



Article Info/Makale Bilgisi

Received/Geliş:01.12.2022 Accepted/Kabul:30.01.2023

DOI:10.30794/pausbed.1212975

Research Article/Araştırma Makalesi

Arman, K. ve Kundakçı, N. (2023). "Yeni Bütünleşik FUCOM-WEDBA Yaklaşımı ile Bir İşletme için Bulut Hizmet Sağlayıcısı Seçimi", *Pamukkale Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Sayı 56, Denizli, ss.281-295.

YENİ BÜTÜNLEŞİK FUCOM-WEDBA YAKLAŞIMI İLE BİR İŞLETME İÇİN BULUT HİZMET SAĞLAYICISI SEÇİMİ*

Kevser ARMAN**, Nilsen KUNDAKCI***

Öz

Bulut teknolojisinin işletmeler üzerindeki etkisi kanıtlandığından beri dünya çapında her geçen gün daha fazla işletme bu teknolojiye yönelmekte ve yatırım yapmaktadır. Bulut teknolojisi ile işletmeler, fiziksel sınırları ortadan kaldırarak yüksek güvenlik hizmeti ile verileri için yüksek depolama alanı kazanırken daha hızlı veri paylaşımı ile önemli maliyet tasarrufu sağlamaktadır. İşletmeler için bulut hizmet sağlayıcısı seçimi önemli bir karardır. İşletmelerin bulut hizmet sağlayıcıları için çeşitli endişeleri mevcut olabilmektedir ve işletmelerin en uygun bulut hizmet sağlayıcısının seçimi için birbiri ile çelişen bir dizi kriteri göz önünde bulundurması gerekir. Bu problemin çözümünde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılabilir. Bu çalışmanın amacı bir işletme için en uygun bulut hizmet sağlayıcısının seçimidir. Bu çalışmada, kriter ağırlıkları FUCOM (Full Consistency Method) ile belirlendikten sonra WEDBA (Weighted Euclidean Distance Based Approximation) yöntemi ile en uygun bulut hizmeti sağlayıcısı öneri olarak sunulmaktadır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, bulut hizmet sağlayıcısı seçiminde kriterlerin önem seviyelerine göre sırasıyla güvenlik, aylık maliyet, hafıza kapasitesi, sürdürülebilirlik, dosya paylaşım kapasitesi ve ek ücretsiz depolama alanı şeklinde olduğunu göstermektedir. İşletmelere sunulan paketler açısından ise en uygun bulut hizmet sağlayıcısı Google Drive olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: ÇKKV, FUCOM, WEDBA, Bulut hizmet sağlayıcı seçimi.

CLOUD SERVICE PROVIDER SELECTION FOR A BUSINESS WITH A NEW INTEGRATED FUCOM-WEDBA APPROACH

Abstract

Since the impact of cloud technology on businesses has been proven, more and more businesses worldwide are turning to and investing in this technology. With cloud technology, businesses provide high storage space for their data with high security service by eliminating physical boundaries, while providing significant cost savings with faster data sharing. Determining a cloud service provider for businesses is an important decision. Businesses may have a variety of concerns about cloud service providers, and they need to consider a number of conflicting criteria for selecting the most appropriate cloud service provider. The MCDM (Multiple Criteria Decision Making) methods can be used to solve this problem. The aim of this study is to determine the most appropriate cloud service provider for a business. In this study, after the criterion weights are determined by FUCOM (Full Consistency Method), the most appropriate cloud service provider is presented as a recommendation with the WEDBA (Weighted Euclidean Distance Based Approximation) method. The results obtained from the study show that the criteria in selection of a cloud service provider are security, monthly cost, memory capacity, sustainability, file sharing capacity and additional free storage, respectively, according to their importance levels. In terms of packages offered to businesses, the most suitable cloud service provider is determined as Google Drive.

Keywords: MCDM, FUCOM, WEDBA, Cloud service provider selection.

*Bu çalışma; 26-28 Ekim 2022 tarihinde 41. Yöneyem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Ulusal Kongresi'nde sunulan "FUCOM ve WEDBA Yöntemleri ile Bulut Hizmet Sağlayıcısı Seçimi" başlıklı bildirinin genişletilmiş şeklidir

**Arş. Gör., Pamukkale Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, DENİZLİ.

e-posta:karman@pau.edu.tr (<https://orcid.org/0000-0002-4400-5976>)

***Doç. Dr. Pamukkale Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, DENİZLİ.

e-posta: nilsenk@pau.edu.tr (<https://orcid.org/0000-0002-7283-320X>)

1. GİRİŞ

Bulut bilişim, bilgilerin sunucularda depolandığı ve müşterilerine her yerde isteğe bağlı olarak ağ erişimi sağlayan internet tabanlı bir teknoloji modeli olarak tanımlanabilir. Bulut bilişim, Bilgi Teknolojisi (BT) endüstrisinin büyük bir bölümünü dönüştürme potansiyeli sayesinde, BT alanında baskın bir model haline gelmiştir (Madhavaiah ve Bashir, 2012: 50). Buyya vd. (2009)'a göre, bilişim; gelecekte su, elektrik, gaz ve telefondan sonra beşinci kamu hizmeti olacaktır ve bu vizyonu gerçekleştirmek için, en sonucusu bulut bilişim olarak bilinen bir dizi bilgi işlem paradigması önerilmiştir. Bulut bilişimin sunduğu hizmetlerin kullanım kolaylığı, kapsamı ve çeşitliliği sayesinde tüm dünyada popülerliği artmaktadır. Bulut bilişim, son kullanıcılar için sağlam ve dinamik bir bilgi işlem ortamı sağlamayı amaçlar ve internet bağlantısının mevcut olması koşuluyla kullanıcıların dosyalarına neredeyse her yerden erişmesine ve bunları işlemesine izin verir (Papathanasiou vd., 2015: 52). İşletmeler açısından ise, bulut bilişim yüksek çok yönlülük, kullanılabilirlik ve minimum yönetim çabasıyla bilgi işlem kaynaklarının nasıl temin edileceğine dair anlayışımızı değiştirerek umut verici bir hizmet haline gelmiştir (Youssef, 2020: 71851). Bulut bilişim, işletmelerin daha verimli çalışmasına ve farklı operasyonların etkin bir şekilde sürdürülmesi için önemli olan yazılım ve donanımdan tasarruf etmesine yardımcı olur. Ayrıca farklı işletmeler, önceliklerine bağlı olarak çeşitli bulut hizmetlerini, iş süreçlerini ve uzmanlık alanlarını benimseyebilirler (Rashid ve Chaturvedi, 2019: 422). Bununla birlikte bulut hizmetlerinin sayısı her geçen gün artmaktadır. Bu noktada müşteriler gereksinimlerini en iyi karşılayan bulut hizmet sağlayıcısının seçilmesi konusunda zorluk yaşamaktadır. Bulut hizmeti seçimi, müşteri gereksinimlerinin farklı bulut hizmet sağlayıcıları tarafından sağlanan özellikler ile eşleştirilerek en uygun bulut hizmet sağlayıcısını bulma süreci olarak tanımlanabilir (Nawaz vd., 2018: 120).

Müşteriler en uygun bulut hizmet sağlayıcısının seçimi için birbiri ile çelişen bir dizi kriteri göz önünde bulundurmak durumunda kalmaktadır. Bu nedenle bu problemin çözümü için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılabilir. Do Chung ve Seo (2015)'e göre, bir işletme için en uygun bulut hizmetinin seçiminde kullanıcıların bakış açısının dikkate alınması, işletme hedeflerine ve stratejilerine ulaşmada oldukça önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmanın amacı, yeni bütünleşik FUCOM (Full Consistency Method) - WEDBA (Weighted Euclidean Distance Based Approach) yöntemini kullanarak bir işletme için en uygun bulut hizmet sağlayıcısının seçimidir. Literatür incelendiğinde bu konu kapsamında farklı ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalar şu şekildedir. Papathanasiou vd. (2015), hedef programlama, AHP ve PROMETHEE yöntemleri ile; Youssef (2020), TOPSIS ve BWM ile; Monika ve Sangwan (2022), WSM, MOORA, TOPSIS, COPRAS ve PROMETHEE yöntemlerini kullanarak; Mandal ve Khan (2022), CoCoSo yöntemi ile bulut hizmet sağlayıcılarını değerlendirmiştir. Buna ek olarak daha önce yapılan bazı çalışmalar (Kwon ve Seo, 2013; Jaiswal ve Mishra, 2017; Alam vd., 2018; Kumar vd., 2022) bulut hizmet seçimi probleminde bulanık ÇKKV yöntemlerini uygulamıştır.

