

Sağlık Sektöründe İlaç Dağıtımını İçin Kullanılacak Olan Dronların Seçiminde ÇKKV Yöntemlerinin Uygulanması

Elif DEMİR^{1*}  Esra BOZ² 

¹ KTO Karatay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı, Konya, Türkiye

² KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

Makale Bilgisi

ÖZET

Geliş Tarihi: 28.02.2024
Kabul Tarihi: 24.04.2024
Yayın Tarihi: 31.12.2024

Anahtar Kelimeler:
Dron seçim problemi,
DEMATEL,
SWARA,
MAUT.

İnsansız Hava Aracı (İHA) genellikle uzaktan kumanda veya otomatik kontrol sistemleriyle yönlendirilen, insansız olarak uçabilen bir hava aracıdır. Dron olarak bilinen İHA'lar, ilk olarak hava araçlarında kullanılmak üzere oluşturulmuş ve ardından farklı alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır. Dronlar özellikle sağlık sektöründe giderek daha yaygın hale gelmektedir. Sağlık sektöründe, özellikle depolardan eczanelere ilaç teslimatı konusunda sürekli bir aciliyet söz konusudur. Bu yüzden günümüzde acil olarak sipariş edilen ilaçların kullanılması için dronlar tercih edilmeye başlanmıştır. Ancak, bu dronların kullanılmadan önce analiz edilmesi, incelenmesi ve uygun dronun seçilmesi gerekmektedir. Böylelikle Dron Seçim Problemi ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada ilgili problem ele alınmış, problemin çözümünde ise Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri incelenmiştir. Bu yöntemler arasında DEMATEL ve SWARA yöntemleri kriter ağırlıklandırma için uygulanmış ve alternatiflerin sıralanması için MAUT yöntemi kullanılmıştır. Devamında, MAUT yöntemi ile bulunan sonuçlar analiz edilmiştir. Bu çalışmanın amacı, merkez ilaç depolarından eczanelere ilaç dağıtım sürecinde kullanılan dronların seçiminde rol oynayan kriterleri ve önem düzeylerini belirlemek, ayrıca alternatifleri sıralayarak en uygun dronun seçilmesini sağlamak ve böylelikle hem alana hem de literatüre katkıda bulunmaktır.

Multi-Criteria Decision-Making Methods in the Selection of Drones to be Used for Drug Distribution in the Healthcare Sector

Article Info

ABSTRACT

Received: 28.02.2024
Accepted: 24.04.2024
Published: 31.12.2024

Keywords:
Drone selection problem,
DEMATEL,
SWARA,
MAUT.

An Unmanned Aerial Vehicle (UAV), commonly known as a drone, is an aircraft that can fly without a human pilot on board and is typically guided by remote control or automatic control systems. Originally developed for use in aircraft, drones have since found applications in various fields. Drones, particularly in the healthcare sector, are becoming increasingly prevalent. In the healthcare sector, there is a constant urgency, especially in the delivery of drugs from warehouses to pharmacies. Therefore, drones have started to be preferred for the urgent delivery of ordered medications today. However, before using these drones, it is necessary to analyze, examine, and select the appropriate drone. Thus, the Drone Selection Problem arises. This study addresses the relevant problem and examines Multi-Criteria Decision-Making methods for its solution. Among these methods, DEMATEL and SWARA methods are applied for criterion weighting, and the MAUT method is used for ranking alternatives. Subsequently, the results obtained with the MAUT method are analyzed. This study aims to determine the criteria and their importance levels that play a role in the selection of drones used in the distribution process of drugs from central drug depots to pharmacies, to rank the alternatives, and thus to contribute to both the field and the literature.

To cite this article:

Demir, E. & Boz, E. (2024). Sağlık sektöründe ilaç dağıtımını için kullanılacak olan dronların seçiminde ÇKKV yöntemlerinin uygulanması. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(3), X-X. <https://doi.org/10.47112/neufmbd.2024.54>

*Sorumlu Yazar: Elif Demir, elfdmr42@hotmail.com



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

GİRİŞ (INTRODUCTION)

"İnsansız Hava Aracı (İHA)" terimi, insanlar tarafından kullanılmayan, uzaktan kumandalı, otonom veya güdümlü hava araçlarını ifade etmektedir [1]. Dron olarak bilinen İHA' lar, ilk olarak hava araçlarında kullanılmak üzere üretilmiştir. Dronlar herhangi bir altyapıya ihtiyaç duymadan rahatlıkla hareket edebilen, tehlikeli bölgelere kolay ulaşabilen yolcusuz araçlar olduğundan dolayı, yerden ve enerjiden tasarruf sağlamaktadır [2]. Dronlar mükemmel hareket kabiliyeti ve özellikleri nedeniyle lojistik, savunma, gözetleme, tarım, sağlık, arama kurtarma ve eğlence sektörlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır [3]. Bazı örnekler: 2008 yılında Katrina Kasırgası'nın ardından ABD'de dron, askeri amaçlar dışında insani amaçlarla da kullanılmaya başlandı [4]. Bu olay nedeniyle dronlar insanlığa hizmet aracı olarak görülmeye başlandı. Daha sonra 2010 yılında Parrot şirketi, akıllı telefonda çalıştırılabilen, görüntü ve video kayıt özelliklerine sahip bir dron tanıttı [5]. Dronlar ilk kez 2014 yılında film, televizyon ve yapım şirketleri tarafından görsel yayınlarda kullanıldı [6]. Facebook, en uzak noktalara bile internet olmadan internet sunabilmek için 2017 yılında güneş enerjisiyle çalışan dronlar geliştirmeye başladı [7]. Dronlu bir güvenlik sistemi, ormanlardaki fil popülasyonlarını korumak amacıyla 2018 yılında Hindistan' da geliştirilmiştir. Zipline firması, 2016 yılında Afrika'nın Ruanda eyaletinde ilaç dağıtımına başlamıştır. Ayrıca, Matternet firması, 2012 yılında Haiti'deki mülteci kamplarına ilaç göndermek için insansız hava araçlarını kullanmaya başlamıştır. Bu kullanımın bulguları, iki kilogramlık bir kargoyu on kilometrelik bir mesafeye ulaştırmanın çok pahalı olduğunu göstermektedir [8]. Zipline, dron ile daha uzun mesafeler taşımanın daha etkili olduğunu keşfetmiş ve günde ortalama 1400 kan örneği Ruanda'daki dağıtım merkezine 75 km mesafede bulunan hastanelere taşımıştır [9]. ABD ve diğer ülkeler, Zipline'in dron taşımacılığıyla Ruanda'da nüfusun %90' ından fazlasına ulaşma yeteneğine sahip olduğu için bu hizmeti kullanmaya teşvik edilmiştir [10]. Sağlık sektöründe acil durumlarla karşılaşılması, özellikle depolardan eczanelere ilaç tedarikinin hızlı ve etkili bir şekilde gerçekleştirilmesi, eczaneler için oldukça önemlidir. Bu nedenle günümüzde özellikle acil ilaç siparişleri için dron kullanımı tercih edilmeye başlanmıştır. Ancak bu dronların kullanımından önce, eczacıların ihtiyaçları doğrultusunda kapsamlı bir analiz ve inceleme sürecini tamamlamaları gerekmektedir. Bu analiz ve inceleme doğrultusunda verilmesi gereken karar, ilaç teslimatında kullanılacak olan dronun uygunluğu kararıdır. Böylelikle Dron Seçim Problemi ortaya çıkmış olmaktadır.

Bu çalışmada Dron Seçim Problemi incelenmiş olup, problemin çözümünde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılmıştır. ÇKKV yöntemleri arasından ağırlıklandırma için kullanılan yöntemlerden olan DEMATEL ve SWARA yöntemleri uygulanmış ve seçilen kriterlerin önem ağırlıkları iki yöntemle de ayrı ayrı belirlenmiştir. Bu çalışmada ilk olarak, eczacıların dron seçerken önem verdikleri hususların belirlenmesi amaçlanmış ve DEMATEL yöntemi kullanılarak en etkili ve en etkisiz kriterler belirlenmiştir. Bu kriterlerin belirlenmesi için eczacı ve ecza deposunda görevli beş uzman kişinin görüşüne başvurulmuştur. Uzmanlar seçilirken, uzun süredir sektörde çalışmış olmalarına dikkat edilmiştir. Çünkü tecrübeli eczacılar ve ecza deposu çalışanları, kriterlerin ne kadar önemli olduğunu daha iyi anlayabilmekte ve bu kriterleri seçerken derinlemesine analiz edebilmektedir.

