



ÜÇÜNCÜ TARAF LOJİSTİK (3PL) SAĞLAYICILARININ SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK PERSPEKTİFİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ: FUCOM TEMELLİ ENTEGRE BİR YAKLAŞIM

Hasan Emin GÜRLER ¹

Öz

Geleneksel yaklaşımda 3PL seçimi, uzun yıllar boyunca sadece maliyet temelli olmuştur. Ancak işletmeler, tedarikçi seçiminde tek bir kriter olarak maliyetin yeterli olmadığını farkına varmış ve artan çevresel kaygılara paralel olarak sürdürülebilirlik odaklı kriterleri de değerlendirme süreçlerine dahil etmişlerdir. Bu bağlamda mevcut çalışma, FUCOM temelli TOPSIS, SAW ve MABAC tekniklerinin entegrasyonu ile 3PL sağlayıcıların yalnızca geleneksel kriterler değil aynı zamanda sürdürülebilirlik odağında kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Araştırmada, Ekonomik boyuttan 2, Çevresel boyuttan 3 ve Sosyal boyuttan 2 olmak üzere toplam 7 kriter kullanılmıştır. Beş uzmandan alınan görüşler, FUCOM yöntemi ile analiz edilmiş ve sonuçlar, en önemli kriterin “maliyet”, en az önemli kriterin ise “İş güvenliği ve işçi sağlığı” olduğunu ortaya koymuştur. TOPSIS, SAW ve MABAC tekniklerinin sonuçlarına göre, en uygun alternatif A₃ iken en son seçenek A₄'tür. Sonuçların tutarlılığını test etmek amacıyla iki aşamalı duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada kriterler, SWARA ve BWM tekniklerine göre ağırlıklandırılırken ikinci aşamada TOPSIS, SAW ve MABAC yöntemlerinin sıralama sonuçlarını entegre etmek ve nihai bir sıralama elde etmek amacıyla Copeland ve Borda sayımı teknikleri kullanılmıştır. Duyarlılık analizyle sonuçlarının güvenilirliği test edilen değerlendirme modeli, işletmeler için daha etkin ve verimli 3PL seçimine yönelik bir karar destek sistemi sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler : Dış kaynak kullanımı, Sürdürülebilirlik, Üçüncü taraf lojistik (3PL), FUCOM, 3PL sağlayıcı seçimi.

Jel Sınıflandırılması : C30, C60.

¹ Arş. Gör. Dr., Kilis 7 Aralık Üniversitesi, İ.İ.B.F., Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, hasan.gurler@kilis.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5813-1631

Atıf/Citation (APA 6):

Gürler, H. E. (2025). Üçüncü taraf lojistik (3pl) sağlayıcılarının sürdürülebilirlik perspektifinden değerlendirilmesi: FUCOM temelli entegre bir yaklaşım. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(1), 1–31. <http://doi.org/10.25287/ohuiibf.1423816>.

EVALUATION OF THIRD PARTY LOGISTICS (3PL) PROVIDERS FROM A SUSTAINABILITY PERSPECTIVE: AN INTEGRATED APPROACH BASED ON FUCOM

Abstract

In the traditional approach, 3PL selection has been based solely on cost for many years. However, businesses have realized that more than cost is required as a single criterion in supplier selection. They have included sustainability-oriented criteria in their evaluation processes in parallel with increasing environmental concerns. The present study aims to comprehensively evaluate 3PL providers on traditional criteria and sustainability by integrating FUCOM-based TOPSIS, SAW, and MABAC techniques. A total of 7 criteria were used in the research: 2 from the Economic dimension, three from the Environmental dimension, and 2 from the Social dimension. The opinions of five experts were analyzed by the FUCOM method, and the results revealed that the most important criterion was "cost" and the least essential criterion was "Occupational safety and health". According to the results of TOPSIS, SAW, and MABAC techniques, the most appropriate alternative is A₃, while the last is A₄. In order to test the consistency of the results, a two-stage sensitivity analysis was performed. In the first stage, the criteria are weighted according to SWARA and BWM techniques. In contrast, in the second stage, Copeland and Borda count techniques integrate TOPSIS, SAW, and MABAC methods' ranking results and obtain a final ranking. The evaluation model's reliability of the results tested by sensitivity analysis provides a decision support system for more effective and efficient 3PL selection for businesses.

Keywords : Outsourcing, Sustainability, Third-party logistics (3PL), FUCOM, 3PL provider selection.

Jel Classification : C30, C60.

GİRİŞ

Günümüzde işletmeler önceliklerini gözden geçirme ve kaynaklarını temel yetkinlik olarak adlandırılan sınırlı sayıda seçilmiş fonksiyona ayırma eğilimindedir. Bu işletmeler rekabet avantajına sahip olmadıkları birçok faaliyeti dış tedarikçilere devretmektedirler. Dış kaynak kullanımı olarak bilinen bu süreç, bir kuruluşun kendi kaynaklarını kullanarak sağlayabileceği mal veya hizmetleri sağlamak için dışarıdan bir kuruluşu işe alması anlamına gelir (Nguyen ve Ménoury, 2022). Günümüz iş dünyasında, bir işletmenin dış ortaklarla yakın iş birliği içinde çalışmadan rekabetçi olabilmesi çok zordur. Bu nedenle, lojistik dış kaynak kullanımı, artan işletme giderleri ve ticari faaliyetlerin küreselleşmesinin bir sonucu olarak her firmanın önemli bir bileşenidir (Wang vd., 2023). Lojistik sektöründe Üçüncü Taraf Lojistik (3PL), diğer işletmelere veya bir bireye lojistik hizmetler sağlayan harici bir şirkettir (Hidayad ve Utama, 2022). Lojistik sektöründe dış kaynak kullanımı ile işletmeler, lojistik fonksiyonlarını teknoloji, teknik uzmanlık ve gelişmiş bilgi sistemleri ile alanında uzman dış kaynaklara devrederek rekabet avantajının birincil unsuru olan temel yetkinliklerine odaklanma şansına sahip olmaktadır. Bu sayede şirketin karmaşık lojistik faaliyetler için harcadığı zaman ve yatırım azalırken, bu faaliyetler için yapılan sabit yatırımlar, malzeme alımı ve/veya takibi, gerekli bilgi teknolojileri maliyetleri ve uzmanlık dış sağlayıcıya devredilebiliyor. Böylece işletmeler ana faaliyet alanlarına odaklanabilir ve rekabet avantajlarını koruyabilirler (Akpınar, 2021).