Pamuçar vd. (2018) tarafından geliştirilen FUCOM, kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için kullanılan subjektif yöntemlerden biridir. FUCOM, daha az sayıda ikili karşılaştırma gerektirmesi ve kriterlerin tutarlı bir ikili karşılaştırmaya sahip olması ile diğer ÇKKV yöntemlerine göre oldukça avantajlıdır. Daha önce yapılan bazı çalışmalarda (Fazlollahtabar vd., 2019; Ali vd., 2020; Akbari vd., 2021; Mahendra, 2022) belirtildiği üzere en popüler ÇKKV yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile FUCOM karşılaştırıldığında FUCOM işlem karmaşıklığı, karşılaştırma sayısı ve tutarlılık açısından AHP'den daha iyi sonuçlar sergilemektedir. Literatürde FUCOM yöntemini kullanan çalışmalar konu kapsamında incelendiğinde; Nunić (2018), PVC doğrama üreticisi seçim problemini, Prentkovskis vd. (2018), hizmet kalitesi ölçümünün geliştirilmesini, Badi ve Abdulshahed (2019), Libya hava yollarını sıralama problemini, Erceg vd. (2019), maliyetleri rasyonelize ederek stok yönetimi için model önerilmesini, Nouredine ve Ristic (2019), tehlikeli maddelerin taşınması için optimal rota seçim problemini, Fazlollahtabar vd. (2019), forklift seçimini, Stević ve Brković (2020), bir taşımacılık şirketinde insan kaynaklarının değerlendirilmesini, Durmić vd. (2020), sürdürülebilir tedarikçi seçimini, Demir ve Bircan (2020), ideal özel okul seçimini etkileyen kriterlerin değerlendirilmesini, Ahmad ve Qahmash (2020), akademik kalite güvencesi ve akreditasyon için kritik başarı faktörlerinin değerlendirilmesini, Ayçin ve Aşan (2021), iş zekası uygulamaları seçim problemini, Biswas vd. (2021), akıllı telefon markalarının karşılaştırmasını, Hoan ve Ha (2021), Vietnam Halk Hava Kuvvetleri (VPAF) savaş uçağı seçim problemini, Ecer (2021), rüzgâr çiftliği yer seçimini etkileyen faktörlerin değerlendirilmesini, Ong (2021), entegre su sisteminin çok amaçlı optimizasyonunu, Demir (2021), E-Devlet web sitelerinin değerlendirilmesini, Peker ve Görener (2022), tesis yeri seçimi problemini, Akar (2022), tedarik zincirlerinde sürdürülebilir imalatın önündeki engelleyici faktörlerin analizini, Badi vd. (2022), sürdürülebilirlik performans göstergelerinin ölçülmesini, Abdullah vd. (2022), sağlık performans yönetimini, Mahendra (2022), Endonezya'da uçak seçim problemini ele almıştır.

Rao ve Singh (2011) tarafından sunulan WEDBA yöntemi, seçilen alternatifin ideal çözüme en kısa mesafeye sahip olması ve ideal olmayan çözümden en uzak olması kavramına dayanmaktadır. Objektif ve subjektif ağırlıkların birleşimi olan entegre ağırlıklar, bu yöntemin ayırt edici işlevidir. WEDBA yönteminde objektif ağırlıklar entropi yöntemine göre belirlenirken subjektif ağırlıkların belirlenmesinde kullanılan yöntem seçimi karar vericinin tercihine bırakılır (Tolga ve Basar, 2022: 2). Bu çalışmada ağırlıklandırma verilerinin elde edilmesi için FUCOM tercih edilmiştir. WEDBA yönteminde, bir alternatifin genel performans puanı, ideal çözüme ve ideal olmayan çözümlere Öklid mesafesi ile belirlenmektedir. Bu mesafe, kriterlerin ağırlıkları ile ilişkilidir ve entegre ağırlıklı Öklid mesafesinin ölçüme dahil edilmesi bu yöntemin bir diğer ayırt edici işlevi olarak düşünülmektedir. Literatürde WEDBA yönteminin kullanıldığı çalışmalar ele alınan konu kapsamında şu şekildedir. Rao ve Singh (2012), tesis yerleşim tasarımı seçimi problemi için WEDBA yöntemini önermiştir. Gupta vd. (2018), WEDBA yöntemi ile yazılım güvenilirliği büyüme modellerinin seçim ve sıralamasını değerlendirmiştir. Çalışmanın sonucu, WEDBA ve TOPSIS'ten elde edilen sıralamaların aynı olduğunu göstermektedir. Jain ve Ajmera (2019), MOORA ve WEDBA yöntemleri ile üretim sistemlerinin esnekliğini sıralamıştır. Çalışma sonucunda en iyi ve en kötü alternatif her iki yöntemde de aynı çıkmıştır. Ulutaş (2020), istifleyici seçimi problemini ele almıştır. Çalışmada, WEDBA yönteminden elde edilen sonuçların diğer ÇKKV yöntemlerinden (ARAS, COPRAS, MOORA) elde edilen sonuçlar ile yüksek düzeyde ilişkili olduğu gösterilmektedir. Basar ve Tolga (2020), dikey tarımda akıllı sistem değerlendirmesi için bulanık WEDBA yöntemini kullanmıştır. Işık (2021), Axa sigorta şirketinin finansal performansını yıllara göre değerlendirmiştir. Buna göre, WEDBA kullanılarak elde edilen sıralama sonuçları ile TOPSIS, MARCOS, CoCoSo ve MAIRCA yöntemlerinden elde edilen sonuçlar arasında yüksek düzeyde ilişki vardır. Tolga ve Basar (2022), üç dikey çiftlik alternatifi için teknoloji seçimi konusunda bulanık WEDBA ve MACBETH yöntemlerini kullanmışlardır. Toslak vd. (2022), bir lojistik firmasının yıllara göre performansını MEREC ve WEDBA yöntemleri ile değerlendirmişlerdir. Şimşek (2022), Türk bankacılık sektöründe faaliyet gösteren en büyük on mevduat bankasının finansal performansını AHP, İstatistiksel Varyans ve WEDBA yöntemleri ile incelemektedir. Ecemiş ve Coşkun (2022), Türkiye'de bilişim teknolojileri kullanımını PSI (Tercih Seçim İndeksi) ve WEDBA yöntemleri ile ele almıştır.

Literatürde daha önce yapılan bulut hizmet sağlayıcılarını değerlendirme çalışmalarında genellikle belirli bir müşteri sınıfı belirtilmemektedir. Bununla birlikte kullanıcı ihtiyaçlarına göre farklı karar verme yöntemleri uygulansa da, belirli bir müşteri sınıfı için bu tür kriterlerin değişmesi gerektiği düşünülmektedir. Bu çalışma, bir işletme için en uygun bulut hizmet sağlayıcısı seçimine odaklanmaktadır. Bu çalışmanın diğer çalışmalardan farkı, nicel bulut hizmet sağlayıcıları verileri kullanarak verimli ve tutarlı FUCOM-WEDBA tabanlı yeni bütünleşik bir ÇKKV yöntemi sunmasıdır. Buna ek olarak bu alanda bütünleşik FUCOM-WEDBA yöntemi ilk kez kullanılmaktadır. Çalışmadan elde edilen sonuçların bir işletme için en uygun bulut hizmet sağlayıcısını belirlemeye yardımcı olması ile birlikte her geçen gün büyüyen bu pazarda faaliyette bulunan bulut hizmet sağlayıcılarının eksik oldukları yerleri iyileştirmelerine yardımcı olması beklenir. Çalışmanın bu yönleri ile literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.

Bu çalışma şu şekilde düzenlenmiştir. İkinci bölümde çalışmanın teorik çerçevesine yer verilmiştir. Üçüncü bölümde FUCOM ve WEDBA yöntemleri sunulmuştur. Dördüncü bölüm çalışmanın uygulama kısmını ele almaktadır. Beşinci bölüm sonuçları ve gelecekteki çalışmalar için önerileri vermektedir.

2. TEORİK ÇERÇEVE

Bulut bilişim, bilgisayarların sabit diski yerine internet üzerinden veri ve programların depolanması ve bunlara erişilmesi anlamına gelmektedir. Bulut Bilişim, bir ağ (tipik olarak internet) üzerinden bir hizmet sunmak için donanım ve yazılımın kullanılmasıdır. Bulut bilişim ile kullanıcılar, internete erişebilen herhangi bir cihazdan dosyalara erişebilir ve uygulamaları kullanabilir. Bulut Hizmet Sağlayıcılarına (CSP'ler) bir örnek olarak Google, Microsoft, Amazon verilebilir (Rashid ve Chaturvedi, 2019: 421). İşletmelerin bilgiye ilişkin depolama, erişim ve yönetim anlayışını değiştiren bulut bilişim hizmetleri, işletmelere uygulama tasarımı ve sunumunda sağladıkları faydalarla örneğin; değere dönüşme süresinde azalma, artan bağlantı, daha düşük maliyet, ölçeklenebilirlik, entegrasyon ve kullanım kolaylığı vb. işletmeler tarafından tercih edilmektedir (Tang ve Liu, 2015: 60). Bulut bilişim hizmet türleri genellikle üç başlık altında incelenmektedir. Bu modeller aşağıda açıklanmaktadır (Emekli vd., 2016: 9; Rashid ve Chaturvedi, 2019: 422- 423).

Bulut Yazılım Hizmeti (Software-as-a-Service: SaaS)

Bu modelde, bulut hizmeti sağlayıcıları uygulama yazılımını, işletim sistemini ve diğer kaynakları çalıştırmaktan ve sürdürmekten sorumludur. SaaS modeli, müşteriye bir web tarayıcısı kullanılarak erişilen

hizmetleri sunmak için internetin kullanıldığı web tabanlı bir uygulama arayüzü olarak sunulmaktadır. SaaS üzerinde, hızlı ölçeklenebilir, internet tabanlı uygulamalar bulut üzerinde barındırılmakta ve son kullanıcılara hizmet olarak sunulmaktadır. Örnek olarak Acrobat.com, Gmail ve Google Dokümanlar verilebilir. İnternetin olduğu herhangi bir yerden ve farklı cihazlardan erişilebilirlik ve altyapı endişelerini ortadan kaldırma gibi avantajlara sahiptir.