Bu çalışmada uygulanan yöntem olan DEMATEL yöntemi, karmaşık bir yapısal modeldeki faktörler arasında nedensellik ilişkilerini kurarak ve analiz ederek sistemin etkisini değerlendirmeye yardımcı olan kapsamlı bir yöntemdir [11]. Ayrıca bu çalışmada SWARA yöntemi ise kriterlerin oransal olarak birbirlerine olan üstünlüklerin hesaba katılmasına dayanan bir kriter ağırlığı belirleme yöntemidir [11]. Bu çalışmada SWARA yöntemine başvurulmasının nedeni, bu yöntemin uzmanların sürece katılmalarını sağlamasıdır [11]. Bu yaklaşımın uygulanması için beş uzman görüşü alınmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir. Sonuç olarak, kriterlerin ağırlıkları DEMATEL ve SWARA yöntemlerini kullanarak elde edildikten sonra Ağırlık Ortalama yöntemi kullanılmıştır. Sonuca ulaşmak için dron alternatiflerinin (seçeneklerinin) sıralanması, ÇKKV

yöntemlerinden biri olan MAUT yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. MAUT yöntemi sistematik bir yaklaşımdır ve bir karara varmak, ortak bir temel sağlamak için bir dizi değişkeni tanımlar ve analiz eder [11]. Böylece, sonuç olarak yedi farklı alternatif arasından en iyisi seçilmiştir.

Mevcut literatürde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri konusunda oldukça fazla çalışma bulunmaktadır [12,13,14]. Ayrıca, ecza depolarından eczanelere ilaç taşınmasına yönelik olarak dron seçimi ile ilgili bir çalışma literatürde bulunmamaktadır. Belirtilen süreç de sağlık sektöründe uygulanmaktadır ancak özele inildiği zaman diğer süreçlerle birbirinden farklı durumdadır. Bu yüzden bu çalışma literatürde ecza depoları ile eczaneler arasındaki ilaç taşınmasında kullanılan dronların seçimine yönelik literatürde ilk çalışmadır. Bu çalışma ile, dron seçimi için oluşturulan bazı kriterler literatüre eklenmiştir. Ayrıca, DEMATEL, SWARA ve MAUT yöntemleri bütünlük olarak ilk kez bu çalışmada kullanılmıştır. Bu yöntemlerin bir arada kullanılması; problemin daha kapsamlı olarak incelenmesini, çıktılarının daha güvenli olmasını, karar alma sürecinin daha esnek ve uyarlanabilir olmasını sağlar. Dahası bu durumda kriterler daha etkin bir şekilde yönetilebilir, böylelikle karar alma süreci daha geniş bir perspektif kazanır. Hem literatürdeki hem de alandaki dron çeşitleri arttıkça, dronların seçimi ile ilgili de bir karmaşa oluşmaktadır. Bu yüzden bu çalışmanın öncelikli amacı bu karmaşayı gidermek, özellikle sağlık sektöründe eczanelerde kullanılacak olan dronun seçimi için literatüre katkıda bulunmak ve ilgili alandaki uzmanlara da destek olmaktır.

Bu çalışmanın dayandığı araştırma sorunları aşağıda belirtildiği üzeredir:

1. Ecza depolarından eczanelere ilaç dağıtım sürecinde dronlar ile dağıtım yapılması durumunda kullanılacak olan dronların seçiminde etki eden kriterler neler ve bu kriterlerin önem düzeyleri nedir?
2. Dron seçimi için yeni bir ÇKKV yaklaşımı önerilebilir mi?
3. Mevcut bulunan alternatif dronlar arasından karar verici görüşlerine göre Dematel, Swara ve Maut yöntemlerinin entegre olarak kullanılması ile hangi dron seçilir?

Bu çalışma izleyen şekilde belirtildiği üzere ilerlemektedir: İkinci bölümde literatür taraması sunulmuş, literatürde mevcut bulunan çalışmalar aktarılmış ve bu çalışmaların literatüre katkıları da ayrıca belirtilmiştir. Sonraki bölümde kriter seçiminden bahsedilmiş, kriterlerin neler olduğundan ve nasıl belirlendiği ifade edilmiştir. Ardından, çalışmada kullanılan ÇKKV yöntemleri ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır. Devamında bulgulara yer verilmiş, yöntemlerden ayrı ayrı elde edilen sonuçlar açıklanmıştır. Son olarak sonuç bölümünde belirtildiği gibi çalışmanın sonucu, kısıtlılıkları ve gelecek çalışmalar için öneriler yer almaktadır.

LİTERATÜR TARAMASI (LITERATURE REVIEW)

Literatürde dron özelinde yapılan pek çok çalışma bulunmaktadır. Ancak bunlar genellikle bir dronun teknik konuları ile ilgili olmakla birlikte dronun dağıtım problemlerinde kullanılmasıyla ilgili olabilmektedir. Yapılan alan araştırması kapsamında aşağıda belirtilen çalışmalara ulaşılmaktadır. Ancak burada verilen çalışmalar örnek niteliğinde olup literatürün tamamı eklenmemiştir.

Kahveci ve Can [15] tarafından yürütülen çalışmada İHA' lara yönelik çeşitli araştırmalarda bulunulmuştur. Yazarlar İHA' ların yasal çerçeveleri konusunda toplu çalışmalarını inceleyerek, Türkiye ve Dünyadaki İHA mevzuatına ilişkin durumu belirlemiş; askeri, sivil ve bilimsel amaçlı kullanımlarının gelecekte daha fazla gündeme geleceğini ifade etmişlerdir. Koshta vd. [16] tarafından yürütülen çalışmada, Covid-19 nedeniyle ülkelerin karantinaya alınması ve ulaşım araçlarının malları satıcıdan alıcıya taşıma konusunda zorluk yaşaması nedeniyle, insanların dronlar aracılığıyla gıda, ilaç ve diğer temel ihtiyaçlara erişmesini ele almışlardır. Singireddy vd. [17] tarafından yürütülen çalışmada Amazon'un en yeni hizmeti olan Amazon Prime Air evlere 30 dakikalık teslimat sunan dronlarına

yönelik bir teknoloji yol haritası oluşturmasını ele almışlardır. Çalışma neticesinde dronların mümkün olan her konuda insanlara yardımcı olabildiği kanıtlanmıştır. Koiwanit [18] tarafından yürütülen çalışmada Tayland'da dron teslimatına ilişkin bir yaşam döngüsünü incelemiştir. Yaşam döngüsü etki değerlendirmesi yöntemi olan CML2001 çalışmada kullanmış ve sonuç olarak dron teslimatını kullanan çevrimiçi alışveriş sistemlerinin en çevre dostu tedarik seçeneklerinden biri olduğuna ulaşılmıştır. Yoo vd. [19] tarafından yürütülen çalışmada 296 ABD'li tüketicinin katılım sağladığı çevrimiçi anket aracılığıyla dron teslimat hizmetine yönelik tüketicilerin tutum ve niyetlerini etkileyen faktörlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu anket sonucunda performans ve gizlilik riskinin yanı sıra hız ve çevre dostu olması dron teslimatının belirlenmesinde olumlu etkiye sahip olduğu, ancak müşterinin ikamet ettiği bölgeye göre farklılıklar oluşturacağı sonucuna varılmıştır. Rabta vd. [20] tarafından yürütülen çalışmada sağlık ekiplerinin ulaşılması zor konumlara tıbbi yardımlarda dron kullanım uygulaması ele alınmıştır. Çalışmada tıbbi yardım malzeme paketinin teslimatına yönelik bir optimizasyon modeli sunulmuştur. Bu model doğrultusunda taşıma mesafesinin uzatılmasına yönelik şarj istasyonlarının kurulması gerektiği ifade edilmiştir. Yılmaz [21] tarafından yürütülen çalışmada beklenmeyen afet olaylarına karşın etkilerin analiz edilmesi ve izlenmesi için İHA araçlarının kullanım alanları belirlenmiştir. Bu araştırma ile; insani yardım lojistiği ve insani yardım araçlarının mevcut ve olası kullanımları hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca coğrafik engellerle başa çıkmanın yolları ve İHA araçlarının kullanımı araştırılmıştır. Hi vd. [22] tarafından yürütülen çalışmada dron teslimatında taşınacak ilaçların kalitesi üzerindeki etkisi test edilmiştir. Tıbbi ürünlerin dron ile taşınmasının mümkün olduğuna dair destekleyici kanıtlar sunulmuştur. Yapılan testlerin güvenli uçuş süresinin ve menzilin, uçuş sonrası ilacın kalitesinin, ilacın uçakta yaşadığı koşulların, dron tedarik zincirinin güvenliğinin ve dron arızasının hem ilaç hem de çevre üzerindeki etkisinin belirlenmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Raj ve Sah [23] tarafından yürütülen çalışmada, dron kullanımı trafik yoğunluğunu önleyerek teslimat süresini kısaltabilir ve bilinen ulaşım yöntemlerine kıyasla karbon ayak izini azaltabilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Zailani vd. [24] tarafından yürütülen çalışmada sağlık sisteminde tıbbi malzemelerin dağıtımının çok büyük bir potansiyele sahip olduğu düşünüldüğünde, dron taşımacılığının anne sağlığı üzerindeki olumlu etkisine dair bilimsel kanıtlar incelenmiştir. Chung [25] tarafından yürütülen çalışmada sivil uygulama alanlarında dron ve kamyon operasyonlarının optimizasyonu ile ilgili yöntemler araştırılmıştır. Ergunşah ve Koşunalp [26] tarafından yürütülen çalışmada İHA'ların gelişen teknolojiyle birçok alana yayılması detaylı bir şekilde incelenmiş ve İHA'lara genel bir değerlendirme yaparak önemli hususlar ve İHA'ya dayalı çevresel uygulamalar sunulmuştur. Bu çalışma İHA alanında çalışma yapacak araştırmacılara temel bilgileri kazandırıp yol gösterici olmayı amaçlamaktadır. Osakwe vd. [27] tarafından yürütülen çalışmada gelecek yıllarda dron kullanımı göz önünde bulundurularak Avrupalı Y kuşağı tüketicilerinin dron kullanımındaki tercihlerine yönelik tutum ve arzularının etkisi araştırılmıştır. Zhu vd. [28] tarafından yürütülen çalışmada beklenmedik bir felaketin ardından İHA'ların acil yardım malzemelerini ihtiyaç duyulan yerlere nasıl dağıtılacağı araştırılmıştır. Rave vd. [29] tarafından yürütülen çalışmada birden fazla eczanenin tedarikçisi olan bir toptancının ilaçların acil teslimatı için dronları entegre etmeyi planladığı bir sorun üzerinde durulmuştur. Bu sorunun sonuçları doğrultusunda en az %91,4'lük bir tedarik oranı ve hizmet seviyesi ile %19,6'ya kadar maliyet tasarrufu elde edildiği, öte yandan talep artması ve dron özelliklerinin iyileştirilmesiyle %99'un üzerinde tedarik oranı ve hizmet seviyesi ile maliyetler %51,7'ye kadar azaltılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Atılğan ve Bozkurt [30] tarafından yürütülen çalışmada dron aracılığıyla ürün tedarikine ilişkin değişkenlerin tüketici tutum ve tavırları üzerindeki etkisi incelemiş, 294 bireyle yapılan anket sonucunda istatistiksel analizler yapılmıştır. Aktaş ve Kabak [31] tarafından yürütülen çalışmada teslimat operasyonları için kullanılacak olan dronun seçimine odaklanılmış ve bu seçim için ÇKKV yöntemlerinden olan WASPAS yöntemine dayanan bir analitik model önerilmiştir.

