optimize etmede yardımcı olabilir.

- Hava Trafik Yönetimi Entegrasyonu (HTYE): İHA'nın ulusal ve yerel hava trafik yönetim sistemleri ile uyumlu bir şekilde çalışabilme yeteneğini ifade eder. Bu, güvenli ve düzenli hava trafiği için önemlidir.

Problemin Çözümü

Literatür araştırması sonucunda alternatif ve kriterler oluşturulmuştur. Afete uygun İHA seçimi yapılabilmesi için sırasıyla AHP ve TOPSIS yöntemleri uygulanmıştır.

Problemin AHP Yöntemi ile Çözümü

AHP yöntemiyle kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Kriterler, uzmanlar tarafından Saaty'nin 1-9 öncelik derecelendirmesi kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme için kullanılan öncelik derecelendirmesi tablosu **Tablo 1**'de yer almaktadır. İkili karşılaştırma matrisi **Tablo 2**'de sunulmuş ve

Tablo 1. Saaty Skalası	
Önem Ölçeği	Değer Tanımı
1	Eşit Derecede Önemli
3	Biraz Daha Önemli
5	Oldukça Önemli
7	Çok Önemli
9	Son Derece Önemli
2-4-6 ve 8	Ara Değerler

Tablo 2. İkili Kriter Karşılaştırma Matrisi								
	US	TK	DÇK	İK	GAY	UYVA	OUY	HTYE
US	1.00	7.00	0.22	1.73	3.87	4.90	6.00	7.94
TK	0.14	1.00	0.15	0.19	0.32	0.82	1.29	3.00
DVÇK	4.58	6.48	1.00	1.73	3.87	7.00	7.35	9.00
İK	0.58	5.29	0.58	1.00	1.58	3.16	1.32	4.58
GVAY	0.26	3.16	0.26	0.63	1.00	1.00	1.00	2.00
UYVVA	0.20	1.22	0.14	0.32	1.00	1.00	1.29	4.24
OUY	0.17	0.77	0.14	0.76	1.00	0.77	1.00	1.10
HTYE	0.13	0.33	0.11	0.22	0.50	0.24	0.91	1.00
Toplam =	7.06	25.27	2.60	6.58	13.14	18.89	20.17	32.86

US: Uçuş Süresi, TK: Taşıma Kapasitesi, DVÇK: Dayanıklılık ve Çalışma Koşulları, İK: İletişim Kapasitesi, GAY: Görüntüleme ve Algılama Yetenekleri, UYVA: Uygun Yazılım ve Veri Analitiği, OUY: Otonom Uçuş Yetenekleri, HTYE: Hava Trafik Yönetimi Entegrasyonu

ardından AHP adımları uygulanmıştır. Yöntem sonucunda tutarlılık oranı rassal indeksler kullanılarak hesaplanmış ve (CR) 0.063 olarak bulunmuştur. Bu değer 0.10'dan küçük olduğu için tutarlı kabul edilmiştir.

Elde edilen kriter ağırlıkları **Tablo 3**'te sunulmuştur. Buna göre, dayanıklılık ve çalışma koşulları en öncelikli kriter olarak belirlenmiştir. Sırasıyla uçuş süresi, iletişim kapasitesi, görüntüleme ve algılama yetenekleri, uygun yazılım ve veri analitiği, otonom uçuş yetenekleri, taşıma kapasitesi ve hava trafik yönetimi entegrasyonu kriterleri sıralanmıştır.

Uçuş süresi ve iletişim kapasitesi, tercih edilen dayanıklılık ve çalışma koşullarından sonra en çok göz önünde bulunduran kriter olduğu gözlemlenmiştir.

Problemin TOPSIS Yöntemi ile Çözümü

AHP yöntemi ile belirlenen kriter ağırlıkları, TOPSIS yöntemi kullanılarak çözümlenerek bir karar matrisi oluşturulmuştur. Karar matrisi oluşturulurken 1-5 skalası kullanılmıştır. 1 en kötü 5 en iyi olacak şekilde değerler verilmiştir. Örneğin karar matrisinde, hava trafik yönetimi entegrasyonu en düşük olmalıdır, ancak dayanıklılık ve çalışma koşulları, uçuş süresi, iletişim kapasitesi, görüntüleme ve algılama yetenekleri, uygun yazılım ve veri analitiği, otonom uçuş yetenekleri ve taşıma kapasitesi en yüksek olmalıdır. **Tablo 4**'te verilen karar matrisi satırlarda alternatifler, sütunlarda ise kriterler olacak şekilde elde edilmiştir.