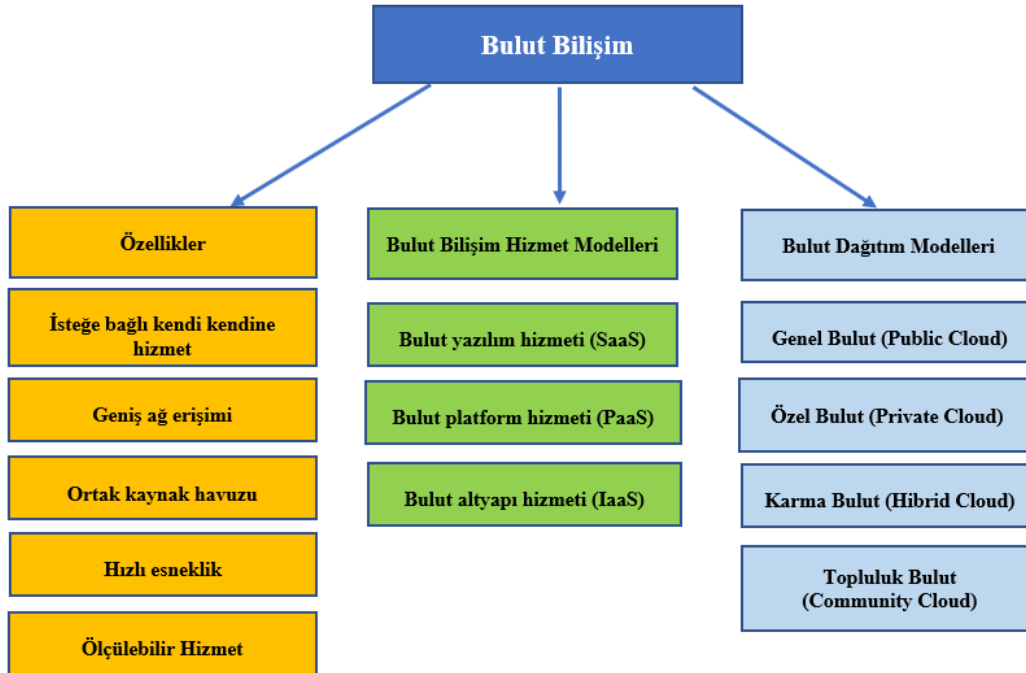
Bulut Platform Hizmeti (Platform-as-a-Service: PaaS)

PaaS hizmetleri, uygulamaların tasarımını, geliştirilmesini ve barındırılmasını içermektedir. Tüketicilere, platformlardan erişim satın alarak kendi yazılımlarını ve uygulamalarını bulutta dağıtmalarını sağlamaktadır. Bir diğer ifade ile bu model uygulama tasarlamak, geliştirmek, oluşturmak ve test etmek için kullanılan platformları sunar. PaaS çözümlerine örnek olarak Google App Engine, Microsoft Azure verilebilir. PaaS bünyesinde destekleyici bir topluluk barındırır ve PaaS sağlayıcısı rutin yazılım bakımını gerçekleştirerek geliştiricilerin daha az risk ile uygulama geliştirmeye odaklanmasına yardımcı olur.

Bulut Altyapı Hizmeti (Infrastructure-as-a-Service: IaaS)

IaaS hizmeti, kullanıcılarına sunulan alt yapı üzerinden CPU, bellek, işletim sistemi ve uygulama yazılımı gibi bir dizi bilgi işlem kaynağı sağlamaktadır. Bu modelde isteğe bağlı olarak depolama, veritabanı ve bilgi işlem yetenekleri gibi hizmetler de sunulmaktadır. Bulut altyapı hizmeti sağlayıcılarına örnek olarak Rackspace Bulut Sunucuları, Google, Amazon EC2, IBM ve Verizon verilebilir. IaaS sermaye harcamalarının maliyetini azaltır, kullanıcılar gereksinimlerine göre kaynakları istedikleri zaman büyütebilir veya küçültebilir ve kullanıcılara istedikleri hizmete ilişkin ödeme sağlama gibi avantajlar sunar.

Bulut dağıtım modelleri ise Genel Bulut Modeli (Public Cloud), Özel Bulut Modeli (Private Cloud), Karma Bulut Modeli (Hibrid Cloud) ve Topluluk Bulut Modeli (Community Cloud) olarak dört başlık altında incelenmektedir. Bu modeller kısaca şu şekilde ifade edilebilir (Saqib vd., 2018: 534). Genel bulut modeli; bu hizmet herhangi bir hükümet, akademik veya ticari kuruluş tarafından ücretsiz olarak kullanılabilir. Özel bulut modeli; bu bulut hizmetine tek bir kuruluş veya iş birimi tarafından erişilebilir. Bununla birlikte iş birimi ile bağlı olan herhangi bir üçüncü taraf veya kuruluş onu yönetebilir ve çalıştırabilir. Karma bulut modeli; bu hizmet, genel, özel ve topluluk bulut hizmetlerinin birleşimini içinde barındırır. Topluluk bulut modeli; ortak endişeleri olan belirli bir topluluk veya kuruluş tarafından satın alınan veya işletilen bir modeldir. Yukarıda bahsedilen unsurların yer aldığı bulut bilişim yapısı Şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1. Bulut Bilişim Yapısı

Kaynak: (Tanwar vd., 2021: 170)

3. METODOLOJİ

Çalışmanın bu bölümü FUCOM-WEDBA tabanlı yeni bütünlük bir ÇKKV yöntemi çerçevesini sunmaktadır. Bu amaçla kriter ağırlıklarının subjektif olarak belirlenmesi için FUCOM ve bulut hizmet sağlayıcılarının değerlendirilmesi için WEDBA yönteminin uygulanması sunulmaktadır. Aşağıda her iki yöntemin metodolojisi ele alınmaktadır.

3.1. FUCOM

FUCOM (Full Consistency Method) kriter ağırlıklarının subjektif olarak hesaplanması için Pamučar vd. (2018) tarafından geliştirilmiştir. FUCOM diğer kriter ağırlıklandırma yöntemlerine göre önemli ölçüde daha az sayıda ikili karşılaştırma içermektedir. n kriter sayısı olmak üzere, örneğin FUCOM, $n-1$; AHP, $n(n-1)/2$ ve BWM, $(2n-3)$ karşılaştırma içermektedir. Buna ek olarak, kriterler arasında daha tutarlı ve güvenilir bir ikili karşılaştırma olanağına sahip olması diğer ÇKKV yöntemlerine göre avantajları arasındadır (Ayçin ve Aşan, 2021: 197). Munier ve Hontoria (2021)'in de belirttiği üzere AHP, kriter ağırlıklarının belirlenmesine açık ara en çok kullanılan ÇKKV yöntemlerinden biridir. Bununla birlikte BWM, Rezaei (2015) tarafından geliştirilen nispeten güncel ÇKKV yöntemlerinden biridir ve bu yöntemler ikili karşılaştırma sayısının fazla olması nedeniyle değerlendirme sürecinde meydana gelecek hata/tutarsızlık oranını arttırmaktadır. FUCOM ise bu sorunu ortadan kaldırmaktadır (Pamuçar vd., 2018: 5). FUCOM temelde doğrusal programlama modelini kullanır ve model iki koşulu öne sürmektedir. Buna göre birinci koşul, kriterlerin ağırlık katsayıları arasındaki ilişki, kriterlerin karşılaştırmalı önceliklerine eşit olmalıdır ve diğer koşul matematiksel geçişlilik koşullarından elde edilir (Ecer, 2021: 28). Buna göre kriterlerin ikili karşılaştırmalarında matematiksel geçişlilikteki herhangi bir sapma olması tutarsızlığın artmasına neden olmaktadır ve tam tutarlılık yalnızca geçişliliğe tam olarak uyulması ile elde edilir (Pamuçar vd., 2018: 7). Aşağıda FUCOM kullanarak kriterlerin ağırlık katsayılarını elde etme adımları yer almaktadır (Pamuçar vd., 2018: 5-7 ; Ayçin ve Aşan, 2021: 200-201).

1. Adım: İlk olarak kriterler önem seviyelerine göre (en önemli kriterden en az önemli kriter) sıralanmaktadır. Eşitlik (1)'de belirtildiği gibi k , dikkate alınan kriterin önem seviyesini temsil eder.

$$C_{j(1)} > C_{j(2)} > C_{j(3)} = C_{j(4)} > C_{j(k)} \quad (1)$$

Eğer kriterlerin önem seviyelerinin eşit olduğu belirtilmişse "=" işareti kullanılır.

2. Adım: Karar verici tarafından belirtilen kriterlerin önem sıralaması dikkate alınarak kriterlerin karşılaştırmalı öncelikleri $\varphi_{k/(k+1)}$ belirlenir. Buna göre kriterlerin karşılaştırmalı öncelik vektörü Eşitlik 2'deki gibi olmaktadır.

$$\phi = (\varphi_{1/2}, \varphi_{2/3}, \dots, \varphi_{k/(k+1)}) \quad (2)$$

Burada $\varphi_{k/(k+1)}$ değeri, $C_{j(k)}$ kriterinin sıralamasının $C_{j(k+1)}$ kriterinin sıralamasına göre önceliğini temsil etmektedir. FUCOM, kriterlerin ikili karşılaştırması için tamsayı, ondalık değerler veya önceden tanımlanmış bir ölçekten tanımlı değerler kullanılarak kriterlerin ikili karşılaştırmasına izin vermektedir

3. Adım: Son olarak, kriterlerin nihai ağırlık değerleri $(w_1, w_2, w_3 \dots, w_n)^T$ aşağıda gösterilen iki koşulu sağlayarak elde edilir.