3PL pazarı, ortaya çıkan yoğun talep sayesinde önemli ölçüde gelişmektedir (Nguyen ve Ménoury, 2022). 2021 yılında dünya çapında 3PL pazarının 962,1 milyar ABD doları değerinde olduğu tahmin edilmektedir. Tahmin dönemi boyunca (2022-2030) %8,58 yıllık bileşik büyüme oranı ile büyüyerek 2030 yılına kadar 2018,22 milyar ABD dolarına ulaşması beklenmektedir (Wang vd., 2023). Küresel rekabet ve kısa vadeli taleplerdeki dalgalanmalar, müşteri ihtiyaçlarının çok hızlı bir şekilde karşılanmasını gerekli kılmakta, bu da firmalar üzerinde lojistik faaliyetlerini maliyet ve hizmet kalitesi açısından iyileştirme baskısına neden olmaktadır. Etkili ve verimli lojistik hizmetler, firmaların rekabet avantajı elde etmesine yardımcı olur. Bu nedenle, uygun 3PL sağlayıcısının

seçilmesi hayati önem taşımaktadır ve daha az maliyetli 3PL'nin seçilmesi firmalar için yeterli değildir (Bulurcu ve Nakiboglu, 2018). 3PL seçimi küreselleşme, e-ticaretin gelişimi ve artan müşteri talebi nedeniyle giderek daha popüler hale gelmektedir. Bununla birlikte, 3PL hizmet sağlayıcılarının seçim ve değerlendirme süreci işletmeler için zor bir süreçtir, çünkü karar verme sürecini birden fazla faktör etkilemektedir. Kötü bir 3PL seçimi, işletmeyi büyük ölçüde olumsuz etkileyebilir. Ortaya çıkan kayıplar finansal, maddi, itibar kaybı, kullanıcı kaybı ve diğerleri olabilir (Jovčić ve Průša, 2021).

Uygun 3PL sağlayıcılarının seçimi çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemi olarak düşünülebilir. 3PL hizmet pazarındaki yoğun rekabet nedeniyle, özellikle bu sağlayıcıları karakterize etmek için bir dizi kriter kullanıldığında, uygun bir lojistik sağlayıcı seçmek zordur (Nguyen ve Ménoury, 2022). Dolayısıyla 3PL seçim süreci, dikkate alınan kriterler, sektör ve işletme problemine bağlı olduğu için karmaşık çok kriterli karar verme sürecidir (Hidayad ve Utama, 2022). Tedarikçi seçim prosedürünün özellikleri genel olarak ülkeye (kültür, ekonomik koşullar vb.) ve özel olarak firmaya bağlı olarak değişir. Ayrıca, farklı sektörlerin kendine has özellikleri ve belirli gereksinimleri ve öncelikleri vardır. Bu nedenle, seçim kriterleri ve bu kriterlerin önemi farklı olabilir (Bulurcu ve Nakiboglu, 2018). Tedarikçi seçimine yönelik geleneksel yaklaşım, uzun yıllar boyunca 3PL sağlayıcıları yalnızca fiyat/maliyet temelinde seçmek olmuştur. Ancak işletmeler, tedarikçi seçiminde tek bir kriter olarak maliyetin yeterli olmadığını öğrendikçe, daha kapsamlı çok kriterli karar verme tekniklerine yönelmişlerdir. Son zamanlarda seçim kriterlerine geleneksel kalite, teslimat, maliyet ve hizmet faktörlerine çevresel, sosyal, politik ve müşteri memnuniyeti kaygılarının da eklenmesiyle bu seçim kararı giderek daha karmaşık hale gelmiştir (Zeydan vd., 2011).

Günümüzde yöneticiler, işletmelerinin yıkıcı ekolojik ve sosyal etkilerini azaltmak ve aynı zamanda tedarik zincirlerindeki faydaları artırmak için ağır bir baskı altındadır. Dolayısıyla, sürdürülebilir lojistik sistemlerinin tasarlanması ve uygulanması, rekabetçi pazarlarda şirketlerin önünde duran büyük zorluklardan biridir. Bu zorlukların üstesinden gelebilmek için işletmelerin ekonomik, çevresel ve sosyal hedeflerine yönelik organize ve etkin bir lojistik yapıya sahip olmaları gerekmektedir (Mavi vd., 2017). Ayrıca, tedarik zincirlerinin sürdürülebilirlik odağında güçlendirilmesi yoğun rekabetin olduğu günümüzde bir zorunluluk olmuştur. Sonuç olarak, çevresel kaygılar nedeniyle işletmeler, bazı lojistik faaliyetlerini işletme dışından temin etme arayışına girmiş ve bu durum 3PL'lerin önemini artırmıştır. Dolayısıyla giderek artan sayıda 3PL, operasyonlarını ve stratejilerini çevresel açıdan sürdürülebilir bir bakış açısıyla daha etkili olacak şekilde dönüştürmeye başlamıştır. Bu bağlamda, lojistik dış kaynak kullanımı çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için bir kaldıraç olarak görülebilir. Dolayısıyla 3PL'ler, çevresel açıdan daha sürdürülebilir tedarik zincirleri için çözümler geliştirme kabiliyetine sahip olarak sürdürülebilirliğe yönelik tedarik zinciri yönetiminde daha kritik bir rol oynamaktadır (Raut vd., 2018). Ayrıca 3PL'ler, sürdürülebilir tedarik zinciri çabalarının yürütülmesinde ve ekonomik, sosyal ve çevresel faydaların kolaylaştırılmasında çok önemli bir rol üstlenirler. Özellikle, 3PL'lerin tedarik zincirlerinin yönetimi, onları sosyal ve çevresel kaygıların ele alınmasında merkezi figürler olarak konumlandırmıştır. Sonuç olarak, sürdürülebilir 3PL'lerin belirlenmesi, tedarik zinciri yönetimine sürdürülebilirlik odaklı bir yaklaşım içinde çok önemli bir stratejik seçim olarak yer almaktadır (Ecer, 2021).