İncelenen çalışmalar ışığında, genel olarak bakıldığında literatürde dron özelinde pek çok çalışma olduğu tespit edilmiştir. Sağlık sektörü olarak incelendiği zaman ise hastalara dron ile ilaç taşıma, müşteri beklentileri, sağlık sektöründe dron seçimi gibi çalışmaların olduğu gözlemlenmiştir. Ancak, özele inildiği zaman, bu çalışmada yapıldığı gibi ecza depolarından eczaneler arasındaki taşımalar için dron seçimine yönelik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle bu çalışma, bu spesifik noktayı aydınlatmayı amaçlamaktadır.

KRİTER SEÇİMİ (SELECTION OF CRITERIA)

İlaç dağıtımı için kullanılacak olan dron seçimi için ilgili alanın araştırılması esnasında, çok az çalışmaya rastlanmış olup ilgili makalelerden kriterler incelenmiş ve uzman kişilerle görüşülerek bir son kriter yapısı oluşturulmuştur. Bu görüşmeler ecza depolarından eczanelere ilaç teslimatı sürecinde dikkate alınması gereken hususları ve teslimat sürecinde yapılacak iyileştirmeleri kapsamaktadır. Bu bağlamda Tablo 1’de verildiği üzere genel anlamda; hız, ağırlık, uçuş süresi, fiyat, engel sensörü, otomatik rota ve boyut olmak üzere yedi ana kriter oluşturulmuştur.

Tablo 1
Kriter Tanımları

KRİTER	TANIM	ÇALIŞMA	YÖN
Hız (C1)	Depo ile eczane arasında geçen süreyi etkilemektedir. İlaç ihtiyacı acil olabilmesinden dolayı, hız önemli bir faktördür.	[32]	Fayda
Ağırlık (C2)	Dronun taşıyabileceği maximum ağırlık kapasitesi	[32]	Fayda
Uçuş Süresi (C3)	Dronun ecza deposu ile eczane arasında ilaç ulaştırmak için geçirdiği süre.	[32], [33]	Fayda
Fiyat (C4)	Dronu satın alacak kişinin karşılığında ödemek zorunda olduğu meblağ.	[32], [33]	Maliyet
Engel Sensörü (C5)	Dronların uçuşu esnasında karşılaşılabilecek engeller karşısında devreye giren sensörü ifade etmektedir. Araç engelle ne kadar duyarlı olursa o kadar sağlıklı bir uçuş gerçekleştirir.	Uzman görüşü	Fayda
Otomatik Rota (C6)	Dronların programlanan koordinatları takip ederek otomatik bir şekilde belirli doğrultularda ilerlemesidir.	Uzman görüşü	Fayda
Boyut (C7)	İlaç taşımada kullanılacak dronların boyutu taşınacak ilaçla doğru orantılı olduğu için önemli bir kriterdir.	[32]	Fayda

YÖNTEMLER (METHODS)

Bu çalışmada, ilaç dağıtımı için kullanılacak olan dronların seçiminde ÇKKV yöntemlerden üç yöntem bütünsel olarak uygulanmaktadır. Bu yöntemler içerisinde ilk olarak DEMATEL ve SWARA yöntemi kriterlerin ağırlıklarının hesaplanmasında kullanılmıştır. Bu yöntemlerin tercih edilmesinin sebebi kriterlerin neden-sonuç ilişkilerini, ikili karşılaştırmaya dayanarak AHP yöntemine göre oldukça az sayıda karşılaştırma ile sonuca ulaşılıyor olmasıdır. Bu iki yöntemle ayrı ayrı belirlenen kriterlerin ağırlıklarının ortalaması Puan Ortalama Yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Elde edilen ortak kriter ağırlıklarının sıralanması için MAUT yöntemine başvurulmuştur. MAUT yöntemi çok sistematik bir yöntem olup bir karar verme probleminde kriterler arasında denge ve uzlaşma sağlamak için etkili ve kabul edilebilir bir çözüm sağlar. Kullanılan üç yöntemin sonuçları doğrultusunda dron seçim problemi için ilgili çözüm uygulanmıştır.

DEMATEL ile Kriter Ağırlıklandırma

DEMATEL, özellikle karmaşık bir yapısal modeldeki faktörlerin nedensellik ilişkilerini kurarak ve analiz ederek sistemin etkisini değerlendirmeye yardımcı olan bir yöntemdir [34]. DEMATEL yönteminde dolaylı ilişkiler, uzlaşmacı bir neden-sonuç modeli kullanır. Bu, karmaşık sistemlerin

neden-sonuç ilişkilerini daha iyi kavrayabilir ve analiz edebilir [35]. Bu yaklaşım, uzmanların bilgisi kullanılarak yapısal bir modelin geliştirilmesi ve analiz edilmesi için kullanılır [36]. DEMATEL, kriter ağırlıklarını belirlemede başarılı olsa da alternatiflerin derecelendirilmesi için ÇKKV yöntemleriyle birlikte kullanılması çok daha uygundur.

DEMATEL yöntemi altı adımdan oluşmaktadır [37];

Adım 1: Direk İlişki Matrisi

İlk adımda, uzmanların kriterler arasındaki ilişkiyi değerlendirebilmesi için ikili karşılaştırma ölçeği kullanılır. Elde edilen değerler matrisi yerleştirilir ve böylece köşegenleri sıfır olan asimetrik bir matris oluşturulur. Oluşturulan matris direkt ilişki matrisi (X) olarak adlandırılır.

$$X = \begin{bmatrix} 0 & \cdots & X_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Adım 2: Toplam ilişki matrisi

Direkt ilişki matrisini elde ettikten sonra Eşitlik (2)'de gösterildiği gibi, her sütun ve satır için en yüksek değer bulunur.

$$S = \max (\max \sum_{i=1}^n X_{ij}, \sum_{i=1}^n X_{ij}) \quad (2)$$

Adım 3: Eşitlik (3) ile gösterildiği gibi C matrisi birim matristen çıkarılır, tersi alınır ve ardından tekrar C matrisi ile çarpılır.

$$F = C + C^2 + C^3 + \cdots + C^H = C(1 - C)^{-1} \quad (3)$$

Bunun sonucunda toplam ilişki matrisi (F) bulunur.

Adım 4: Bu adımda, toplam ilişki matrisi (F), etkileyen ve etkilenen faktör gruplarını bulmak ve net etki derecelerini hesaplamak için bulunur. Daha sonra, satır ve sütun toplamaları gösterilir.