Koşul 1: Eşitlik (3)'te belirtildiği gibi ağırlık katsayılarının oranı, kriterlerin karşılaştırmalı öncelik değerlerine $(\varphi_{k/(k+1)})$ eşittir.

$$w_k/w_{k+1} = \varphi_{k/(k+1)} \quad (3)$$

Koşul 2: Kriterlerin ağırlık katsayılarının nihai değerleri, matematiksel geçişlilik koşulunu sağlamalıdır. Buna göre, $\varphi_{k/(k+1)} \times \varphi_{(k+1)/(k+2)} = \varphi_{k/(k+2)}$ elde edilir.

Bununla birlikte, $\varphi_{k/(k+1)} = w_k/w_{k+1}$ ve $\varphi_{(k+1)/(k+2)} = w_{k+1}/w_{k+2}$ olmaktadır. Bu nedenle,

$w_k/w_{k+1} \times w_{k+1}/w_{k+2} = w_k/w_{k+2}$. Böylece Eşitlik (4) aşağıdaki gibidir.

$$w_k/w_{k+2} = \varphi_{k/(k+1)} \times \varphi_{(k+1)/(k+2)} \quad (4)$$

Eşitlik (3) ve (4) koşulları sağlanarak tam tutarlılıktan sapma (TTS) minimum olmaktadır. Böylece, maksimum tutarlılık elde edilir ve kriterlerin ağırlık katsayılarının nihai değerleri için TTS değeri $\chi = 0$ olmaktadır. Buna göre, kriterlerin ağırlık katsayılarının nihai değerleri $(w_1, w_2, w_3 \dots, w_n)^T$ ve TTS (χ), Model 5'te verilen doğrusal programlama modeli çözülerek elde edilir.

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } \chi \\
 & \text{s.t.} \\
 & |w_{j(k)}/w_{j(k+1)} - \varphi_{k/(k+1)}| \leq \chi, \forall j \\
 & |w_{j(k)}/w_{j(k+2)} - \varphi_{k/(k+1)} \times \varphi_{(k+1)/(k+2)}| \leq \chi, \forall j \\
 & \sum_{j=1}^n w_j = 1, \forall_j \\
 & w_j \geq 0, \forall_j
 \end{aligned} \tag{5}$$

3.2. WEDBA Yöntemi

WEDBA (Weighted Euclidean Distance Based Approximation) yöntemi Rao ve Singh (2011) tarafından geliştirilmiştir. WEDBA yöntemi, seçilen alternatifin ideal çözüme en kısa ve anti-ideal çözüme en uzak olması gerektiği kavramına dayanmaktadır. Burada ele alınan ölçü, en iyi alternatifin ideal çözüme en yakın ve ideal olmayan çözümden en uzak olmasını sağlamaktadır. Öklid mesafesi iki nokta arasındaki doğrusal mesafedir. WEDBA, bir alternatifin genel performans indeksi puanını, ideal çözüme ve ideal olmayan çözümlere Öklid mesafesi ile belirlemektedir. Bu yöntemde, mesafenin niteliklerin ağırlıkları ile ilişkili olduğu ve ağırlıkların mesafe ölçümüne dahil edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Bunun nedeni, tüm alternatiflerin doğrudan kendi aralarında değil, ideal ve ideal olmayan çözümlerle karşılaştırılmasıdır. Bu kapsamda, WEDBA'da ağırlıklı Öklid mesafeleri dikkate alınmaktadır (Rao ve Singh, 2012: 372). WEDBA yöntemi; objektif kriter ağırlıkları, subjektif kriter ağırlıkları ve entegre kriter ağırlıkları olmak üzere üç kriter ağırlıklandırma türüne izin vermektedir (Tolga ve Basar, 2022: 3). WEDBA yönteminin adımları aşağıdaki gibidir (Rao ve Singh, 2012: 368- 373; Tolga ve Basar, 2022: 3-5).

1. Adım: Karar matrisi (D) Eşitlik (6)'daki gibi oluşturulur. Burada m alternatif ve n kriter sayısını göstermektedir.

$$D = [d_{ij}]_{m \times n} \tag{6}$$

2. Adım: Karar matrisi Eşitlik (7) ve (8) kullanılarak normalize edilir.

$$d_{ij}^* = \frac{\min d_{ij}}{d_{ij}}; \text{ eğer maliyet kriteri ise} \tag{7}$$

$$d_{ij}^* = \frac{d_{ij}}{\max d_{ij}}; \text{ eğer fayda kriteri ise} \tag{8}$$

3. Adım: Normalize edilmiş değerler Eşitlik (9) kullanılarak standart hale getirilir.

$$y_{ij} = \frac{d_{ij}^* - \mu_j}{\sigma_j} \tag{9}$$

Burada μ_j ve σ_j sırasıyla j . kriterin ortalama değerini ve standart sapmasını ifade etmektedir. μ_j Eşitlik (10) ve σ_j Eşitlik (11) kullanılarak elde edilmektedir.

$$\mu_j = \frac{\sum_{i=1}^m d_{ij}^*}{m} \tag{10}$$

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (d_{ij}^* - \mu_j)^2}{m}} \tag{11}$$

4. Adım: İdeal (y_{ij}^+) değeri Eşitlik (12) ve anti-ideal (y_{ij}^-) değeri Eşitlik (13) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$y_{ij}^+ = \max(y_{ij}) \quad (12)$$

$$y_{ij}^- = \min(y_{ij}) \quad (13)$$

5. Adım: Alternatiflerin ideal ve ideal olmayan noktalara olan ağırlıklı Öklid uzaklıkları sırasıyla, WED_i^+ Eşitlik (14) ve WED_i^- Eşitlik (15) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$WED_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n \{w_j \times (y_{ij} - y_{ij}^+)\}^2} \quad (14)$$

$$WED_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n \{w_j \times (y_{ij} - y_{ij}^-)\}^2} \quad (15)$$

6. Adım: Son olarak İndeks Skoru IS_i Eşitlik (16) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$IS_i = \frac{WED_i^-}{WED_i^- + WED_i^+} \quad (16)$$

İndeks skoru, belirli bir alternatifin ideal çözüme göreli yakınlığını temsil etmektedir. Belirli bir alternatif için indeks skoru ne kadar yüksek olursa, alternatif ideal çözüme o kadar yakın olmaktadır. Bir diğer ifade ile indeks puanının değerinin en yüksek olduğu alternatif, dikkate alınan karar verme problemi için en iyi alternatifi göstermektedir (Rao ve Singh, 2012: 373).

4. UYGULAMA

Bu çalışmada, FUCOM ve WEDBA yöntemleri kullanılarak bir işletme için en uygun bulut hizmet sağlayıcı seçim problemi ele alınmıştır. Kriter ağırlıklarının belirlenmesi için FUCOM, alternatiflerin sıralanması için WEDBA yöntemi kullanılmıştır. Çalışma kapsamında altı kişilik uzmandan oluşan bir grup, kriter ve alternatifleri değerlendirmiştir. Seçilen uzmanlar bulut hizmet sağlayıcıları konusunda bilgi sahibi olup, üç uzman bilgisayar mühendisi, üç uzman (Prof. Dr., Dr. ve Arş. Gör.) ise Yönetim Bilişim Sistemleri bölümünde akademisyendir. Daha önce yapılan çalışmalarda ele alınan kriterler ve alternatifler, literatür taraması sonucunda uzman görüşlerinin bilgileri çerçevesinde incelenmiş olup, altı kriter ve beş alternatif belirlenmiştir. Değerlendirme kriterleri Tablo 1'de, alternatifler ise Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Bulut Hizmet Sağlayıcısı Seçimi için Değerlendirme Kriterleri

Sembol	Kriterler
K ₁	Aylık Maliyet (TL)
K ₂	Güvenlik
K ₃	Hafıza Kapasitesi
K ₄	Ek Ücretsiz Depolama Alanı
K ₅	Sürdürülebilirlik
K ₆	Dosya Paylaşım Kapasitesi

Tablo 2. Bulut Hizmet Sağlayıcısı Seçimi için Alternatifler

Sembol	Alternatifler
A ₁	Dropbox (For Business: Standard)
A ₂	Google Drive (Business Plus)
A ₃	Microsoft OneDrive İş (Plan 1)
A ₄	Yandex 360 for Business: Advanced
A ₅	MEGA Business

Çalışmada ele alınan K₁, K₃, K₄ ve K₆ kriterlerine ilişkin veriler 22.08.2022 ve 28.08.2022 tarihleri arasında bulut hizmet sağlayıcılarının web siteleri üzerinden elde edilmiştir. K₂ ve K₅ kriterleri ise Tablo 3'te yer alan ölçek kullanılarak uzman değerlendirmelerinin aritmetik ortalaması ile elde edilmiştir.

Tablo 3. K₂ ve K₅ Kriterlerinin Değerlendirilmesi için Kullanılan Ölçek

Değerlendirme	Değer
Çok iyi	5
İyi	4
Normal	3
Kötü	2
Çok kötü	1

Çalışmada ilk olarak FUCOM ile kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir. FUCOM yönteminin uygulama adımları üçüncü bölümde verilmektedir. Buna göre uzmanlar tarafından kriterlerin önem sıralamaları Tablo 4'te gösterilmektedir.