Uygun 3PL seçmek her kuruluş için önemli bir karar olmakla birlikte 3PL sağlayıcı seçildikten sonra, onun performansının izlenmesi de oldukça önemlidir (Gardas vd., 2019). Dolayısıyla, uygun 3PL sağlayıcı seçerken birkaç soru ortaya çıkmaktadır: (1) 3PL sağlayıcılarını karşılaştırırken sürdürülebilirlik ölçütleri nasıl seçilmelidir? (2) Bu metrikler subjektif ağırlıklandırma yöntemleri kullanılarak nasıl önceliklendirilmelidir? (3) Lojistik operasyonlarda uzun vadeli bir iş birliği için en iyi 3PL hangisidir? Bu çalışmada, bu sorulara yanıt aramak ve sürdürülebilirlik hedeflerini dikkate alarak en uygun 3PL sağlayıcıyı değerlendirmek için hibrit bir model önerilmiştir. Mevcut araştırmada kriter ağırlıkları Full Consistency Method (FUCOM) yöntemiyle belirlenirken en uygun 3PL, Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), Simple Additive Weighting (SAW) ve Multi-attributive Border Approximation Area Comparison (MABAC) teknikleriyle seçilmiştir. TOPSIS yönteminin seçilmesinin temel nedeni, yöntemin kriter korelasyonundan etkilenmemesi ve ayrıca karar vericilerin kolayca anlayabileceği basit bir çerçeveye sahip olmasıdır (Savun-Hekimoğlu vd., 2021). SAW yöntemi, her bir alternatif için tüm kriterlere ilişkin performans derecelendirmelerinin ağırlıklı toplamını belirlemeye imkân

verdiğinden dolayı tercih edilmiştir (Rony vd., 2023). MABAC tekniğinin tercih edilme nedeni ise az sayıda parametre içermesi ve SAW ve TOPSIS teknikleri ile benzer uygulama adımlarına sahip olmasıdır (Ozcalici, 2022). Kriter ağırlıklandırılarda FUCOM yönteminin kullanılmasının temel nedeni; bu yöntemin ikili karşılaştırmaları temel alması, karşılaştırmalara ilişkin ağırlık vektöründeki hata büyüklüğünü belirlemesi ve böylece modelin doğrulanmasını sağlamasıdır (Pamucar vd., 2018; Pamucar vd., 2022).

Çalışmada TOPSIS, SAW ve MABAC yöntemlerinin sıralama sonuçlarının, tutarlılığını test etmek amacıyla iki aşamalı duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada kriterler, Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA) ve Best–Worst Method (BWM) tekniklerine göre ağırlıklandırılmış ve 3PL firmalar TOPSIS, SAW ve MABAC teknikleriyle değerlendirilmiştir. İkinci aşamada ise TOPSIS, SAW ve MABAC yöntemlerinin sıralama sonuçlarını entegre etmek ve nihai bir sıralama elde etmek amacıyla Copeland ve Borda sayımı teknikleri kullanılmıştır. Duyarlılık analiziyle sonuçlarının güvenilirliği test edilen değerlendirme modeli, işletmeler için daha etkin ve verimli 3PL seçimine yönelik bir karar destek sistemi sunmaktadır. Bu yönüyle mevcut çalışma, 3PL seçimine ilişkin sistematik ve kapsamlı bir değerlendirme çerçevesi oluşturmayı amaçlamaktadır. Önerilen değerlendirme modeli, Antalya'daki bir tohum ve gübre firmasında 3PL sağlayıcı seçimine ilişkin bir vaka çalışması ile test edilmiş ve doğrulanmıştır. Mevcut çalışmanın literatüre katkıları şu şekilde özetlenebilir:

- Çalışma, geleneksel maliyet odaklı 3PL seçim süreçlerine alternatif olarak sürdürülebilirlik boyutlarını (ekonomik, çevresel, sosyal) değerlendirme sürecine dahil ederek işletmelere yeni bir perspektif sunmaktadır.
- Çalışma, FUCOM temelli TOPSIS, SAW ve MABAC entegre yaklaşımıyla 3PL sağlayıcılarının kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini sağlamaktadır.
- Uygulanan iki aşamalı duyarlılık analizi neticesinde sonuçlarının, güvenilirliği test edilen değerlendirme modeli, işletmeler için daha etkin ve verimli 3PL seçimine yönelik bir karar destek sistemi sunmaktadır.

Çalışmanın geri kalanı aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir. İkinci bölümde 3PL hizmetlerinin önemi, 3PL sağlayıcı seçim kriterleri ve 3PL sağlayıcı değerlendirme yöntemlerine ilişkin bir literatür taraması sunulmaktadır. Üçüncü bölümde, FUCOM, SAW, TOPSIS ve MABAC teknikleri anlatılmış ve kriter setine değinilmiştir. Dördüncü bölümde, Antalya OSB'de faaliyet gösteren bir gübre ve tohum üreticisi ve satıcısı üzerinden bir vaka çalışması yer almaktadır. Beşinci bölümde, çalışmanın temel bulguları tartışılmaktadır. Son olarak, çalışmanın sonucu ve gelecek çalışmalara ilişkin öneriler altıncı bölümde sunulmaktadır.