Her bir kriter için bu değerlerin hesaplanması gerçekleştirilir. Satırların toplamı (Di) ve sütunların toplamı (Ri), bir kriterin diğer kriterlerin toplamını doğrudan veya dolaylı olarak etkilediğini ifade etmektedir. Kriterler özelinde Di+Ri gönderilen ve alınan etki değerinin yanı sıra Di-Ri kriterinin sistem üzerindeki toplam etkisini gösterir. Di+Ri kriterin sistem içinde ne kadar önemli olduğunu gösterir. Di-Ri değeri pozitif olduğunda etkileyen, negatif olduğunda etkilenen anlamına gelir.

Adım 5: Kriter ağırlıklarını elde etmek için kökteki Di+Ri ve Di-Ri karesinin toplamı alınır.

$$W_i \sqrt{(D_i + R_i)^2 + (D_i - R_i)^2} \quad (4)$$

Devamında, her bir ağırlık, toplam ağırlık miktarına bölünür.

$$W_i \frac{W_{ia}}{\sum_{i=1}^n W_{ia}} \quad (5)$$

Böylece kriter ağırlıkları belirlenebilir. Devamında kriterlerin ağırlıklarına göre faktörler sırası bulunur.

Adım 6: Bu aşamada etki yönünün dağılım diyagramını çizmek için matrisin eşiğini belirlemek gerekir. Eşik değerleri uzmanlar tarafından bulunabilir; ancak böyle bir durum yapılamadığında ise toplam ilişki matrisi ortalamasına ulaşılabilir.

SWARA ile Kriter Ağırlıklandırma

Keršulienė, Zavadskas ve Turskis tarafından 2010 yılında geliştirilen SWARA yöntemi literatürde uzman odaklı olarak bilinen bir yaklaşımdır. ÇKKV problemlerinde kriter ağırlıklarının

belirlenmesi için son zamanlarda sıklıkla kullanılan bir yöntemdir [38]. SWARA, uzmanların değerlendirme kriterlerinin önem oranı ile ilgili görüşlerini karar verme sürecine dahil etmelerine izin verir, bu yöntemin temelini oluşturan uzmanların belirledikleri önem oranlarıdır [39]. SWARA yöntemi beş adımdan oluşmaktadır [40-42];

Adım 1. Kriterlerin önemliliklerine göre sıralanması: Kriterler beklenen önemleri göz önünde bulundurularak azalan (önemliden önemsizye doğru) bir şekilde sıralanır.

Adım 2. Kriterlerin başlangıç önceliklerinin belirlenmesi: Karar verici, ikinci kriterden başlayarak her bir kriterin kendinden önceki veya daha önemli olduğu düşünülen kriterlere göre (0,1] aralığında değerlendirilir. Değerlendirilmenin “1” olması kriterlerin eşit önemde olduğu anlamına gelir. Sonuç olarak s_j değeri elde edilmiş olur.

Adım 3. k_j katsayısının hesaplanması: Üçüncü adımda k_j değeri aşağıdaki Eşitlik (6) aracılığıyla hesaplanmaktadır.

$$k_j = \begin{cases} 1 & j=1 \\ s_j + 1 & j>1 \end{cases} \quad (6)$$

Adım 4. Başlangıç ağırlıklarının tespiti: Eşitlik (7) aracılığıyla q_j önem ağırlığı elde edilir.

$$q_j = \begin{cases} 1 & j=1 \\ \frac{q_{j-1}}{k_j} & j>1 \end{cases} \quad (7)$$

Adım 5. Göreli ağırlıkların hesaplanması: Son adımda ise kriterlerin önem ya da göreceli ağırlıkları Eşitlik (8) aracılığıyla bulunur. Burada n , kriter sayısını gösterir.

$$w_j = \frac{q_j}{\sum_{k=1}^n q_k} \quad (8)$$

MAUT ile Alternatiflerin Sıralanması

MAUT (Multi Attribute Utility Theory) yöntemi karar vermede birden çok ve birbiriyle çatışan kriterlere sahip olan problemlere yönelik maksimum fayda sağlayarak ortak bir sonuca ulaşmak için kullanılan çok kullanışlı bir yöntemdir. Literatürde MAUT, risk tercihlerinin ve belirsizliğin ÇKKV yöntemlerine nasıl dahil edileceğine dair daha titiz bir yaklaşım olarak kabul edilir [43].

MAUT yönteminde nitel kriterler, nicel değerlere dönüştürülerek işleme dahil edilir, kriterler birbirinden bağımsız bir şekilde telafi edici yöntem olarak ele alınır. Bu yöntemin avantajı, sonucu daha doğru ve gerçekçi hale getirmesi için karar vericilere hareket özgürlüğü sağlaması ayrıca belirsizliği dikkate alıp kapsamlı olması ve sürecin her adımında her sonucun tercihlerini hesaba katma ve dahil etme yeteneğine sahip olmasıdır. MAUT yöntemi altı adımdan oluşmaktadır [43];

Adım 1. Kriterlerin ve Alternatiflerin Oluşturulması: İlk olarak kriterler ve karar verme sürecine yardımcı olacak kriterler veya alternatifler belirlenmelidir.

Adım 2. Ağırlık Derecelerinin Belirlenmesi: Ağırlık değerleri (w_i), alternatiflerin doğru olarak değerlendirilmesini sağlar. w_i değerinin toplamının 1'e eşit olması gerekmektedir.

$$\sum_i^m w_j = 1 \quad (9)$$

Adım 3. Karar Matrisi: Kriterlerin değer ölçüleri belirlenir. Nitel kriterler için ikili karşılaştırmalar dikkate alınırken, nicel kriterler için nicel değerler dikkate alınarak bu seçimler yapılır.

Adım 4. Normalize Edilmiş Fayda Değerlerinin Hesaplanması: Değerler yerleştirildikten sonra karar matrisine atanan normalize etme süreci başlar. Öncelikle, her nitelik için en iyi ve en kötü değerler belirlenir. Diğer değerlerin hesaplanması için en yüksek değer 1, en düşük değer 0'dır ve aşağıdaki Eşitlik (10) kullanılır.

$$u_i(x_i) = \frac{x - x_i^-}{x_i^+ - x_i^-} \quad (10)$$

Adım 5. Toplam Fayda Değerinin Hesaplanması: Fayda değerlerinin belirlenmesi, normalizasyon işleminin hemen ardından gerçekleştirilir. Yarar fonksiyonu Eşitlik (11) kullanılarak çözülür.

$$U(x) = \sum_i^m u_i(x_i) * w_j \quad (11)$$

Adım 6. Alternatiflerin Sıralanması: Kriterlerin ağırlığı toplanır ve en iyi alternatif sıralaması seçilir.

BULGULAR (FINDINGS)

Bu çalışma, ecza depolarından eczanelere ilaç tedarikinde kullanılacak olan dron seçimi uygulamasını incelemektedir. Detaylı alan incelemeleri ve uzman görüşmeleri sonucunda tercih edilecek olan dron seçimine yönelik yedi kriter belirlenmiştir. Bu kriterler sırasıyla Hız (C1), Ağırlık (C2), Uçuş Süresi (C3), Fiyat (C4), Engel Sensörü (C5), Otomatik Rota (C6) ve Boyut (C7) olarak belirlenmiştir. Bu bölümde değerlendirme yapabilmek için alanında uzman ve 10 yıldan fazla bir süredir ecza deposunda çalışan iki uzman görüşü, en az 15 yıl tecrübeye sahip üç eczacı ile görüşülmüştür. Karar vericilerin nitelikleri aşağıda belirtildiği üzeredir:

Karar Verici 1: Üniversitelerin eczane hizmetleri bölümünden mezun, yerli bir ecza deposunda operasyon müdürü olarak görev yapmaktadır. 12 yıllık ecza deposu tecrübesine sahiptir.

Karar Verici 2: Yerli bir ecza deposunda lojistik müdürü olarak görev yapmaktadır. Lojistik sektöründe 10 yıldır ve çalıştığı ecza deposunda dört yıllık iş tecrübesine sahiptir.

Karar Verici 3: Eczacılık fakültesinden mezun, doktorasını bitirmiş ve bu sektörde 23 yıllık tecrübeye sahiptir.

Karar Verici 4: Eczacılık fakültesinden mezun ve bu sektörde 17 yıllık tecrübeye sahiptir.

Karar Verici 5: Eczacı hizmetleri yüksek okulundan mezun, eczanede kalfa olarak çalışmaktadır. Bu sektörde 15 yıllık tecrübeye sahiptir.

DEMATEL Yöntemi Sonuçları

Beş uzman görüşünün ikili karşılaştırmalar ölçeği ile yapmış olduğu değerlendirmelerin ortalamaları alınarak kriterlerin birbirini hangi ölçüde etkiledikleri tespit edilmiştir. İkili karşılaştırmalar 0-4 aralığında yapılmış olup, değer tanımları Tablo 2'de belirtilmiştir [44], ayrıca ilgili karar matrisi

Tablo 3'te ifade edilmiştir.