Tablo 4. Kriterlere İlişkin Önem Sıralamaları

Uzman 1	K ₂ >K ₁ >K ₅ >K ₆ >K ₃ >K ₄
Uzman 2	K ₂ >K ₁ >K ₆ >K ₅ >K ₄ >K ₃
Uzman 3	K ₅ =K ₂ >K ₃ >K ₆ >K ₄ >K ₁
Uzman 4	K ₃ >K ₁ >K ₂ >K ₄ >K ₆ >K ₅
Uzman 5	K ₂ >K ₃ >K ₁ >K ₅ >K ₄ =K ₆
Uzman 6	K ₂ >K ₅ >K ₁ >K ₃ =K ₆ >K ₄

Daha sonra, uzmanlar tarafından kriterlerin karşılaştırmalı öncelikleri Saaty (2008), 1-9 skalasına göre değerlendirilmiştir. Pamučar vd. (2018), ikili karşılaştırmanın iki şekilde gerçekleştirilebileceğini belirtmektedir. Buna göre kriterler sıralandıktan sonra kendi aralarında karşılaştırılabilir ya da karşılaştırma en önemli kriterin diğer kriterler ile karşılaştırılmasına dayanabilir. Bu çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmalar, en önemli kriterin diğer kriterler ile karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Tablo 5'te kriterlerin öncelikleri gösterilmektedir.

Tablo 5. Kriterlere İlişkin Öncelikler

Uzman 1	Kriterler Öncelikler	K ₂ K ₁ K ₅ K ₆ K ₃ K ₄ x 2 3 5 7 9
Uzman 2	Kriterler Öncelikler	K ₂ K ₁ K ₆ K ₅ K ₄ K ₃ x 2 4 7 8 9
Uzman 3	Kriterler Öncelikler	K ₅ K ₂ K ₃ K ₆ K ₄ K ₁ x 1 3 4 5 7
Uzman 4	Kriterler Öncelikler	K ₃ K ₁ K ₂ K ₄ K ₆ K ₅ x 2 3 5 7 9
Uzman 5	Kriterler Öncelikler	K ₂ K ₃ K ₁ K ₅ K ₄ K ₆ x 3 5 7 9 9
Uzman 6	Kriterler Öncelikler	K ₂ K ₅ K ₁ K ₃ K ₆ K ₄ x 2 4 5 5 9

Son olarak Model 5 kullanılarak kriter ağırlıkları elde edilmektedir. Örnek olması açısından Uzman 1 tarafından yapılan değerlendirmelere göre Model 5 esas alınarak Model 6 aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\text{Min } \chi$$

$$\text{s.t.}$$

$$\left| \frac{w_2}{w_1} - 2 \right| \leq \chi, \left| \frac{w_1}{w_5} - 1.5 \right| \leq \chi, \left| \frac{w_5}{w_6} - 1.66 \right| \leq \chi, \left| \frac{w_6}{w_3} - 1.4 \right| \leq \chi, \left| \frac{w_3}{w_4} - 1.28 \right| \leq \chi, \quad (6)$$

$$\left| \frac{w_2}{w_5} - 3 \right| \leq \chi, \left| \frac{w_1}{w_6} - 2.5 \right| \leq \chi, \left| \frac{w_5}{w_3} - 2.33 \right| \leq \chi, \left| \frac{w_6}{w_4} - 1.8 \right| \leq \chi,$$

$$\sum_{j=1}^6 w_j = 1,$$

$$w_j \geq 0, \forall j$$

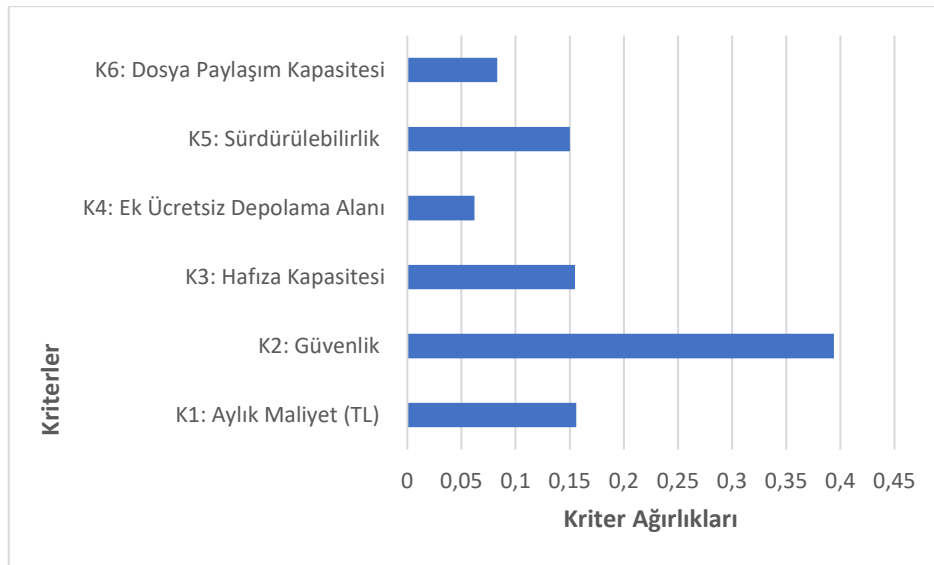
Model 6 Excel Solver ile çözülmüş ve kriter ağırlıkları şu şekilde elde edilmiştir:

$w_1 = 0.219, w_2 = 0.437, w_3 = 0.062, w_4 = 0.049, w_5 = 0.146, w_6 = 0.087$ ve TTS değeri $\chi = 0$. TTS değeri, elde edilen kriter ağırlıklarının, kriterlerin karşılaştırmalı önceliklerden sapma değerini göstermektedir (Ecer, 2021: 28). Sıfıra çok yakın bir TTS değeri, kriter ağırlık katsayılarının güvenilirliğinin yüksek olduğunu ortaya koymaktadır (Ayçin ve Aşan, 2021: 204). Diğer uzmanlar tarafından yapılan değerlendirmeler için de benzer adımlar takip edilmiştir. Uzmanlar için ayrı ayrı hesaplanan kriter ağırlıklarının birleştirilip nihai ağırlıkların elde edilmesinde aritmetik ortalama kullanılmıştır (Ecer, 2021; Ayçin ve Aşan, 2021; Akar, 2022). Her bir uzman için elde edilen kriter ağırlıkları ve nihai ağırlıklar Tablo 6'da sunulmuştur. Buna ek olarak TTS değeri, tüm modeller için 0'dır.

Tablo 6. Bulut Hizmet Sağlayıcısı Seçimi için Kriter Ağırlıkları

Kriterler	Uzman 1	Uzman 2	Uzman 3	Uzman 4	Uzman 5	Uzman 6	Nihai Ağırlık
K ₁	0.219	0.235	0.049	0.219	0.105	0.111	0.156
K ₂	0.437	0.470	0.342	0.146	0.527	0.442	0.394
K ₃	0.062	0.052	0.114	0.437	0.176	0.088	0.155
K ₄	0.049	0.059	0.068	0.087	0.059	0.049	0.062
K ₅	0.146	0.067	0.342	0.049	0.075	0.221	0.150
K ₆	0.087	0.117	0.085	0.062	0.059	0.088	0.083

Şekil 2'de kriter ağırlıklarının dağılımı gösterilmektedir. Bir işletme için en uygun bulut hizmet sağlayıcısı seçiminde kriter ağırlıkları önem seviyelerine göre sırasıyla, güvenlik, aylık maliyet, hafıza kapasitesi, sürdürülebilirlik, dosya paylaşım kapasitesi ve ek ücretsiz depolama alanı şeklinde elde edilmiştir.



Şekil 2. Bulut Hizmet Sağlayıcısı Seçimi Kriter Ağırlıklarının Dağılımı

Daha sonra Tablo 2'de yer alan alternatiflerin sıralanması için WEDBA yöntemi adımları aşağıdaki gibi gerçekleştirilmektedir. Öncelikle probleme ilişkin karar matrisi Tablo 7'de görüldüğü gibi oluşturulur.

Tablo 7. Karar Matrisi

Alternatifler	K ₁ (TL)	K ₂	K ₃ (TB)	K ₄ (GB)	K ₅	K ₆ (GB)
Dropbox	297.77	3	3	2	5	100
Google Drive	108	5	5	15	4	750
OneDrive	90.5	4	1	10	5	250
Yandex	410.77	3	3	10	3	50
MEGA	91.12	4	3	20	2	1000

Tablo 7’de yer alan MEGA alternatifinin K₆ kriteri dosya paylaşım kapasitesi sınırı yoktur. Bu nedenle ilgili hücreye büyük bir değer atanmıştır.

Eşitlik (7) ve (8) kullanılarak normalize edilmiş karar matrisi Tablo 8’de görülmektedir.

Tablo 8. Normalize Edilmiş Karar Matrisi

Alternatifler	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆
Dropbox	0.304	0.6	0.6	0.1	1	0.1
Google Drive	0.838	1	1	0.75	0.8	0.75
OneDrive	1.000	0.8	0.2	0.5	1	0.25
Yandex	0.220	0.6	0.6	0.5	0.6	0.05
MEGA	0.993	0.8	0.6	1	0.4	1

d_{11} (maliyet kriteri) için Eşitlik (7) kullanılarak $d_{11}^* = \frac{90.5}{297.77} = 0.304$ ve d_{12} (fayda kriteri) için Eşitlik (8)’den yararlanılarak $d_{12}^* = \frac{3}{5} = 0.6$ olarak hesaplanmıştır.

Eşitlik (9) kullanılarak standardize edilmiş karar matrisi Tablo 9’da görülmektedir.