I. LİTERATÜR TARAMASI

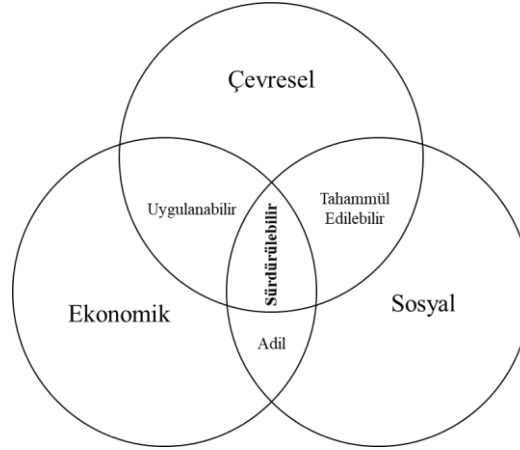
Üçüncü parti lojistik (3PL), ilk olarak ABD ve Avrupa ülkelerinde bir şirketin lojistik faaliyetlerini etkin bir şekilde yürütmek, işlevi dışarıdan temin etmek ve hizmetleri satın almak ortaya çıkmıştır (Pamucar vd., 2019). 1980'lerde 3PL sadece farklı türden işletmeler için lojistik dış kaynak tedarikçisi olarak görülmekteydi ancak 1990'lardan bu yana yeni bir iş biçimi olarak gelişmektedir. Şu anda ABD'de kuruluşların yaklaşık %42'si tedarik zinciri yönetimi için lojistik dış kaynak kullanımını uygulamaktadır (Yadav vd., 2020). 3PL'nin ortaya çıkışı başlangıçta çeşitli sektörlerdeki ticari rekabetten kaynaklanmıştır. Şirketler sürekli olarak yeni ürünler tasarlamının, üretmenin ve bunları son müşterilere verimli ve etkili bir şekilde dağıtmanın yollarını aramaktadırlar. Bu nedenle, maliyetleri düşürmek için bazı şirketler lojistik işlevlerinden bir veya daha fazlasını 3PL'ye yaptırmaya başlamıştır (Hidayad ve Utama, 2022).

3PL, genellikle sözleşmeli olarak diğer işletmelere veya bireylere lojistik hizmetler sağlayan bir firmadır. 3PL, daha verimli ve daha ucuz lojistik hizmetleri sağlamak için depolama, dağıtım ve nakliye konularında daha fazla kaynağa ve deneyime sahiptir (Hidayad ve Utama, 2022). Lojistik hizmet sağlayıcılar, bir şirketin lojistik hizmetlerinin tamamının veya büyük bir kısmının organizasyonunu üstlenen işletmelerdir. Rekabet avantajı elde etmek için atılan adımlar lojistik maliyetlerinin toplam maliyetler içindeki payını önemli ölçüde artırmıştır. Bu nedenle, işletmeler

lojistik maliyetlerini düşürmek için dış kaynak kullanımına yönelmişlerdir. Bu üçüncü taraf faaliyetleri süreçlerdeki tüm faaliyetleri kapsayabileceği gibi çoğu zaman seçilmiş spesifik faaliyetleri de kapsayabilmektedir (Akpınar, 2021). Günümüzde, bir lojistik hizmet sağlayıcısı aynı anda birden fazla şirketle eş zamanlı olarak dış kaynak kullanmakta ve böylece ekonomik dengenin faydalarını elde etmektedir ve bu fayda şirketin maliyetini düşürmesini sağlayabilir (Roy vd., 2020).

Lojistik dış kaynak kullanımı, zaman dilimi ve ilişkiler açısından geleneksel satın almadan farklıdır. Lojistik dış kaynak kullanmak isteyen firmalar, ihtiyaçlarını karşılayacak en uygun hizmet sağlayıcısını seçme ihtiyacı ile karşı karşıya kalmaktadır (Bulurcu ve Nakiboglu, 2018). Her kuruluşun verdiği kilit kararlardan biri doğru tedarikçiyi seçmektir. Bu, kuruluşun performansı üzerinde uzun süreli etkilere sahip olabilir ve kuruluşun sürdürülebilirliğini etkileyebilir (Asadabadi vd., 2023). Lojistik dış kaynak kullanımının artan önemi nedeniyle, doğru 3PL'nin seçilmesi şirketler arasında kritik bir konudur (Pamucar vd., 2019). Sağladığı faydalara rağmen, lojistik işlevinde dış kaynak kullanımını uygulamak ve hizmet sağlayıcı ile başarılı bir koordinasyon yürütmek her zaman kolay olmayabilir. Seçim sürecinin karmaşıklığı nedeniyle, 3PL'nin seçimi ve değerlendirilmesiyle ilgili bir model geliştirilmesi gerekmektedir (Bulurcu ve Nakiboglu, 2018).