Karar matrisinin elde edilmesinin ardından TOPSIS adımları uygulanarak alternatifler **Tablo 5**'teki gibi sıralanmıştır. TOPSIS yöntemi ile belirlenen kriter ağırlıkları göze alınarak

Tablo 3. Kriter Ağırlıkları

Sıralama	Kriterler	Kriter Ağırlıkları
1	DÇK	0.36
2	US	0.23
3	İK	0.14
4	GAY	0.07
5	UYVA	0.06
6	OUY	0.05
7	TK	0.05
8	HTYE	0.03

US: Uçuş Süresi, TK: Taşıma Kapasitesi, DVÇK: Dayanıklılık ve Çalışma Koşulları, İK: İletişim Kapasitesi, GAY: Görüntüleme ve Algılama Yetenekleri, UYVA: Uygun Yazılım ve Veri Analitiği, OUY: Otonom Uçuş Yetenekleri, HTYE: Hava Trafik Yönetimi Entegrasyonu

Tablo 5. TOPSIS Sonuç Tablosu

Alternatifler	P Score	Sıralama
DJI Matrice 300 RTK	0,8276	1
Parrot Anafi USA	0,5584	3
senseFly eBee X	0,6084	2
Autel Robotics EVO Lite+	0,3370	5
Freefly Alta X	0,3106	6
Yuneec H520	0,2829	7
Delair UX11	0,3606	4

alternatifler sıralanmıştır. Tablo 5 incelendiğinde ilk sırada DJI Matrice 300 RTK İHA'sı görülmektedir. Bu sonucun çıkmasında dayanıklılık ve çalışma koşullarının yüksek olması, uçuş süresinin diğer modeller göre uzun olması gibi hususlar etkili olmuştur.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Günümüzde, arama-kurtarma ve acil durum yönetiminde

Tablo 4. Karar Matrisi Tablosu

	US	TK	DÇK	İK	GAY	UYVA	OUY	HTYE
DJI Matrice 300 RTK	4	4	4	5	5	4	4	3
Parrot Anafi USA	2	2	4	3	4	4	2	1
senseFly eBee X	5	2	3	3	4	3	2	1
Autel Robotics EVO Lite+	3	2	2	5	3	3	3	1
Freefly Alta X	3	5	2	3	3	2	5	1
Yuneec H520	3	3	2	4	2	2	3	1
Delair UX11	4	3	2	4	2	2	1	1

US: Uçuş Süresi, TK: Taşıma Kapasitesi, DVÇK: Dayanıklılık ve Çalışma Koşulları, İK: İletişim Kapasitesi, GAY: Görüntüleme ve Algılama Yetenekleri, UYVA: Uygun Yazılım ve Veri Analitiği, OUY: Otonom Uçuş Yetenekleri, HTYE: Hava Trafik Yönetimi Entegrasyonu

İHA'lar sıklıkla tercih edilmekte ve bu alanda önemli bir katkı sağlamaktadır. İHA'lar, insan gücünün ulaşamadığı zorlu bölgelere etkin bir şekilde ulaşabilme yetenekleriyle öne çıkar. Bu teknolojik çözümler, kritik durumlarda hızlı ve etkili müdahale imkânı sunarak afet yönetimine önemli bir katkıda bulunabilir.

İHA seçiminde kullanılan kriterlerin belirlenmesi, literatür çalışması temel alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaların sonucunda, 8 adet kriter ve 7 adet alternatif tespit edilmiştir. Çalışmanın bir aşamasında, ÇKKV arasından tercih edilen AHP yöntemi kullanılarak kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir. Ardından elde edilen kriter ağırlıkları, TOPSIS yönteminde kullanılarak alternatiflerin sıralaması gerçekleştirilmiştir. Literatürde İHA seçimi konusuna dair farklı çalışmalar bulunmasına rağmen, afet durumlarında uygun İHA seçimine özel bir vurgu yapan bir araştırmaya henüz çalışmalara rastlanmıştır. Bu çalışmada, özellikle afet durumlarına özgü İHA seçimi probleminde odaklanılarak literatüre özgün bir katkı sağlanması hedeflenmektedir. Kargo taşımacılığı¹¹, trafik yönetimi⁵ ve haritalama³⁵ gibi alanlarda AHP, TOPSIS ve PROMETHEE gibi yöntemlerin kullanıldığı çeşitli çalışmalara rastlanmıştır. Ancak, afet durumlarında uygun İHA

seçimine odaklanan ve bu bağlamda AHP ve TOPSIS gibi yöntemlerin incelendiği özel bir araştırmaya henüz rastlanmamıştır. Afet yönetimi süreçlerinde kurtarma operasyonları ve acil durum müdahalelerinde İHA'ların etkin kullanımının, yönetim sürecine önemli katkılar sağlayabileceği düşünülmektedir. Bu bağlamda, afet yönetiminde İHA kullanımıyla ilgili araştırma ve çalışmaların geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Etik

Etik komite onayı: Yok.