Tablo 9. Standardize Edilmiş Karar Matrisi

Alternatifler	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆
Dropbox	-1.080	-1.069	0.000	-1.570	1.029	-0.874
Google Drive	0.491	1.604	1.581	0.601	0.171	0.847
OneDrive	0.968	0.267	-1.581	-0.234	1.029	-0.477
Yandex	-1.326	-1.069	0.000	-0.234	-0.686	-1.006
MEGA	0.948	0.267	0.000	1.437	-1.543	1.509

Eşitlik (9)’a göre $y_{11} = \frac{d_{11}^* - \mu_1}{\sigma_1} = \frac{0.304 - 0.671}{0.33} = -1.080$

Eşitlik (12) kullanılarak ideal (y_{ij}^+) değerleri ve Eşitlik (13) kullanılarak elde edilen anti-ideal (y_{ij}^-) değerleri Tablo 10’da görülmektedir.

Tablo 10. İdeal (y_{ij}^+) ve Anti-İdeal (y_{ij}^-) Değerleri

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆
y_{ij}^+	0.968	1.604	1.581	1.437	1.029	1.509
y_{ij}^-	-1.326	-1.069	-1.581	-1.570	-1.543	-1.006

$y_{11}^+ = \max(y_{11}) = 0.968$ ve $y_{11}^- = \min(y_{11}) = -1.326$

Son olarak, Eşitlik (14) kullanılarak alternatiflerin ideal noktalara uzaklıkları (WED_i^+) ve Eşitlik (15) kullanılarak ideal olmayan noktalara olan uzaklıkları (WED_i^-) hesaplanmış daha sonra Eşitlik (16) kullanılarak indeks skorları IS_i elde edilmiş ve Tablo 11’de gösterilmiştir.

Tablo 11. İndeks Skorları ve Alternatiflerin Sıralamaları

Alternatifler	WED_i^+	WED_i^-	IS_i	Sıralama
Dropbox	1.160	0.459	0.284	4
Google Drive	0.167	1.240	0.882	1
OneDrive	0.745	0.750	0.502	3
Yandex	1.191	0.289	0.195	5
MEGA	0.697	0.736	0.513	2

Burada WED_1^+ =

$$\sqrt{\{0.156 \times (-1.08 - 0.968)\}^2 + \{0.394 \times (-1.069 - 1.604)\}^2 + \dots + \{0.083 \times (-0.874 - 1.509)\}^2} = 1.160$$

WED_1^- =

$$\sqrt{\{0.156 \times (-1.08 - (-1.326))\}^2 + \{0.394 \times (-1.069 - (-1.069))\}^2 + \dots + \{0.083 \times (-0.874 - (-1.006))\}^2}$$

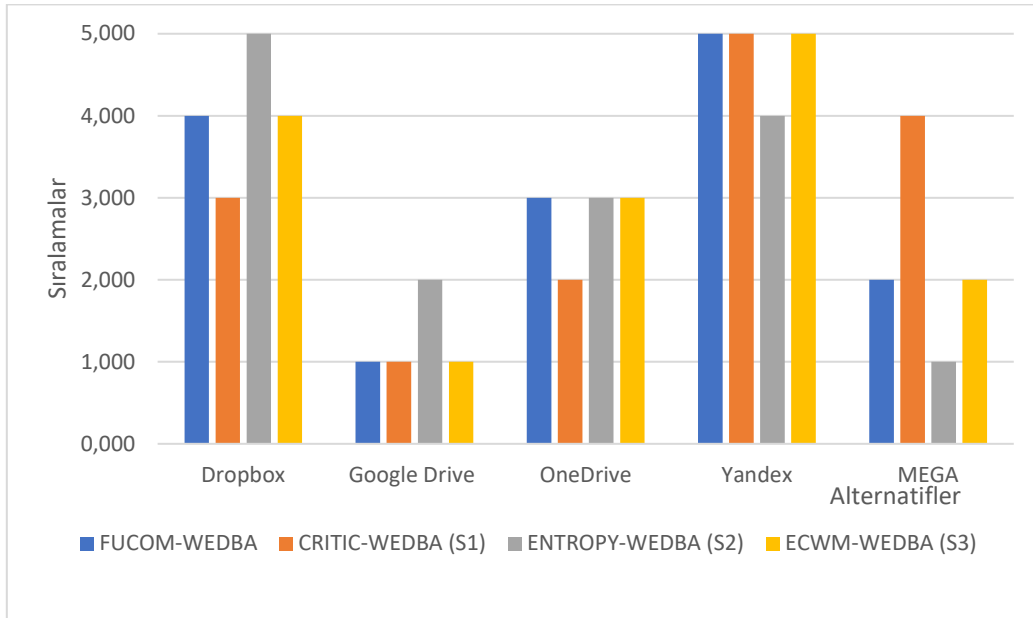
= 0.459

$$\text{ve } IS_1 = \frac{0.459}{0.459+1.160} = 0.284$$

Diğer alternatifler için de yukarıdaki işlemler tekrarlanarak her bir alternatif için WED_i^+ ve WED_i^- değerleri elde edildikten sonra IS değerleri hesaplanmaktadır. Tablo 11'de tüm alternatifler için elde edilen IS değerleri ve alternatiflerin sıralamaları görülmektedir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, işletmelere sunulan paketler açısından en uygun bulut hizmet sağlayıcıları sırasıyla Google Drive, MEGA, OneDrive, Dropbox ve Yandex şeklindedir.

4.1. Duyarlılık Analizi

Bir karar vermeden önce, elde edilen sonuçların güvenilirliğini değerlendirmek gerekmektedir. Alternatiflerin nihai sıralamaları, büyük ölçüde kriterlerin ağırlıklarına bağlıdır. Kriter ağırlıklarındaki küçük değişiklikler nihai sıralamada büyük değişikliklere neden olabilir. Bu çalışmada elde edilen kriter ağırlıkları subjektif değerlendirmeler ile elde edildiği için, değişen kriter ağırlıkları altında sıralamaların kararlılığı test edilmelidir. Sıralamalar, kriter ağırlıklarındaki küçük değişikliklere oldukça duyarlıysa, ağırlıkların dikkatli bir şekilde gözden geçirilmeli ve kriterlerin zayıf ayırt etme potansiyeline karşı ek karar kriterlerinin dahil edilmesi önerilmektedir. Bu amaçla, kriterlerin ağırlıklarına ilişkin farklı görüşleri yansıtan senaryolara dayalı olarak duyarlılık analizi yapılabilir (Chang vd., 2007: 303-304). Böylece, duyarlılık analizi karar vericilere sıralamaların kararlılığını kontrol etmesine yardımcı olmaktadır. Çalışmada önerilen FUCOM- WEDBA modelinin değerlendirilmesi için duyarlılık analizi yapılmıştır. Duyarlılık analizi kapsamında objektif ağırlıklandırma yöntemleri kullanılarak üç senaryo (S1, S2 ve S3) belirlenmiştir. Burada S1; CRITIC yöntemi ile S2; Entropi yöntemi ile ve S3; Zafar vd. (2021) tarafından sunulan bütünleşik Entropi-CRITIC ağırlık yöntemi (ECWM) ile elde edilen ağırlıklar sonucu gerçekleşen sıralamaları göstermektedir. FUCOM, S1, S2 ve S3 senaryoları kapsamında WEDBA ile alternatiflerin nihai sıralamaları Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 3. Duyarlılık Analizi ve Sıralamalar

FUCOM-WEDBA ile elde edilen birinci ve beşinci alternatiflere ilişkin sıralamalar S1 ve S3 senaryolarında da aynı şekilde elde edilmiştir. Bir diğer ifade ile S1 ve S3 senaryoları için de Google Drive birinci alternatif ve Yandex

beşinci alternatif olarak bulunmuştur. Farklı olarak, S2 senaryosu, Google Drive'ı ikinci alternatif ve Yandex'i dördüncü alternatif olarak sıralamaktadır. Buna göre aynı sıralama sonucu olmasa da FUCOM-WEDBA ile elde edilen sıralamalara göre yüksek bir değişkenlik olmadığı söylenebilir. S3 senaryosu ise çalışmada elde edilen tüm sıralama sonuçları ile aynıdır. Duyarlılık analizi sonuçları, alternatif sıralamalarının kararlılığının yüksek olduğunu göstermektedir. Bu çalışma, bir işletme için en uygun bulut hizmet sağlayıcısı seçimine odaklanmaktadır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, kriterler önem seviyelerine göre sırasıyla; K₂: Güvenlik (0.394), K₁: Aylık Maliyet (0.156), K₃: Hafıza Kapasitesi (0.155), K₅: Sürdürülebilirlik (0.150), K₆: Dosya Paylaşım Kapasitesi (0.083) ve K₄: Ek Ücretsiz Depolama Alanı (0.062) şeklindedir. Alternatiflerin sıralaması ise Google Drive, MEGA, OneDrive, Dropbox ve Yandex olarak elde edilmiştir.

5. SONUÇ

Gerçek dünya problemleri göz önüne alındığında birbiri ile çelişen farklı kriterlerin değerlendirilmesine olanak sağlayan ÇKKV yöntemleri birçok uygulamada kullanılmaktadır. Bu çalışmada bir işletme için en uygun bulut hizmet sağlayıcısı seçim problemi FUCOM-WEDBA tabanlı yeni bütünleşik bir ÇKKV yöntemi ile ele alınmıştır. Günümüzde işletmeler, sağladığı faydalardan dolayı bulut hizmet sağlayıcılarına önem vermekte ve bulut hizmet sağlayıcıları BT sistemlerine hızlı bir şekilde entegre edilmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda, en uygun bulut hizmet sağlayıcısı seçimi konusu genellikle nitel kriterler ve farklı ÇKKV yöntemleri ile değerlendirilse de nicel veriler kullanılarak belirli bir müşteri sınıfına yönelik uygulama sayısının kısıtlı olması dikkat çekmektedir. Farklı müşteri sınıfları farklı bulut hizmet sağlayıcıları özelliklerine ihtiyaç duyabilmektedir. Bu nedenle belirli bir müşteri sınıfına yönelik olarak kriterlerin belirlenmesi oldukça önemlidir çünkü hitap edilen müşteri sınıfı için gereksinim niteliğinde olmayan ancak değerlendirmeye alınan kriterler en uygun bulut hizmet sağlayıcısı seçimini önemli ölçüde etkileyebilmektedir.