Son zamanlarda tedarik zincirinde çevresel sürdürülebilirlik giderek artan bir ilgi görmektedir. Lojistik hizmeti tedarik zincirinin ayrılmaz bir parçası olduğundan, sürdürülebilirlikle ilgili çevresel hususlar tedarik zinciri boyunca çeşitli lojistik kararlarını etkilemektedir (Raut vd., 2018). Sürdürülebilir lojistik sadece sanayi ve şehirle değil, aynı zamanda yüksek karbon emisyonuna neden olan birçok lojistik faaliyetle de ilgilidir (Gardas vd., 2019). Lojistikte kurumsal sosyal sorumluluk olarak da ifade edilen sürdürülebilir kalkınma, bir işletmenin ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlarının uyumlaştırıldığı bir yaklaşım olarak tanımlanmaktadır (Raut vd., 2018). Bununla birlikte, birçok kuruluş, sürdürülebilir tedarikçi seçimini, müşterilerine sürdürülebilir bir geleceğe doğru ilerlemeye istekli olduklarını göstermenin ve aynı zamanda pazarda rekabetçi kalmanın önemli bir yolu olarak görmektedir. Sürdürülebilirlik kavramının popülaritesinin artmasıyla birlikte araştırmacılar, geleneksel tedarikçi seçim süreçlerine sürdürülebilirlik kriterlerinin dahil edilmesinin önemini ortaya koymuştur. Araştırmalar, çevresel ve sosyal kriterlerin geleneksel tedarikçi seçimine dahil edilmesinin, sürdürülebilir tedarikçi değerlendirme ve seçim süreçlerinin gelişimine önemli ölçüde katkıda bulunduğunu göstermektedir (Asadabadi vd., 2023). Şekil 1'de sürdürülebilirliğin üç temel ayağı gösterilmiştir (Mavi vd., 2017).



Şekil 1. Sürdürülebilirliğin Üç Temel Ayağı

Kaynak: Mavi vd., 2017

Lojistik dış kaynak kullanımına yönelik artan talep ve 3PL'lerin sayısı ve türündeki artış, 3PL değerlendirme ve seçim sürecinin önemini artırmıştır. Bununla birlikte, en uygun 3PL'nin seçilmesi çok çeşitli faktörleri içermektedir (Raut vd., 2018). 3PL hizmet sağlayıcısının değerlendirme ve seçimi, birden fazla kriterin ve mevcut birçok yöntemin dikkate alınmasını gerektirdiği için karar vericiler için oldukça zor bir görevdir. Araştırmacılar, 3PL değerlendirme ve seçim problemini çözmek için birçok yöntem geliştirmiştir. Bu yöntemlerin çoğu çok kriterli karar verme tekniklerini içermektedir (Jovčić ve Průša, 2021). ÇKKV teknikleri; karmaşık, zayıf yapılandırılmış ve çok

sayıda uyumsuz hedef veya kriter içeren değerlendirme sorunlarını hızlı ve etkili bir şekilde çözebilmeleri nedeniyle, 3PL sağlayıcılarını seçmek için en popüler araçlardır (Nila ve Roy, 2023).

Literatürde 3PL seçim problemleri için farklı ÇKKV teknikleri önerilmiştir. Örneğin; Sarkis ve Talluri (2002) yedi değerlendirme kriterini dikkate alarak en iyi tedarikçiyi değerlendirmek ve seçmek için ANP'yi uygulamıştır. Benzer şekilde, Bayazit (2006) tedarikçi seçim probleminin üstesinden gelmek için ANP yöntemini tercih etmiştir. Göl ve Catay (2007) otomotiv firması için en iyi 3PL hizmet sağlayıcısını AHP yöntemini kullanarak belirlemişlerdir. Jharkharia ve Shankar (2007) en iyi lojistik hizmet sağlayıcısını seçmek için ANP tekniğini kullanmışlardır. Chan vd. (2007) AHP tekniğini kullanarak havayolu endüstrisinde tedarikçi seçimini değerlendirmişlerdir. Perçin (2009) 3PL sağlayıcılarının değerlendirilmesinde AHP ve TOPSIS tekniklerini kullanarak iki aşamalı bir yaklaşım önermiştir. Zeydan vd. (2011) otomotiv endüstrisinde tedarikçileri değerlendirmek ve seçmek için bulanık-AHP, bulanık-TOPSIS ve VZA yöntemlerinin bir kombinasyonunu kullanmıştır. Daim vd. (2013) AHP tekniğini kullanarak ülkeler arası ticaret için en uygun 3PL sağlayıcısını seçmeyi hedeflemiştir.

Jayant vd. (2015) 3PL seçimi için AHP-VIKOR hibrit ÇKKV yaklaşımını uygulamışlardır. Prakash ve Barua (2016) elektronik sektöründe faaliyet gösteren bir işletme için bulanık AHP ve VIKOR tekniklerini kullanarak en iyi 3PL'yi seçmeyi hedeflemişlerdir. Kucukaltan vd. (2016) ANP yöntemini kullanarak Türk lojistik sektörünü çevresel kaygılar açısından değerlendirmiştir. Sasananan vd. (2016) AHP tekniği ile Hindistan çimento sektöründe faaliyet gösteren bir işletme için en uygun 3PL'yi seçmeyi amaçlamışlardır. Yazdani vd. (2017) 3PL alternatiflerini değerlendirmek için Kalite Fonksiyon Yayılımı ve TOPSIS modellerini birleştirmişlerdir. Singh vd. (2018) bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemlerinden yararlanarak Hindistan ilaç endüstrisindeki bir işletme için en iyi 3PL'yi değerlendirmişlerdir. Ecer (2018) EDAS ve AHP tekniklerini entegre ederek mermer sektöründeki bir firma için en iyi 3PL'yi seçmeyi amaçlamıştır. Sremac vd. (2018) kimya endüstrisinde 3PL seçimi yapmak için SWARA ve WASPAS entegre modelini kullanmışlardır.