Tablo 2

İkili Karşılaştırma Değer Tanımları [42]

DEĞER	TANIM
0	Etkisiz
1	Düşük Etki
2	Orta Dereceli Etki
3	Yüksek Etki
4	Çok Yüksek Etki

Tablo 3

İlişki Matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	Sütun T.
C1	0	2	3	3	1	1	4	14
C2	3	0	2	4	1	1	1	12
C3	3	4	0	3	2	2	4	18
C4	1	2	2	0	1	1	3	10
C5	2	4	3	4	0	2	3	18
C6	2	4	3	4	2	0	3	18
C7	1	2	1	2	1	1	0	8
Satır T.	12	18	14	20	8	8	18	

Karar matrisindeki sayılar, matrisin satır ve sütun toplamlarındaki en yüksek değer olan 20 sayısına bölünmüş ve Tablo 4'teki normalize edilmiş doğrudan ilişki matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 4

Normalize Edilmiş Doğrudan İlişki Matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	0,000	0,100	0,150	0,150	0,050	0,050	0,200
C2	0,150	0,000	0,100	0,200	0,050	0,050	0,050
C3	0,150	0,200	0,000	0,150	0,100	0,100	0,200
C4	0,050	0,100	0,100	0,000	0,050	0,050	0,150
C5	0,100	0,200	0,150	0,200	0,000	0,100	0,150
C6	0,100	0,200	0,150	0,200	0,100	0,000	0,150
C7	0,050	0,100	0,050	0,100	0,050	0,050	0,000

Tablo 5, birim matristen normalize edilmiş doğrudan ilişki matrisinin değerlerini çıkararak toplam ilişki matrisini elde etmek için kullanılmıştır. Tablo 6'da gösterildiği gibi, elde edilen değerlerin tersi alınarak ters matris oluşturulmuştur. Tablo 7'de gösterilen toplam etki matrisi, normalize edilmiş doğrudan ilişki matrisindeki değerler ile ters matrisin çarpılması yoluyla oluşturulmuştur.

Tablo 5

Toplam İlişki Matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	1,000	-0,100	-0,150	-0,150	-0,050	-0,050	-0,200
C2	-0,150	1,000	-0,100	-0,200	-0,050	-0,050	-0,050
C3	-0,150	-0,200	1,000	-0,150	-0,100	-0,100	-0,200
C4	-0,050	-0,100	-0,100	1,000	-0,050	-0,050	-0,150
C5	-0,100	-0,200	-0,150	-0,200	1,000	-0,100	-0,150
C6	-0,100	-0,200	-0,150	-0,200	-0,100	1,000	-0,150
C7	-0,050	-0,100	-0,050	-0,100	-0,050	-0,050	1,000

Tablo 6*Ters Matris*

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	1,171	0,329	0,319	0,397	0,164	0,164	0,423
C2	0,286	1,211	0,264	0,413	0,151	0,151	0,278
C3	0,354	0,476	1,244	0,479	0,238	0,238	0,487
C4	0,177	0,269	0,230	1,200	0,135	0,135	0,315
C5	0,318	0,484	0,380	0,525	1,151	0,242	0,452
C6	0,318	0,484,	0,380	0,525	0,242	1,151	0,452
C7	0,154	0,237	0,166	0,258	0,118	0,118	1,150

Tablo 7*Toplam Etki Matrisi*

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	0,171	0,329	0,319	0,397	0,164	0,164	0,423
C2	0,286	0,211	0,264	0,413	0,151	0,151	0,278
C3	0,354	0,476	0,244	0,479	0,238	0,238	0,487
C4	0,177	0,269	0,230	0,200	0,135	0,135	0,315
C5	0,318	0,484	0,380	0,525	0,151	0,242	0,452
C6	0,318	0,484	0,380	0,525	0,242	0,151	0,452
C7	0,154	0,237	0,166	0,258	0,118	0,118	0,150

Tablo 8’de toplam etki matrisindeki satır (D) ve sütun (R) toplamaları alınarak D, R, Di+Rj ve Di-Rj değerleri bulunmuştur. Böylece etkileyen ve etkilenen kriterler belirlenmiştir. Yine toplam ilişki matrisinin aritmetik ortalaması alınarak 0,286 eşik değeri elde edildi. Tablo 9 toplam etki matrisinde eşik değerin üzerindeki değerlere dikkat çekiyor.

Tablo 8*Toplam Etki Matrisi*

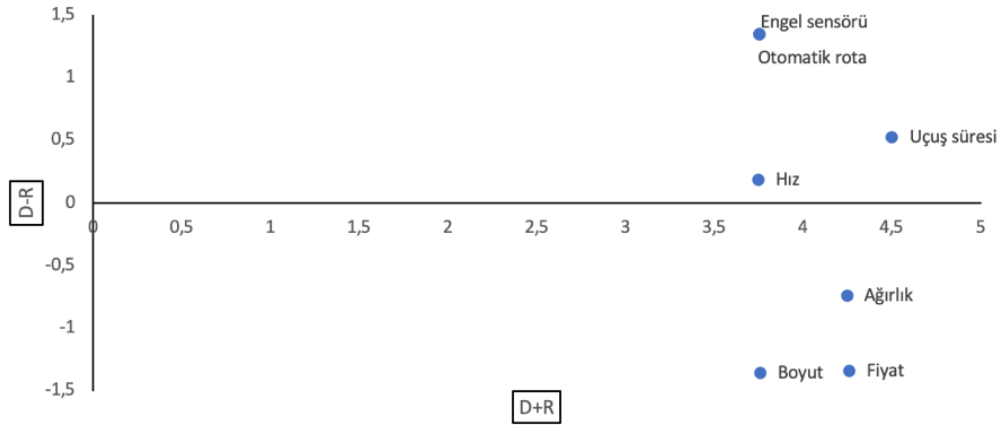
	D	R	D+R	D-R	Etki Grubu
C1	1,967	1,778	3,746	0,189	Etkileyen
C2	1,754	2,490	4,244	-0,735	Etkilenen
C3	2,516	1,983	4,499	0,533	Etkileyen
C4	1,461	2,797	4,258	-1,337	Etkilenen
C5	2,552	1,199	3,752	1,353	Etkileyen
C6	2,552	1,199	3,752	1,353	Etkileyen
C7	1,201	2,556	3,757	-1,355	Etkilenen

Tablo 9*Eşik Değerinin Üzerindeki Değerler*

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	0,171	0,329	0,319	0,397	0,164	0,164	0,423
C2	0,286	0,211	0,264	0,413	0,151	0,151	0,278
C3	0,354	0,476	0,244	0,479	0,238	0,238	0,487
C4	0,177	0,269	0,230	0,200	0,135	0,135	0,315
C5	0,318	0,484	0,380	0,525	0,151	0,242	0,452
C6	0,318	0,484	0,380	0,525	0,242	0,151	0,452
C7	0,154	0,237	0,166	0,258	0,118	0,118	0,150

D-R kriterlerinde negatif değerli olanlar diğer kriterlere göre daha fazla etkilenir. D-R’deki pozitif değerli kriterler (hız, uçuş süresi, engel sensörü ve otomatik rota), (fiyat ağırlık ve boyut) gibi diğer kriterleri daha fazla etkiler. Bu etkileri gösteren etki diyagramı Şekil 1’ de ifade edilmiştir. Diğer kriterleri en fazla etkileyen kriterler 1,353 değeri ile “engel sensörü ve otomatik rota” olmuştur. Diğer kriterler ağırlık, fiyat ve boyuttan etkilenir. Boyut kriteri-1,355 değeri ile en büyük etkiyi gösterir. Elde

edilen sonuçlar doğrultusunda kriterlerin önem ağırlıkları Tablo 10'da verilmiştir.



Şekil 1

Dematel Etki Diyagramı

Tablo 10

DEMATEL Yöntemi Kriter Ağırlıkları

Kriterler	W_i
C1	0,116
C2	0,154
C3	0,170
C4	0,165
C5	0,132
C6	0,132
C7	0,132

SWARA Yöntemi Sonuçları

Swara yönteminin uygulanması için öncelikle beş uzman kişinin değerlendirmeleri sonucunda kriterlerin beklenen önemleri göz önünde bulundurularak azalan (önemliden önemsiz) bir şekilde sıralama yapılmıştır. Daha sonra kriterlerin başlangıç öncelikleri (0,1] aralığında her uzman tarafından ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Karar Verici 1, Karar Verici 2, Karar Verici 3, Karar Verici 4 ve Karar Verici 5'in kriterleri bilgi ve tecrübe çerçevesinde önemlerine göre azalan bir düzende sıralaması ve önem sıralaması yapılan kriterlerden elde edilen nihai sonuçlar Tablo 11, Tablo 12, Tablo 13, Tablo 14 ve Tablo 15'de verilmiştir.