Bilgilendirilmiş onay: Yok.

Akran İncelemesi

İç ve dış inceleme yapılmıştır.

Yazarların Katkısı

HS: Bilimsel yayın araştırılması, yöntemin uygunluk araştırması, verilerin toplanması ve düzenlenmesi, yöntemlerin uygulanması ve sonuçların yorumlanması ve makalenin oluşturulması. BNA: Bilimsel yayın araştırılması, yöntemin uygunluk araştırması, verilerin toplanması ve düzenlenmesi, yöntemlerin uygulanması ve sonuçların yorumlanması

ve makalenin oluşturulması. EG: Yöntemlerin uygulanması ve sonuçların yorumlanması, yöntem uygunluk incelemesi, uygulama süreç incelemesi, sonuçların incelenmesi ve genel makale incelemesi. TE: Bilimsel yayın araştırması yeterliliğinin incelenmesi, yöntem uygunluk incelemesi, uygulama süreç incelemesi, sonuçların incelenmesi ve genel makale incelemesi.

Çıkar Çatışması

Yazarherhangi bir çıkar çatışması beyan etmemektedir.

Finansman

Herhangi bir kurumdan fon desteği alınarak yapılmamıştır.

KAYNAKLAR

1. Şahin C., Şipahioğlu Ş. Doğal Afetler ve Türkiye. *Gündüz Eğ. ve Yay.* 2002:478.
2. Güven E., Eren T. İl Afet Risk Azaltma Planı Çerçevesinde Analitik Ağ Prosesi Yöntemi ile Kriter Ağırlıklandırma: Kırıkkale İli İçin Bir Örnek. *Afet ve Risk Dergisi.* 2023;6(2):401-414.
3. Thiels C. A., Aho J. M., Zietlow S. P., & Jenkins D. H. Use Of Unmanned Aerial Vehicles For Medical Product Transport. *Air Medical Journal.* 2015;34(2):104-108.
4. Eren T., Arslan B.E., Güven E. Afet Durumunda Arama Kurtarma Malzemelerinin Sevkiyatı İçin İnsansız Hava Araçlarının Seçimi. *Dirençlilik Dergisi.* 2023;7(2):293-303.
5. Hamurcu M., Eren T. Selection And Ranking Of The Most Suitable Drones For Sustainable Traffic Management Using Multi-Criteria Analysis Approach. 2021;1-25.
6. Akpınar M.E. Unmanned Aerial Vehicle Selection Using Fuzzy Choquet Integral. *Journal Of Aeronautics And Space Technologies.* 2021;14(2):119-126.
7. Keleş N. Armed unmanned aerial vehicle selection. 2022
8. Tekinay ON., Bozoğlu Batı G. Askeri Alanlarda Kullanılmak Üzere İnsansız Hava Aracı (İHA) Sistemleri Seçiminde TOPSIS ve Bulanık TOPSIS Yönteminin Kullanılması. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi.* 2022;44(1):78-103.
9. Altundaş A., Kurtay KG., Erol S. Sınır Güvenliği ve Müdahale Görevi Yapan İHA'ların ÇKKV Yöntemleri ile Değerlendirilmesi. *Savunma Bilimleri Dergisi.* 2022;(42):155-185.
10. Arslan N., Kılıç Delice E. Kemıra-M Yöntemi ile Kişisel Kullanıcılar İçin Dron Seçimi: Bir Uygulama. *Endüstri Mühendisliği.* 2020;31(2):159-179.
11. Kara M., Yumuşak R., Eren T. Acil Yardım Müdahalesi Yapan Birimler İçin Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ile Kargo Drone Seçimi. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi.* 2022;4(2):38-45
12. Kara M., Yumuşak R., Eren T. Anız Yangınlarına Müdahale İçin İtfaiye Drone Seçimi: Giresun Örneği. *Havacılık Araştırmaları Dergisi.* 2023;5(1).
13. Yılmaz Ü. İnsani Yardım Lojistiği Faaliyetlerinde İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları. *Türkiye Mesleki ve Sosyal Bilimler Dergisi.* 2019;(2):43-54.
14. Berie H.T., Burud I. Application Of Unmanned Aerial Vehicles In Earth Resources Monitoring: Focus On Evaluating Potentials For Forest Monitoring In Ethiopia. *European Journal Of Remote Sensing.* 2018;51(1):326-335.
15. Fırat S. & Dabak R. Afetlerde Yardım Malzemeleri Ulaştırmasında İnsansız Hava Aracı Kullanımı. *Meriç Uluslararası Sosyal ve Stratejik Araştırmalar Dergisi.* 2023;7(Özel Sayı): 35-58.
16. Haliloğlu M., Odabaş M.S. Çok Ölçütlü Karar Vermede AHP Yöntemi. *Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi.* 2018;2(2):13-18.
17. Turan G. Çok Kriterli Karar Verme. B. F. Yıldırım, & E. Önder içinde. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri. Dora Basım Yayınları. 2018:15-20.
18. Taş M., Özlemiş Ş.N., Hamurcu M. & Eren T. Ankara'da AHP ve PROMETHEE Yaklaşımıyla Monoray Hat Tipinin Belirlenmesi. *Ekonomi İşletme Siyaset ve Uluslararası İlişkiler Dergisi.* 2017;3(1):65-89.
19. Özcan E.C., Danişan T., Yumuşak R. & Eren, T. An Artificial Neural Network Model Supported With Multi Criteria Decision Making Approaches For Maintenance Planning In Hydroelectric Power Plants. *Eksploatacja I Niezawodność- Maintenance And Reliability.* 2020;21(3):400-418.
20. Yumuşak R., Özcan E.C., Danişan T. & Eren T. AHP TOPSIS-Tam Sayılı Programlama Entegrasyonu ile Hidroelektrik Santrallarda Bakım Strateji Optimizasyonu. Uluslararası GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Kongresi. 2018:80-84
21. Yaralıoğlu K. Performans Değerlendirmede Analitik Hiyerarşi Prosesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi.* 2001;16(1):129-142.
22. Danişan T., Özcan E., ve Eren T. Personnel selection with multi-criteria decision-making methods in the ready-to-wear sector. *Tehnički vjesnik.* 2022;29(4):1339-1347.
23. Özdemir A. İ., & Seçme Y.N. İki Aşamalı Stratejik Tedarikçi Seçiminin Bulanık TOPSIS Yöntemi ile Analizi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi.* 2009;11(2):79-112.
24. Erol E., Özcan E., Eren T. Elektrik üretim santrallerinde iş güvenliği uzmanı seçiminde hibrit bir karar modeli. *Journal of Turkish Operations Management.* 2021;5(1):615-629
25. Yavaş H. Doğal Afetler Yönüyle Türkiye'de Belediyelerde Kriz Yönetimi. Orion Yayınevi. 2005.
26. Liu P., Chen A. Y., Huang Y. N., Han J. Y., Lai J. S., Kang S. C., Wu T. H., Wen M. C. ve Tsai M. A Review Of Rotorcraft Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Developments And Applications In Civil Engineering. *Smart Structures And Systems,* 2014;13(6):1065-1094.