Yadav vd. (2020) bulanık AHP yöntemini kullanarak Hindistan tarım endüstrisinde faaliyet gösteren bir işletme için 3PL alternatiflerini değerlendirmişlerdir. Tuljak-Suban ve Bajec (2020) AHP'yi grafik teorisi ve matris yaklaşımı ile entegre etmiş ve en iyi 3PL'i belirlemeyi hedeflemişlerdir. Roy vd. (2020) FARE ve MABAC tekniklerini entegre ederek üçüncü taraf lojistik sağlayıcısını değerlendirmişlerdir. Akpınar (2021) SWARA-WASPAS entegre yaklaşımı ile kablo üreten bir firma için en uygun 3PL'yi değerlendirmiştir. Jovčić ve Průša (2021) Entropi, CRITIC ve ARAS tekniklerini birlikte kullanarak en iyi 3PL'yi seçmişlerdir. Hidayad ve Utama (2022) bulanık AHP ve TOPSIS tekniklerini kullanarak bir lojistik firması için en iyi 3PL'yi seçmeyi amaçlamışlardır. Nguyen ve Ménoury (2022) AHP yöntemini kullanarak Vietnam kimya endüstrisinde faaliyet gösteren ve denizası pazarlara açılmak isteyen bir işletme için en uygun 3PL'yi belirlemeyi hedeflemişlerdir. Wang vd. (2023) Entropi temelli MARCOS yaklaşımı ile sürdürülebilirlik perspektifinden en uygun 3PL'yi değerlendirmeyi hedeflemişlerdir. Nila ve Roy (2023) LOPCOW, DOBI ve FUCOM tekniklerini entegre ederek sürdürülebilirlik açısından en iyi 3PL'yi belirlemişlerdir.

Mevcut çalışmada, 3PL firmalar TOPSIS, SAW ve MABAC yöntemlerine göre değerlendirilmiştir. Bu üç teknik, farklı ÇKKV problemlerini çözmek için araştırmacılar tarafından sıklıkla kullanılmıştır. TOPSIS yöntemine ilişkin farklı disiplinlerde birçok güncel çalışma yürütülmüştür. Örneğin; Sabry vd. (2024) Taguchi-TOPSIS yöntemi, ANOVA ve S-N oranını kullanarak alüminyum alaşımını, dolgu malzemesi bileşimi ve çekme mukavemeti bakımından değerlendirmişlerdir. Sahoo vd. (2024) optimum üniversite yeri seçimi için bulanık TOPSIS tekniğini kullanmışlardır. Forson vd. (2024) Gana'da altın mineralizasyonu haritalaması için bütünleşik BWM-TOPSIS yöntemini uygulamışlardır. Do vd. (2024) Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanarak öğretim görevlilerini değerlendirmişlerdir. Öğretim elemanı değerlendirme hiyerarşisi oluşturmuş ve öğretim elemanlarını performansa göre sıralamışlardır. Li vd. (2024) Eryuan kasabasındaki jeotermal potansiyelini AHP-TOPSIS entegre modeli ve entropi ağırlıklarını kullanarak değerlendirmişlerdir. Sun vd. (2024) Georges Nehri Havzasındaki taşkın eğilimli alanlarda taşkın riskini entegre TFAHP-TOPSIS modeliyle değerlendirmişlerdir. Khan vd. (2024) Entropi ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak akıllı okul seçim modeli önermişlerdir. Bütünleşik ÇKKV yaklaşımıyla, IoT tabanlı okul sistemlerini güvenlik ve verimlilik açısından

sıralamışlardır. Zhang vd. (2024) entegre CRITIC-DEMATEL ve TOPSIS tekniklerini kullanarak hidrojen istasyonu esnekliğini değerlendirmişlerdir. Ayrıca, Koşullu Lojistik Regresyon modeliyle dayanıklılık üzerinde önemli etkisi olan göstergeleri tanımlamışlardır. Dang vd. (2024) DEMATEL-TOPSIS-CM tekniklerini kullanarak hidrojenasyon üniteleri için risk değerlendirmesi yapmışlardır. Risk faktörlerini belirlemiş ve etkin yönetim için risk seviyelerini değerlendirmişlerdir. Özudoğru ve Uzun (2024) AHS ve TOPSIS tekniklerini kullanarak sigortacılık sektöründe hizmet kalitesini değerlendirmişlerdir. Özbek ve Oğuz (2024) Entropi-TOPSIS entegre modelini kullanarak yeniden kullanılabilir maskeler için çevreci tedarikçi seçimi gerçekleştirmişlerdir. Ekin ve Dolanbay (2024) AHP-TOPSIS bütünleşik modelinden yararlanarak Kırıkkale ilinin dört ilçesi için en uygun kütüphane yerini belirlemeyi amaçlamışlardır.

SAW tekniği farklı alanlardaki karar problemleri için araştırmacılar tarafından sıklıkla tercih edilmiştir. Örneğin; Sahir vd. (2017) ağırlıklı performans derecelendirmelerini kullanarak maaş artışı kararları için SAW yöntemini önermişlerdir. Ambika vd. (2019) SAW tekniğini kullanarak köy muhtarının performansını değerlendirmişlerdir. Ayshwarya vd. (2019) tarımsal kalkınma, izleme ve bilgi alma süreçlerini desteklemek amacıyla tarım arazisi tespit sisteminin etkinliğini değerlendirmek için SAW yöntemini kullanmışlardır. Cahyapratama ve Sarno (2018) şarkıcı seçim sürecine ilişkin kararları desteklemek amacıyla AHP ve SAW yöntemlerini birlikte kullanmışlardır. Güngör (2024) Türkiye'deki spor kulüplerinin finansal performansını bütünleşik CRITIC-SAW yaklaşımıyla değerlendirmiştir. Pala (2023) MEREC-Corr ve SAW yöntemlerini kullanarak Vişegrad dörtlüsü şeklinde nitelendirilen ülkeler ile Türkiye'yi lojistik performanslarına göre değerlendirmiştir. Arslantaş vd. (2023) AHP, SAW ve TOPSIS tekniklerini birlikte kullanarak yüksek öğrenim için bursiyer seçimi gerçekleştirmişlerdir. Situmeang vd. (2021) Budi Darma Üniversitesi'nde kampüs elçisi seçimi için SAW yöntemini kullanmışlardır. Waziana vd. (2018) bulanık SAW yöntemini kullanarak tohum çiftliği alıcı seçimi problemine çözüm bulmuşlardır. Setyani ve Saputra (2016) haritalar ve grafikler aracılığıyla erişilebilir taşkın bilgisi sağlamayı amaçlamışlardır. Bu kapsamda, yağış, topografya, drenaj, arazi kullanımı gibi kriterleri dikkate alarak Semarang'da sele eğilimli alanları SAW tekniğini kullanarak belirlemişlerdir. Shakouri vd. (2014) nükleer ve fosil yakıtlı enerji santrallerinin verimliliklerini Veri Zarflama Analizi ve SAW yöntemlerini kullanarak değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak, fosil yakıt santrallerinin biraz daha verimli olduğunu tespit etmişlerdir. Chou vd. (2008) objektif ve sübjektif kriterleri birlikte değerlendirerek ve bulanık SAW tekniğini kullanarak tesis yeri seçimi problemine çözüm getirmişlerdir.