Tablo 11

Karar Verici 1'in Elde Ettiği Nihai Sonuçlar

KRİTERLER	ÖNEM SIRASI	S_j	K_j	Q_j	W_j
C1	1		1,000	1,000	0,298
C2	6	0,200	1,200	0,236	0,070
C3	4	0,400	1,400	0,397	0,118
C4	2	0,500	1,500	0,667	0,199
C5	5	0,400	1,400	0,283	0,085
C6	3	0,200	1,200	0,556	0,166
C7	7	0,100	1,100	0,215	0,064

Tablo 12*Karar Verici 2'nin Elde Ettiği Nihai Sonuçlar*

KRİTERLER	ÖNEM SIRASI	S _j	K _j	Q _j	W _j
C1	2	0,400	1,400	0,714	0,180
C2	7	0,100	1,100	0,360	0,091
C3	3	0,200	1,200	0,595	0,150
C4	1		1,000	1,000	0,253
C5	5	0,050	1,050	0,436	0,110
C6	6	0,100	1,100	0,396	0,100
C7	4	0,300	1,300	0,458	0,116

Tablo 13*Karar Verici 3'ün Elde Ettiği Nihai Sonuçlar*

KRİTERLER	ÖNEM SIRASI	S _j	K _j	Q _j	W _j
C1	2	0,500	1,500	0,667	0,189
C2	4	0,250	1,250	0,427	0,121
C3	5	0,150	1,150	0,371	0,105
C4	1		1,000	1,000	0,284
C5	7	0,200	1,200	0,238	0,068
C6	6	0,300	1,300	0,285	0,081
C7	3	0,250	1,250	0,533	0,151

Tablo 14*Karar Verici 4'ün Elde Ettiği Nihai Sonuçlar*

KRİTERLER	ÖNEM SIRASI	S _j	K _j	Q _j	W _j
C1	1		1,000	1,000	0,217
C2	5	0,200	1,200	0,507	0,110
C3	2	0,100	1,100	0,909	0,198
C4	4	0,150	1,150	0,608	0,132
C5	7	0,100	1,100	0,419	0,091
C6	3	0,300	1,300	0,699	0,152
C7	6	0,100	1,100	0,461	0,100

Tablo 15*Karar Verici 5'in Elde Ettiği Nihai Sonuçlar*

KRİTERLER	ÖNEM SIRASI	S _j	K _j	Q _j	W _j
C1	1		1,000	1,000	0,245
C2	7	0,300	1,300	0,267	0,065
C3	4	0,200	1,200	0,583	0,143
C4	3	0,100	1,100	0,699	0,171
C5	5	0,400	1,400	0,416	0,102
C6	6	0,200	1,200	0,347	0,085
C7	2	0,300	1,300	0,769	0,188

Tablo 16'da karar vericilerin kriterleri kendi önem sıralarına göre sıraladıktan sonra elde edilen sonuçlara göre kriterlerin önem ağırlıkları gösterilmektedir.

Elde edilen bulgular sonucunda en önemli kriter 0,222 önem ağırlığına sahip "Hız" kriteri olmuştur. Sırasıyla 0,200 önem ağırlığına sahip "Fiyat" ve 0,139 önem ağırlığına sahip "Uçuş Süresi" olmuştur.

Puan Ortalama Yöntemi Sonuçları

Puan ortalama yöntemi, kullanımı kolay ve yaygın bir toplama tekniğidir. Kullanılan farklı

Tablo 16*Kriter Önem Ağırlıkları.*

KRİTERLER	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5	AĞIRLIKLAR
C1	0,298	0,180	0,189	0,217	0,245	0,222
C2	0,070	0,091	0,121	0,110	0,065	0,089
C3	0,118	0,150	0,105	0,198	0,143	0,139
C4	0,199	0,253	0,284	0,132	0,171	0,200
C5	0,085	0,110	0,068	0,091	0,102	0,090
C6	0,166	0,100	0,081	0,152	0,085	0,112
C7	0,064	0,116	0,151	0,100	0,188	0,116

yöntemlere göre alternatiflerin aritmetik ortalamasına dayalı bir çözüm sunar. DEMATEL ve SWARA yöntemleriyle elde edilen kriterlerin ağırlıkları, bu yöntem kullanılarak nihai ağırlıkları belirlenmiş ve yöntemin sonuçları Tablo 17’ de gösterilmiştir.

Tablo 17*Puan Ortalama Yöntemi Sonuçları*

KRİTER	AĞIRLIKLARI
C1	0,169
C2	0,122
C3	0,155
C4	0,183
C5	0,111
C6	0,122
C7	0,124

MAUT Yöntemi Sonuçları

Puan ortalama yöntemi sonuçlarının elde edilmesi ile MAUT yöntemi için analizler yapılmıştır. Bu yöntem ile sonuç olarak en uygun dronun belirlenmesi sağlanmaktadır. Araştırmada, ilaç dağıtımında kullanılacak olan dronların isimlerinin açıklanması etik standartlara uygun olmadığı için A1,A2,A3...,A7 olarak ifade edilmiştir. Tablo 18’de verilen karar matrisi, kullanılacak olan dronların verilerini içeren kapsamlı bir araştırma sonucunda oluşturulmuştur. Bu araştırmada dron üreten şirketler ve ürünlerinin özelliklerine ulaşılmış olup marka ismi verilmemesi gerekliliğinden dolayı her bir dron çeşidi A1, A2,...,A7 olarak isimlendirilmiştir. Matriste “C” değerleri kriterleri, “A” değerleri ise önceden belirlenmiş olan yedi dronu temsil eder.

Tablo 18*Karar Matrisi*

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
A1	160	2130	19	43670	70	7	750
A2	180	1388	23	38640	60	5	500
A3	140	1750	17	36430	50	4	625
A4	150	3060	20	35970	40	9	875
A5	170	4200	45	62500	50	9	950
A6	110	2750	30	41500	45	10	900
A7	130	1800	25	38000	50	6	775

Her kriter için en iyi ve en kötü değerler belirlenmiştir. Tablo 19’ da en iyi ve en kötü değerler gösterilmiştir.

Tablo 19*En İyi ve En Kötü Değerler*

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
En iyi	180	4200	45	35970	70	10	950
En kötü	110	1388	17	62500	40	4	500

Matriste en iyi değere sahip olanlara “1” değeri, en kötü değere sahip olan rakamlara ise “0” değeri verilmektedir. Diğer değerler ise elde edilen normalize edilmiş karar matrisinde Tablo 20’de gösterilmektedir.

Tablo 20*Normalize Edilmiş Karar Matrisi.*

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
A1	0,714	0,494	0,071	0,710	1,000	0,500	0,444
A2	1,000	0,312	0,214	0,899	0,667	0,167	1,000
A3	0,429	0,401	0,000	0,983	0,333	0,000	0,722
A4	0,571	0,721	0,107	1,000	0,000	0,833	0,167
A5	0,857	1,000	1,000	0,000	0,333	0,833	0,000
A6	0,000	0,645	0,464	0,792	0,167	1,000	0,111
A7	0,286	0,413	0,286	0,923	0,333	0,333	0,389

Normalize edilmiş karar matrisi oluşturulduktan sonra, tüm basamaklar Puan Ortalama Yöntemi sonuçlarında bulunan kriterlerle çarpılarak toplam normalize fayda değeri matrisi elde edilir. Karar verme matrisini belirlemek için bu matris gereklidir. Tablo 21 bu sonuçları göstermektedir.

Tablo 21*Toplam Fayda Değeri Matrisi*

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
A1	0,389	0,162	0,003	0,383	1,005	0,166	0,128
A2	1,005	0,060	0,027	0,728	0,327	0,016	1,005
A3	0,118	0,102	0,000	0,951	0,069	0,000	0,400
A4	0,226	0,399	0,007	1,005	0,000	0,586	0,016
A5	0,634	1,005	1,005	0,000	0,069	0,586	0,000
A6	0,000	0,302	0,141	0,509	0,016	1,005	0,007
A7	0,050	0,109	0,050	0,787	0,069	0,069	0,095

Son aşama olan ve en ideal seçim karar matrisi, normalize edilmiş toplam fayda değeri matrisinin oluşturulmasıyla tamamlanır. Bu matriste tüm “C” değerleri toplanarak ilaç dağıtımında kullanılacak olan dronların sıralaması elde edilmektedir. Elde edilen ideal dron sıralamaları Tablo 22’de ifade edilmiştir.

Tablo 22*En İdeal Seçim Karar Matrisi*

	TOPLAM	EN İDEAL DRON SIRALAMASI
A1	2,236	4.
A2	3,168	2.
A3	1,64	6.
A4	2,239	3.
A5	3,299	1.
A6	1,98	5.
A7	1,229	7.