Bu çalışma kapsamında, öncelikle kriter ve alternatifler literatür taraması ile elde edildikten sonra uzman görüşleri çerçevesinde incelenmiş olup, altı kriter; K₁: Aylık Maliyet (TL), K₂: Güvenlik, K₃: Hafıza Kapasitesi, K₄: Ek Ücretsiz Depolama Alanı, K₅: Sürdürülebilirlik ve K₆: Dosya Paylaşım Kapasitesi ve beş alternatif; A₁: Dropbox (For Business: Standard), A₂: Google Drive (Business Plus), A₃: Microsoft OneDrive İş (Plan 1), A₄: Yandex 360 for Business: Advanced ve A₅: MEGA Business belirlenmiştir. Daha sonra, FUCOM ile kriter ağırlıkları elde edilmiş ve WEDBA yöntemi ile bulut hizmet sağlayıcıları sıralanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, önem seviyesi en yüksek kriterin K₂: Güvenlik ve önem seviyesi, en düşük kriterin K₄: Ek Ücretsiz Depolama Alanı olduğunu göstermektedir. Buna ek olarak işletme için en uygun ilk üç bulut hizmet sağlayıcıları sırasıyla Google Drive, MEGA ve OneDrive'dır. Çalışma sonuçları, işletmelere yönelik farklı paketler sunan bulut hizmet sağlayıcılarının güvenlik, aylık maliyet ve hafıza kapasitesi kriterlerine daha çok odaklanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Belirli bir müşteri sınıfı için hangi bulut hizmet sağlayıcısının en uygun olacağı tartışmaya açık bir konudur çünkü her geçen gün yeni bulut hizmet sağlayıcıları ortaya çıkmakta ya da varolan bulut hizmet sağlayıcıları yeni özellikler ekleyebilmektedir. Bu durum çok hızlı genişleyen bu pazarda güçlü bir rekabet ortamına neden olmaktadır. Bu çalışmanın ana katkısı bir işletme için en uygun bulut hizmet sağlayıcısını nicel veriler ile belirlemektir. Buna ek olarak, çalışmadan elde edilen sonuçlar bu pazarda faaliyette bulunan bulut hizmet sağlayıcılarının oldukları konumu belirlemesine yardımcı olacak unsurları görebilmesini sağlayabilir. Ayrıca bu alanda yeni bütünleşik FUCOM-WEDBA yöntemi daha önce kullanılmamıştır. Bu yönleri ile çalışmanın literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.

Bulut hizmeti seçimi konusuna verilen önem nedeniyle literatürde bu konuya ilişkin çözüm öneren birçok çalışma vardır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar bu konuyla ilgili daha önce yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında, Papathanasiou vd. (2015)'e göre Google Drive, uzmanlar tarafından en çok tercih edilen bulut hizmet sağlayıcılarından biridir. Buna ek olarak, Google Drive ve Dropbox genellikle akademik personel ve öğrenciler tarafından en çok kullanılan bulut hizmet sağlayıcıları arasındadır. Kumar vd. (2018), bulut hizmeti değerlendirmesi ve seçimi konusunu ele almıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, işlemci performansı, bellek performansı, maliyet, önem seviyesi en yüksek kriterlerdir. Buna ek olarak City-Cloud en uygun alternatif olarak bulunmuştur. Bu çalışma sonucundan farklı olarak Google ise 11 alternatif arasından 7. sıradadır. Nawaz vd. (2018), hafıza kriterini önem seviyesi en yüksek ikinci kriter olarak belirtirken maliyet kriterini önem seviyesi en düşük kriter olarak elde etmiştir. Youssef (2020)'e göre, sürdürülebilirlik kriteri en az önem seviyesine sahip kriterdir. Bu çalışma diğer çalışmalardan farklı olarak bir işletme için en uygun bulut hizmet sağlayıcısına odaklandığından dolayı Google Drive'dan sonra MEGA'yı en uygun alternatif olarak sunmaktadır.

Bu çalışmanın kısıtları, bulut hizmet sağlayıcılarından elde edilen verilerin belirli bir döneme (22.08.2022) ilişkin değerleri yansıtması ve belirli sayıda kriterin ele alınmış olmasıdır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda bu çalışmada ele alınan nicel kriterlere ek olarak nitel kriterler de eklenip farklı ÇKKV yöntemleri ile problem ele alınarak sonuçların değişip değişmediği karşılaştırılabilir. Çalışmada önerilen bütünlük FUCOM-WEDBA yaklaşımının kullanımının kolay ve hesaplama süresinin kısa olması karar verme problemlerinde verimli bir şekilde kullanılabilirliğini göstermektedir. Bu nedenle önerilen bütünlük yöntem farklı karar verme problemleri için uygulanabilir.

KAYNAKÇA

- Abdullah, A., Ahmad, S., Athar, M.A., Rajpoot, N. ve Talib, F. (2022). "Healthcare performance management using integrated FUCOM-MARCOS approach: The case of India". *Health Planning and Management*, 37(5), 2635-2668.
- Ahmad, N. ve Quahmash, A. (2020). "Implementing Fuzzy AHP and FUCOM to evaluate critical success factors for sustained academic quality assurance and ABET accreditation". *PLoS ONE* 15(9): e0239140.
- Akar, G.S. (2022). "Tedarik Zincirlerinde Sürdürülebilir İmalatın Önündeki Engelleyici Faktörlerin Tam Tutarlılık Yöntemiyle (FUCOM) Değerlendirilmesi". *Bucak İşletme Fakültesi Dergisi*, 5(2), 298-318.
- Akbari, M., Meshram, S. G., Krishna, R. S., Pradhan, B., Shadeed, S., Khedher, K. M., Sepehri, M., Ildoromi, A.R., Alimerzaei, F. ve Darabi, F. (2021). "Identification of the Groundwater Potential Recharge Zones Using MCDM Models: Full Consistency Method (FUCOM), Best Worst Method (BWM) and Analytic Hierarchy Process (AHP)". *Water Resources Management*, 35(14), 4727-4745.
- Alam, K.A., Ahmed, R., Butt, F.S., Kim, S. G. ve Ko, K.M. (2018). "An Uncertainty-Aware Integrated Fuzzy AHP-WASPAS Model to Evaluate Public Cloud Computing Services". *Procedia Computer Science*, 130, 504-509.
- Ali, Y., Mehmood, B., Huzafa, M., Yasir, U. ve Khan, A. U. (2020). "Development of a New Hybrid Multi Criteria Decision-Making Method for a Car Selection Scenario". *Facta Universitatis. Series: Mechanical Engineering*, 18(3), 357-373.
- Ayçin, E. ve Aşan, H. (2021). "İş Zekası Uygulamaları Seçimindeki Kriterlerin Önem Ağırlıklarının FUCOM Yöntemi ile Belirlenmesi". *KOCATEPE İİBFD*, 23(2), 195-208.
- Badi, I. ve Abdulshahed, A. (2019). "Ranking the Libyan Airlines by Using Full Consistency Method (FUCOM) and Analytical Hierarchy Process (AHP)". *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 2(1), 1-14.
- Badi, I., Muhammad, L. J., Abubakar, M. ve Bakır, M. (2022). "Measuring Sustainability Performance Indicators Using FUCOM-MARCOS Methods". *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 5(2), 99-116.
- Basar, M. ve Tolga, A. C. (2020, July). Smart System Evaluation in Vertical Farming via Fuzzy WEDBA Method. *In International Conference on Intelligent and Fuzzy Systems* (pp. 534-542). Springer, Cham.
- Biswas, S., Pamucar, D., Kar, S. ve Sana, S.S. (2021). "A New Integrated FUCOM-CODAS Framework with Fermatean Fuzzy Information for Multi-Criteria Group Decision-Making". *Symmetry*, 13, 2430.
- Buyya, R., Yeo, C.S., Venugopal, S., Broberg, J. ve Brandic, I. (2009). "Cloud Computing and Emerging IT Platforms: Vision, Hype and Reality for Delivering Computing as the 5th Utility". *Future Generation Computer Systems*, 25(6), 599-616.
- Chang, C. W., Wu, C.R., Lin, C.T. ve Chen, H. C. (2007). "An Application of AHP and Sensitivity Analysis for Selecting the Best Slicing Machine". *Computers & Industrial Engineering*, 52(2), 296-307.
- Demir, G. (2021). "E-Devlet Web Sitelerinin Bulanık FUCOM ile Değerlendirilmesi". *International Journal of Economic and Administrative Academic Research*, 1(2), 41-53.
- Demir, G. ve Bircan, H. (2020). "Kriter Ağırlıklandırma Yöntemlerinden BWM ve FUCOM Yöntemlerinin karşılaştırılması ve bir Uygulama". *Sivas Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21(2), 170-185.
- Do Chung, B. ve Seo, K. K. (2015). "A Cloud Service Selection Model Based on Analytic Network Process". *Indian Journal of Science and Technology*, 8(18), 1-5.
- Durmić, E., Stević, Ž., Chatterjee, P., Vasiljević, M. ve Tomašević, M. (2020). "Sustainable Supplier Selection Using Combined FUCOM-Rough SAW Model". *Reports in mechanical engineering*, 1(1), 34-43.
- Ecemiş, O. ve Coşkun, A. (2022). "Türkiye'de Bilişim Teknolojileri Kullanımının ÇKKV Yöntemleriyle İncelenmesi 2014-2021 dönemi". *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (37), 81-89.