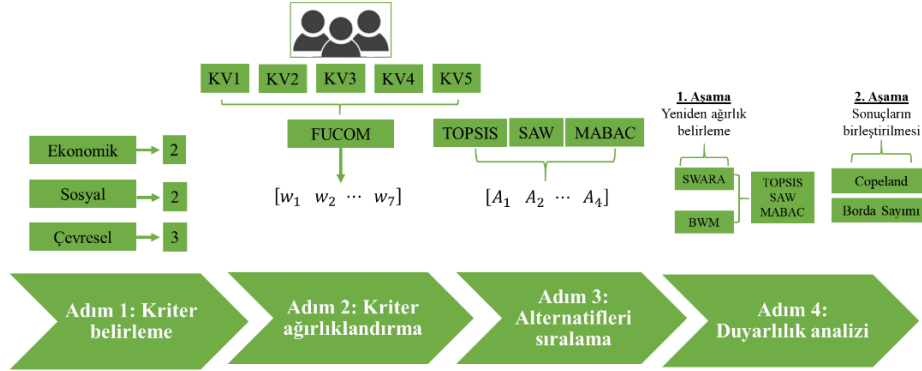
MABAC yöntemi farklı disiplinlerde çalışmalar yürüten araştırmacılar tarafından özellikle son yıllarda yaygın bir şekilde tercih edilmiştir. Örneğin; Chakraborty vd. (2023) belirsiz ortamlarda sağlık tedarikçisi seçimi için bulanık MABAC yöntemini kullanmışlardır. Sonar ve Kulkarni (2021) entegre AHP-MABAC yöntemini kullanarak en iyi elektrikli araç alternatifini seçmeyi amaçlamışlardır. Komsiyah vd. (2023) endüstriyel yer belirleme problemine çözüm sunmak amacıyla entegre DEMATEL-MABAC yöntemini önermişlerdir. Mandal ve Seikh (2023) aralık değerli küresel bulanık kümeler kullanarak plastik atık yönetimi için entegre bir model önermişlerdir ve belirsizlik ortamında karar verme için Entropi, sapma ve MABAC yöntemlerini kullanmışlardır. Fan vd. (2024) karar vermede nesnelliği, öznelliği ve psikolojik davranışı bütünleştirmeyi amaçlamışlardır. Bu kapsamda, giyilebilir sağlık teknolojisinde Kümülatif Beklenti Teorisi ile bütünleşik MEREC-MABAC yöntemini birlikte kullanmışlardır. Dai vd. (2024) Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi (SMAA) ve MABAC yöntemlerini birlikte kullanarak acil durumlarda sağlık hizmeti tedarikçisi seçimi problemine çözüm sunmuşlardır. Chen vd. (2024) aralık değerli sezgisel bulanık grup en iyi-en kötü metodu, pişmanlık teorisi ve MABAC yöntemini birleştirerek tıbbi atık bertaraf modlarını değerlendirdikleri kapsamlı ve bütünleşik bir çerçeve sunmuşlardır. Zhu vd. (2023) bakım açısından önemli öğelerin belirlenmesi için entegre DEMATEL-MABAC yaklaşımını küresel bulanıklık ile bütünleştirmiştir. Önerilen modeli, CNC torna tezgahında test etmişler ve modelin bakım açısından önemli öğelerin belirlenmesinde mühendisleri desteklediği sonucuna ulaşmışlardır. Patel ve Chang (2024) limanları sıralamak için nesnel ve öznel kriterleri birlikte içeren yeni bir liman rekabetçilik endeksi önermişlerdir. Liman rekabetçiliğini birleştirilmiş kriterlere göre MABAC yöntemiyle değerlendirmişlerdir. Ulutaş (2019) bütünleşik Entropi-MABAC yaklaşımıyla personel seçimi problemine çözüm getirmiştir. Demirtaş (2022) MABAC yöntemiyle üniversite rektörlerinin sosyal medya kullanımlarını değerlendirmiştir. Özdağoğlu vd. (2021) bulanık DEMATEL-MABAC yaklaşımıyla havalimanlarını değerlendirmiştir.

Keleş (2022) entegre CRITIC-MABAC modeliyle THY'nin yıllar içerisindeki performansını değerlendirmiştir.

Literatürde 3PL firmalarının sürdürülebilirlik perspektifinden değerlendirildiği bazı araştırmalar bulunmakla birlikte özellikle yerli literatürde bütünlük bir değerlendirme modeli önerilmemiştir. Mevcut çalışma, önerdiği FUCOM temelli TOPSIS, SAW, MABAC bütünlük modeliyle 3PL seçimine ilişkin oldukça kapsamlı bir değerlendirme yapmaya imkân vermektedir. Bununla birlikte, çalışmada önerilen değerlendirme modeli, SWARA ve BWM tekniklerinden elde edilen kriter ağırlıkları ile test edilmiştir. Ayrıca, önerilen entegre modelin sağlamlığını test etmek için Copeland yöntemi ve Borda sayımı gibi entegrasyon teknikleri kullanılmıştır. Bununla birlikte, bu çalışma 3PL firmaların sosyal, çevresel ve ekonomik hedeflerini dengeleyerek en uygun tedarikçinin seçimi için kullanılan önemli kriterlerin listesini sunmaktadır. Bu yönleriyle, mevcut çalışma önceki araştırmalardan farklılaşmakta ve literatüre katkıda bulunmaktadır.