MAUT yöntemi analizi sonuçlarına göre Tablo 22’de elde edilen veriler ışığında ilaç dağıtımında kullanılacak olan en ideal dron sıralamasında, A5 seçeneği en ideal dron olmuştur.

Bununla birlikte, ilaç dağıtımında kullanılacak olan dron sıralaması ise A5>A2>A4>A1>A6>A3>A7 olarak belirlenmiştir.

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre sağlık sektöründe eczaneler ve ecza depoları arasındaki taşımlar için kullanılacak olan dronların seçimi için en önemli kriter “Fiyat” olarak belirlenmiştir. Ardından ikinci en önemli kriter ise “Hız” olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar literatürdeki diğer çalışmalardan daha farklıdır [23], [32], [33]. Bunun nedeni ise diğer çalışmalarda kaos ve afet durumları gibi bazı özel dönemlerde ilaç taşımaları için ya da sağlık sektörünün dışında ürün teslimatları için dron kullanımının analiz edilmesidir. Belirtilen durumlarda maliyet arka plana atılıp, hastalara ulaşım söz konusu olduğu için ulaşım ile ilgili kriterler ya da müşteriye ürünlerin daha hızlı ve kaliteli bir şekilde teslim edilmesi amaçlanmıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER (RESULTS AND RECOMMENDATIONS)

Dronlar hızla gelişen teknoloji nedeniyle önümüzdeki yıllarda dünya çapında yaygın bir trend haline gelecek olan sağlık sektörünün vazgeçilmez bir parçası olmaktadır. Ulaşılması güç ve zorlu bölgelere tıbbi malzeme tedarikinde dron kullanımı hızlı ve güvenilir sonuçlar vermektedir. Özellikle ecza depolarından eczanelere ilaç taşınmasında beklenen ilaçların zamanında teslim edilememesi, farklı konumlardaki eczanelere aynı gün içinde ilaç teslim edilememesi, bu sebeple taşıma maliyetlerinde artış olması gibi sorunlarla karşılaşmıştır. Bu nedenle; ilaç taşınmasını kolaylaştıracak, performansların artırılmasına yönelik dron teknolojisi, ecza depolarından eczanelere ilaç teslimatı açısından önemli bir hamle olmuştur.

Bu çalışmada ilaç teslimatı için dron kullanımı tercih etmek isteyen ecza depoları ve eczaneler için dron seçiminde etkili olan kriterler vurgulanmakta ve bu seçime göre bir karar verme yaklaşımı aktarılmaktadır. Bu yaklaşımın genel kapsamı DEMATEL, SWARA ve MAUT yöntemlerini içermektedir. Önerilen çerçeveye ilaç dağıtımı için kullanılacak olan dron seçimine ilişkin yedi ana kriter değerlendirilmektedir. Uzmanlar tarafından karşılaştırmalı olarak değerlendirilen özellikler DEMATEL ve SWARA yöntemi ile ağırlıklandırılmaktadır. Elde edilen ağırlık değerlerinin, Puan Ortalama Yöntemi ile ağırlıklarının ortalaması elde edilmektedir. Ardından ulaşılan veriler bir araya getirilerek MAUT yöntemi ile alternatifler sıralanmaktadır. Bu sonuçlara göre dron seçim probleminde “Fiyat” en önemli kriter olarak belirlenmiştir. Bunun nedeni ilaç tedarikinde karşılaşılan sorunların en büyük nedeni maliyetler olmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum ise alternatiflerin seçimine yansımaktadır. Uygulamalarda DEMATEL, SWARA ve MAUT sonuçlarına göre tek bir alternatif karar vericilerin dron seçimi değerlendirmelerine göre sağlamaktadır. Bu alternatif ise “Alternatif 5” olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada, karar vericilerin ecza depolarından eczanelere ilaç taşımak amacıyla dronları seçmek için yapılan değerlendirmelere dayanan yeni bir ÇKKV modeli önerilmiştir. Bu konu daha önce literatürde incelenmemekle birlikte, çözüm yaklaşımı sunulan problem için DEMATEL, SWARA ve MAUT yöntemlerinin sonuçlarının karşılaştırılması ile literatüre katkıda bulunulmuştur.

Önerilen çerçevenin farklı yönetsel etkileri bulunmaktadır: Dron seçiminde verimlilik ve etkililik eczaneler için ilaç satışlarını ve müşterileri tatmin düzeyini artırabilen önemli bir unsur olmakla birlikte acil durumlar için hastaların daha hızlı ilaçlara ulaşmasını sağlayabileceği için farklı bir önem arz etmektedir. Bu çalışmada önerilen çerçeve uygulanarak eczacılar ya da ecza depolarında çalışan uzmanlar dron kullanımı durumunda kararlarını doğru bir şekilde verebilir durumda olacaklardır. Çünkü, dron seçiminde nelere dikkat edilmesi gerektiği, hangi hususların önemli olduğu ve bu konuların nasıl değerlendirileceği kararlarında bu çalışmada ifade edilen yöntem kullanılabilir durumdadır.

Bu çalışma bazı sınırlılıklara sahiptir. Bunlardan birincisi çalışmadaki uygulamanın beş uzman ile yapılmış olması iken ikincisi karar verme sürecinde herhangi bir belirsiz ortamın düşünülmemesidir.

Gelecek çalışmalarda bu çalışmanın devamı olarak, önerilen kriterler farklı ÇKKV yöntemleri ile çözülerek sonuçları bu çalışmanın sonuçları ile kıyaslanabilir. Ayrıca belirtilen kriterlere yeni ve farklı kriterler eklenerek bu çalışmada ifade edilen süreçler yeniden değerlendirilebilir. Bir başka açıdan değerlendirme sürecine belirsizlik faktörü eklenerek farklı durumlar altındaki dron seçim problemi ele alınabilir.

Etik Beyan (Ethical Declaration)

Bu çalışma Dr. Esra Boz'un danışmanlığında Elif Demir'in KTO Karatay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalında 2024 yılında tamamladığı "Sağlık Sektöründe İlaç Dağıtımını İçin Kullanılacak Olan Dronların Seçiminde ÇKKV Yöntemlerinin Uygulanması" başlıklı Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

Yazar Katkıları (Authors Credit)

Araştırma Tasarımı (CRediT 1) E.D. (%80) – E.B. (%20)

Veri Toplama (CRediT 2) E.D. (%80) – E.B. (%20)

Araştırma -Veri Analizi - Doğrulama (CRediT 3-4-6-11) E.D. (%70) – E.B. (%30)

Makalenin Yazımı (CRediT 12-13) E.D. (%80) – E.B. (%20)

Metnin Tashihi ve Geliştirilmesi (CRediT 14) E.D. (%50) – E.B. (%50)

Finansman (Funding)

Çalışma herhangi bir kurum tarafından finanse edilmemiştir.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarların bu çalışma için beyan ettikleri herhangi bir çıkar çatışması yoktur. (The authors have no conflicts of interest to disclose for this study.)

Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SDG)

Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları: 9 Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı

KAYNAKÇA (REFERENCES)