- Ecer, F. (2021). "An Analysis of the Factors Affecting Wind Farm Site Selection through FUCOM Subjective Weighting Method". *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 27(1), 24-34.
- Emekci, A., Kuğu, E. ve Temiztürk, M. (2016). "Adli Bilişim Ezberlerini Bozan Bir Düzlem: Bulut Bilişim". *Uluslararası Bilgi Güvenliği Mühendisliği Dergisi*, 2(1), 8-14.
- Erceg, Ž., Starčević, V., Pamučar, D., Mitrović, G., Stević, Ž. ve Žikić, S. (2019). "A New Model for Stock Management in Order to Rationalize Costs: ABC-FUCOM-Interval Rough CoCoSo Model". *Symmetry*, 11(12), 1527.
- Fazlollahtabar, H., Smailbašić, A. ve Stević, Ž. (2019). "FUCOM Method in Group Decision-Making: Selection of Forklift in a Warehouse". *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 2(1), 49-65.
- Gupta, A., Gupta, N. ve Garg, R. K. (2018). "Implementing Weighted Entropy-Distance Based Approach for the Selection of Software Reliability Growth Models". *International Journal of Computer Applications in Technology*, 57(3), 255-266.
- Hoan, P. ve Ha, Y. (2021). "ARAS-FUCOM approach for VPAF fighter aircraft selection". *Decision Science Letters*, 10(1), 53-62.
- Işık, Ö. (2021). "AHP, CRITIC VE WEDBA Yöntemlerini İçeren Entegre Bir ÇKKV Modeli İle AXA Sigorta Şirketinin Finansal Performansının Analizi". *Uluslararası İşletme, Ekonomi ve Yönetim Perspektifleri Dergisi (IJBEMP)*, 5(2), 892-908.
- Jain, V. ve Ajmera, P. (2019). "Application of MADM Methods as MOORA and WEDBA for Ranking of FMS Flexibility". *International Journal of Data and Network Science*, 3(2), 119-136.
- Jaiswal, A. ve Mishra, R.B. (2017). "Cloud Service Selection Using TOPSIS and Fuzzy TOPSIS with AHP and ANP". *International Conference on Machine Learning and Soft Computing, Ho Chi Minh City Vietnam, January 13 - 16, 2017*, 136-142.
- Kumar, R. R., Mishra, S. ve Kumar, C. (2018). "A novel framework for cloud service evaluation and selection using hybrid MCDM methods". *Arabian Journal for Science and Engineering*, 43(12), 7015-7030.
- Kumar, R.R., Shameem, M. ve Kumar, C. (2022). "A Computational Framework for Ranking Prediction of Cloud Services Under Fuzzy Environment". *Enterprise Information Systems*, 16(1), 167-187.
- Kwon, H. K. ve Seo, K. K. (2013). "A Decision-Making Model to Choose a Cloud Service Using Fuzzy AHP". *Advanced Science and Technology Letters*, 35(1), 93-96.
- Madhavaiah, C. ve Bashir, I. (2012). "Defining Cloud Computing in Business Perspective: A Review of Research". *Metamorphosis*, 11(2), 50-65.
- Mahendra, G. S. (2022). "Decision Support System Using FUCOM-MARCOS for Airline Selection in Indonesia". *JITK (Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Komputer)*, 8(1), 1-9.
- Mandal, S. ve Khan, D. A. (2022). "Cloud-CoCoSo: Cloud Model-Based Combined Compromised Solution Model for Trusted Cloud Service Provider Selection". *Arabian Journal for Science and Engineering*, 8, 1-26.
- Monika ve Sangwan, O.P. (2022). "Quality Evaluation of Cloud Services Using MCDM Techniques: A Comparative Analysis". *13th International Conference on Soft Computing and Pattern Recognition (SoCPaR 2021)*. Lecture Notes in Networks and Systems, 417. Springer, Cham.
- Munier, N. ve Hontoria, E. (2021). "Uses and Limitations of the AHP Method. A Non-Mathematical and Rational Analysis". In *Management for Professionals*, Springer, Berlin, Germany.
- Nawaz, F., Asadabadi, M. R., Janjua, N. K., Hussain, O. K., Chang, E. ve Saberi, M. (2018). "An MCDM Method for Cloud Service Selection Using a Markov Chain and The Best-Worst Method". *Knowledge-Based Systems*, 159, 120-131. .
- Nouredine, M. ve Ristic, M. (2019). "Route Planning for Hazardous Materials Transportation: Multi criteria Decision Making Approach". *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 2(1), 66-85.
- Nunić, Z. (2018). "Evaluation and selection of Manufacturer PVC carpentry using FUCOM-MABAC model". *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 1(1), 13-28.
- Ong, M.C., Leong, Y.T., Wan, Y.K. vd. (2021). "Multi-objective Optimization of Integrated Water System by FUCOM-VIKOR Approach". *Process Integr Optim Sustain*, 5, 43-62.
- Pamučar, D., Stević, Ž. ve Sremac, S. (2018). "A New Model for Determining Weight Coefficients of Criteria in MCDM Models: Full Consistency Method (FUCOM)". *Symmetry*, 10(9), 393.
- Papathanasiou, J., Kostoglou, V. ve Petkos, D. (2015). "A Comparative Analysis of Cloud Computing Services Using Multicriteria Decision Analysis Methodologies". *International Journal of Information and Decision Sciences*, 7(1), 51-70.

- Peker, B. N. ve Görener, A. (2022). "Tesis Yeri Seçiminde Kriterlerin Önem Ağırlıklarının Bulanık FUCOM Yöntemiyle Belirlenmesi". *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(45), 1512-1536.
- Prentkovskis, O., Erceg, Ž., Stević, Ž., Tanackov, I., Vasiljević, M. ve Gavranović, M. (2018). "A New Methodology for Improving Service Quality Measurement: Delphi-FUCOM-SERVQUAL Model". *Symmetry*, 10(12), 757.
- Rao, R. V. ve Singh, D. (2011). "Evaluating Flexible Manufacturing Systems Using Euclidean Distance-Based Integrated Approach". *International Journal of Decision Sciences, Risk and Management*, 3(1-2), 32-53.
- Rao, R. V. ve Singh, D. (2012). "Weighted Euclidean Distance Based Approach as a Multiple Attribute Decision Making Method for Plant or Facility Layout Design Selection". *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 3(3), 365-382.
- Rashid, A. ve Chaturvedi, A. (2019). "Cloud Computing Characteristics and Services: A Brief Review". *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, 7(2), 421-426.
- Rezaei, J. (2015). "Best-Worst Multi-Criteria Decision-Making Method". *Omega*, 53, 49-57.
- Saaty, T. L. (2008). "Decision Making with The Analytic Hierarchy Process". *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98.
- Saqib, N., Arora, M. ve Chopra, S. (2018). "Cloud Computing Architecture Issues and Future Research Directions". *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)*, 5(11), 532- 537.
- Stević, Ž. ve Brković, N. (2020). "A Novel Integrated FUCOM-MARCOS Model for Evaluation of Human Resources in a Transport Company". *Logistics*, 4(1), 4.
- Şimşek, O. (2022). "Hibrid bir ÇKKV Modeli ile Türk Bankacılık Sektöründe Finansal Performans Değerlendirmesi". *Turkish Studies-Economy*, 17(2), 447-470.
- Tang, C. ve Liu, J. (2015). "Selecting a Trusted Cloud Service Provider for Your Saas Program". *Computers & Security*, 50, 60-73.
- Tanwar, A.S., Evangelatos, N., Venne, J., Ogilvie, L. A., Satyamoorthy, K. ve Brand, A. (2021). "Global Open Health Data Cooperatives Cloud in an Era of COVID-19 and Planetary Health". *OMICS: A Journal of Integrative Biology*, 25(3), 169-175.
- Tolga, Ç. A. ve Basar, M. (2022). "The Assessment of a Smart System in Hydroponic Vertical Farming via Fuzzy MCDM Methods". *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 42(1), 1-12.
- Toslak, M., Aktürk, B. ve Ulutaş, A. (2022). "MEREK ve WEDBA Yöntemleri ile Bir Lojistik Firmasının Yıllara Göre Performansının Değerlendirilmesi". *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 363-372.
- Ulutaş, A. (2020). "Stacker Selection with PSI and WEDBA Methods". *International Journal of Contemporary Economics and Administrative Sciences*, 10(2), 493-504.
- Youssef, A.E. (2020). "An Integrated MCDM Approach for Cloud Service Selection Based on TOPSIS and BWM". *IEEE Access*, 8, 71851-71865.
- Zafar, S., Alamgir, Z. ve Rehman, M. H. (2021). "An Effective Blockchain Evaluation System Based on Entropy-CRITIC Weight Method and MCDM Techniques". *Peer-to-Peer Networking and Applications*, 14(5), 3110-3123.

Beyan ve Açıklamalar (Disclosure Statements)

1. Bu çalışmanın yazarları, araştırma ve yayın etiği ilkelerine uyduklarını kabul etmektedirler (The authors of this article confirm that their work complies with the principles of research and publication ethics).
2. Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir (No potential conflict of interest was reported by the authors).
3. Bu çalışma, intihal tarama programı kullanılarak intihal taramasından geçirilmiştir (This article was screened for potential plagiarism using a plagiarism screening program).