27. Kersten T., Wolf J., Lindstaedt M. Investigations Into The Accuracy Of The Uav System DJI MATRICE 300 Rtk With The Sensors Zenmuse P1 And L1 In The Hamburg Test Field. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2022.
28. Agapiou A. Vegetation Extraction Using Visible-Bands from Openly Licensed Unmanned Aerial Vehicle Imagery. *Drones*. 2020; 4(2):27.
29. Ubina N.A., Cheng S.C. A Review of Unmanned System Technologies with Its Application to Aquaculture Farm Monitoring and Management. *Drones*. 2022;6(12).
30. Pell T., Li J.Y.Q., Joyce K.E. Demystifying the Differences between Structure-from-Motion Software Packages for Pre-Processing Drone Data. *Drones*. 2022;6(24).
31. McCormack T., & Hopkins J. Relating Wave Geometry And Surface Dynamics To Subsurface Velocities. *Coastal Engineering Proceedings*. 2023;(37):79.
32. Altun A.T., Gürsoy Ö. Accuracy of Unmanned Aerial Vehicle Data in Topographic Maps Production. *Journal of Engineering Faculty*. 2023;1(2):55-65
33. Lee K.W., Park J.K. Comparison of UAV Image and UAV LiDAR for Construction of 3D Geospatial Information. *Sensors and Materials*. 2019;31(10):3327-3334.
34. Berie, H. T., ve Burud, I. Application of unmanned aerial vehicles in earth resources monitoring: Focus on evaluating potentials for forest monitoring in Ethiopia. *European journal of remote sensing*. 2018;51(1):326-335.
35. Coşkun M. Z. Düşük Maliyetli İHA (İnsansız Hava Aracı) ile Mobil Harita Üretiminin Bugünü ve Geleceği. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*. 2012;4(2):11-18