- [1] J. M. Glover, Drone University, *DroneUniversity*, 2016. ISBN-10: 0692316035; ISBN- 13: 978–0692316030
- [2] A. Otto, N. Agatz, J. Campbell, B. Golden, E. Pesch, Optimization approaches for civil applications of unmanned aerial vehicles (UAVs) or aerial drones: A survey, *Networks*. 72(4) (2018), 411-458. doi:10.1002/net.21818
- [3] M. Ekici, A. Ç. Seçkin, A. Özek, C. Karpuz, Warehouse drone: indoor positioning and product counter with virtual fiducial markers, *Drones*. 7(1) (2022), 3. doi:10.3390/drones7010003
- [4] P. Basu, Digital transformation with drones the unmanned aerial vehicles, *The Management Accountant Journal*. 56(10) (2021), 76-81.
- [5] S. J. Kim, Y. Jeong, S. Park, K. Ryu, G. Oh, A Survey of Drone use for Entertainment and AVR (Augmented and Virtual Reality). In: Jung, T., tom Dieck, M. (eds) Augmented Reality and Virtual Reality. Progress in IS. Springe, (2018), 339-352.
- [6] G. A. Foster, Drone Intimacies and the Everyday, Master of Arts, *Graduate School of Vanderbilt University*, Nashville, Tennessee, 2023.
- [7] N. Parvaresh, M. Kulhandjian, H. Kulhandjian, C. D'Amours, B. Kantarci, A tutorial on AI-powered 3D deployment of drone base stations: State of the art, applications and challenges, *Vehicular Communications*. 36 (2022), 100474. doi:10.1016/j.vehcom.2022.100474
- [8] G. Greenwald, NSA collecting phone records of millions of Verizon customers daily. *The Guardian*. 6(6) (2013), 2013.
- [9] E. Ackerman, E. Strickland, Medical delivery drones take flight in east Africa. *IEEE Spectrum*. 55(1) (2018), 34-35. doi:10.1109/MSPEC.2018.8241731
- [10] J. Stewart, Blood-carrying, Life-saving Drones Take off for Tanzania, (2017). URL <https://www.wired.com/story/zipline-drone-delivery-tanzania>.
- [11] F. Ecer, Çok Kriterli Karar Verme Geçmişten Günümüze Kapsamlı Bir Yaklaşım, *Seçkin Yayıncılık*, Ankara, (2020).
- [12] T. Alkan, S. S. Durduran, (2020). Konut seçimi sürecinin AHP temelli TOPSIS yöntemi ile analizi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 2(2) (2020), 12-21. doi:10.47112/neufmbd.2020.2
- [13] B. Efe, L. Efe, Hastaların acil servis seçimi İçin Q seviyeli bulanık MAIRCA yöntemi önerisi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 5(2) (2023), 246-256. doi:10.47112/neufmbd.2023.26
- [14] M. A. Sayar, H. Z. Selvi, İ. Buğdaycı, Suruç çadırkent alanının analitik hiyerarşi yöntemiyle belirlenmesi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 1(1) (2019), 20-31.
- [15] M. Kahveci, N. Can, İnsansız hava araçları: tarihçesi, tanımı, dünyada ve Türkiye'deki yasal durumu, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 5(4) (2017), 511-535. doi:10.15317/Scitech.2017.109
- [16] N. Koshta, Y. Devi, C. Chauhan, Evaluating barriers to the adoption of delivery drones in rural healthcare supply chains: preparing the healthcare system for the future, *IEEE Transactions on Engineering Management*. 71 (2024), 13096-13108. doi:10.1109/TEM.2022.3210121
- [17] S. R. R. Singireddy, T. U. Daim, Technology roadmap: Drone delivery–amazon prime air, *Infrastructure and Technology Management: Contributions from the Energy, Healthcare and Transportation Sectors*, (2018), 387-412. doi:10.1007/978-3-319-68987-6_13
- [18] J. Koiwanit, Analysis of environmental impacts of drone delivery on an online shopping system, *Advances in Climate Change Research*. 9(3) (2018), 201-207. doi:10.1016/j.accre.2018.09.001

- [19] W. Yoo, E. Yu, J. Jung, Drone delivery: Factors affecting the public's attitude and intention to adopt, *Telematics and Informatics*. 35(6) (2018), 1687-1700. doi:10.1016/j.tele.2018.04.014
- [20] B. Rabta, C. Wankmüller, G. Reiner, A drone fleet model for last-mile distribution in disaster relief operations, *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 28 (2018), 107-112.,doi:10.1016/j.ijdr.2018.02.020
- [21] Ü. Yılmaz, İnsani yardım lojistiği faaliyetlerinde insansız hava araçlarının kullanım alanları, *Türkiye Mesleki ve Sosyal Bilimler Dergisi*. 2 (2019), 43-54. doi:10.46236/jovosst.623075
- [22] M. S. Y. Hii, P. Courtney, P. G. Royall, An evaluation of the delivery of medicines using drones, *Drones*. 3(3) (2019), 52. doi:10.3390/drones3030052
- [23] A. Raj, B. Sah, Analyzing critical success factors for implementation of drones in the logistics sector using grey-DEMATEL based approach, *Computers & Industrial Engineering*. 138 (2019), 106118. doi:10.1016/j.cie.2019.106118
- [24] M. A. H. Zailani, R.Z.A.R. Sabudin, R. A. Rahman, I.M. Saiboon, A. Ismail, Z. A. Mahdy, Drone for medical products transportation in maternal healthcare: A systematic review and framework for future research, *Medicine*. 99(36) (2020). doi:10.1097/MD.00000000000021967
- [25] S. H. Chung, B. Sah, J. Lee, Optimization for drone and drone-truck combined operations: A review of the state of the art and future directions, *Computers & Operations Research*. 123 (2020), 105004. doi:10.1016/j.cor.2020.105004
- [26] Ş. Ergunşah, S. Koşunalp, İnsansız hava araçları tabanlı çevresel uygulamalara genel bir bakış, *Uluslararası Yönetim Bilişim Sistemleri ve Bilgisayar Bilimleri Dergisi*. 6(1) (2022), 43-53. doi:10.33461/uybisbbd.1082689
- [27] C. N. Osakwe, M. Hudik, D. Řiha, M. Stros, T. Ramayah, Critical factors characterizing consumers' intentions to use drones for last-mile delivery: Does delivery risk matter?, *Journal of Retailing and Consumer Services*. 65 (2022), 102865. doi:10.1016/j.jretconser.2021.102865
- [28] T. Zhu, S. Boyles, A. Unnikrishnan, Two-stage robust facility location problem with drones, *Transportation Research Part C*. 137 (2022), 103563. doi:10.1016/j.trc.2022.103563
- [29] A. Rave, P. Fontaine, H. Kuhn, Drone Network Design for Emergency Resupply of Pharmacies and Ambulances, (2023). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4569199>
- [30] K. Ö. Atılğan, M. Bozkurt, Tüketicilerin Drone Aracılığıyla Ürün Dağıtımına Yönelik Tutumlarının İncelenmesi. *Çağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20,1 (2023), 152-135.
- [31] A. Aktas, M. Kabak, An Application of Interval Valued Pythagorean Fuzzy WASPAS Method for Drone Selection to Last Mile Delivery Operations. In: Erdebilli, B., Weber, GW. (eds) *Multiple Criteria Decision Making with Fuzzy Sets. Multiple Criteria Decision Making*. Springer, Cham. (2022) https://doi:10.1007/978-3-030-98872-2_12 -
- [32] D. Banik, N. U. Ibne Hossain, K. Govindan, F. Nur, K. A. Babski-Reeves, Decision support model for selecting unmanned aerial vehicle for medical supplies: Context of COVID-19 pandemic, *The International Journal of Logistics Management*. 34(2) (2023), 473-496.
- [33] M. S. Khan, S. I. A. Shah, A. Javed, N. M. Qadri, N. Hussain. Drone selection using multi-criteria decision-making methods. In 2021 International Bhurban Conference on Applied Sciences and Technologies (IBCAST) (2021), 256-270. IEEE.
- [34] W. W. Wu, Y.T. Lee, Developing global managers' competencies using the Fuzzy DEMATEL method, *Expert Systems with Applications*. 32 (2007), 499-507, doi:10.1016/j.eswa.2005.12.005
- [35] E. Aksakal, M. Dağdeviren, ANP ve DEMATEL yöntemleri ile personel seçimi problemine bütünlük bir yaklaşım, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 25(4) (2010), 905-913.
- [36] J. J. H. Liou, L. Yen, G. H. Tzeng, Building an effective safety management system for airlines, *Journal of Air Transport Management*. 14 (2008), 20–26. doi:10.1016/j.jairtraman.2007.10.002

- [37] S. Karaoğlan, DEMATEL vE VIKOR yöntemleriyle dış kaynak seçimi: otel işletmesi örneği, *Akademik Bakış Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler Dergisi*. 55 (2016), 9-24.
- [38] V. Keršulienė, E. K. Zavadskas, Z. Turskis, Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis, *Journal of Business Economics and Management*. 11(2) (2010), 243-258
- [39] M. Alimardani, S. Hashemkhani Zolfani, M. H. Aghdaie, J. Tamošaitienė, A novel hybrid SWARA and VIKOR methodology for supplier selection in an agile environment, *Technological and Economic Development of Economy*. 19(3) (2013), 533-548, doi:10.3846/20294913.2013.814606
- [40] A. Ruzgys, R. Volvačiovas, Č. Ignatavičius, Z. Turskis, Integrated evaluation of external wall insulation in residential buildings using SWARA-TODIM MCDM method, *Journal of Civil Engineering and Management*. 20(1),(2014), 103-110, doi:10.3846/13923730.2013.843585
- [41] B. Ecer, Kararsız bulanık dilsel terimler temelli SWARA yöntemi ile ülke değerlendirme kriterlerinin ağırlıklandırılması, *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri- Ms Excel® ve Software Çözümlü Uygulamalar*, Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık, (2021). ss. 217-229.
- [42] A. Aktaş, Prioritization of districts in terms of disaster preparedness planning: A case study for the expected Istanbul earthquake, *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 11(3) (2022), 880-892.
- [43] Z. Tunca, N. Ömürbek, H. G. Cömert, E. Aksoy. Opec ülkelerinin performanslarının çok kriterli karar verme yöntemlerinden Entropi ve Maut ile değerlendirilmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*. 7(14) (2016), 1-12. doi:10.21076/vizyoner.245987
- [44] E Özceylan, B Özkan. DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) Yöntemi ile Lojistik Performans Endeksi Kriterlerinin Değerlendirilmesi. *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri - MS Excel Çözümlü Uygulamalar*, Ankara: Nobel Yayınevi, (2020), ss. 61-73.