II. YÖNTEM

Bu çalışmada, sürdürülebilirlik bakış açısıyla en uygun üçüncü parti lojistik hizmet sağlayıcıyı değerlendirmek amacıyla FUCOM temelli TOPSIS, SAW ve MABAC yaklaşımı önerilmiştir. Önerilen modelde, FUCOM yöntemi ile kriter ağırlıkları belirlenirken alternatifler TOPSIS, SAW ve MABAC teknikleri kullanılarak sıralanmıştır. Önerilen değerlendirme modelinin son aşamasında ise modelin sıralama sonuçlarının sağlamlığını test etmek amacıyla iki aşamalı duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada, SWARA ve BWM yöntemlerine göre uzmanların kriterlere ilişkin değerlendirmeleri alınmış ve bu iki tekniğe göre kriter ağırlıkları tekrar hesaplanmıştır. Belirlenen kriter ağırlıkları kullanılarak 3PL firmalar TOPSIS, SAW ve MABAC tekniklerine göre sıralanmıştır. Duyarlılık analizinin ikinci aşamasında ise elde edilen farklı sıralama sonuçlarını birleştirmek ve karar problemine ilişkin nihai bir sıralama elde etmek amacıyla Copeland ve Borda sayımı yöntemleri kullanılmıştır. Araştırmada 3PL firmaların seçimine ilişkin olarak önerilen değerlendirme modeli Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 2. Önerilen Değerlendirme Modeli

Bu bölümde sırasıyla FUCOM, TOPSIS, SAW ve MABAC tekniklerini ve bu tekniklerin uygulama adımları anlatılmıştır. Bölümde son olarak kullanılan kriter setine değinilmiştir.

III.1. FUCOM Yöntemi

FUCOM yöntemi, Pamučar vd. (2018) tarafından geliştirilen ve ikili karşılaştırma yaklaşımını temel alan bir tekniktir (Badi vd., 2022). İkili karşılaştırma sayısının azaltılması, sonucun maksimum tutarlılık sapması karşılaştırılarak belirlenmesi, ikili kriter karşılaştırması arasındaki geçişliliği dikkate alması ve bazı öznel modellerde ikili kriter karşılaştırmasının fazlalık sorununu azaltması bu yöntemin önemli avantajlarından (Liu vd., 2023). Bu yöntem, karşılaştırmanın maksimum tutarlılığından bir sapma belirleyerek elde edilen ağırlık vektörünün hata boyutunu hesaplamakta ve

modelin doğrulanmasına olanak tanımaktadır (Pamucar vd., 2022). Sunduğu bu avantajlar dolayısıyla FUCOM yöntemi, araştırmacılar tarafından sıklıkla kullanılmıştır. Örneğin; Ayçin ve Aşan (2021) FUCOM yöntemini kullanarak iş zekası uygulamalarının seçimine ilişkin kriterleri ağırlıklandırmışlardır. Benzer şekilde, Ecer (2021) entegre FUCOM-MAIRCA yaklaşımıyla sürdürülebilir tedarikçi seçimi problemine çözüm sunmuştur. Gölcük vd. (2023) ise bulanık FUCOM tekniğini kullanarak iş güvenliği risklerini önem derecelerine göre ağırlıklandırmıştır. Ecer (2021) rüzgar çiftliği yer seçimine ilişkin kriterleri FUCOM yöntemi yardımıyla belirlemiştir. Genç vd. (2022) otomobil motor yağı seçim problemini çözmek için MAIRCA, FUCOM, MABAC ve BMW yöntemlerini birlikte kullanmışlardır. Mercan ve Can (2023) FUCOM tekniğini kullanarak havayolu endüstrisinde iş gören seçimini etkileyen kriterleri önem düzeylerine göre sıralamıştır. Özdağoğlu vd. (2021) bütünleşik FUCOM-PROMETHEE yaklaşımıyla peyzaj firması için ticari araç alternatiflerini değerlendirmişlerdir. Peker ve Görener (2022) ise bulanık FUCOM tekniğini kullanarak tesis yeri seçimine etki eden faktörlerin önem düzeylerini belirlemiştir.

Yöntemin uygulama adımları şu şekilde özetlenebilir (Pamuçar vd., 2018):

Adım 1. Uzmanlar kriterleri/alt kriterleri önem düzeyine göre sıralarlar.

$$C_{j(1)} > C_{j(2)} > \dots > C_{j(k)} \quad (1)$$

burada k kriterlerin sırasını ifade etmektedir. Ayrıca, eşitlik işareti eşit öneme sahip kriterler için kullanılır.

Adım 2. Sıralanan kriterler karşılaştırılır ve karşılaştırmalı öncelikleri belirlenir. Karşılaştırma önceliği birinci sıradaki kriterin diğer kriterler karşısındaki göreceli önemini ifade eder.

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

burada $\varphi_{k/(k+1)}$, $C_{j(k)}$ 'nin $C_{j(k+1)}$ 'e göre önemini (önceliğini) temsil eder.

Adım 3. Kriterlerin ağırlık katsayılarının nihai değerleri iki koşul göz önünde bulundurularak belirlenir.

Koşul 1: Kriterlerin ağırlık katsayılarının oranı, kriterler arasındaki karşılaştırmalı öneme eşit olmalıdır.

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

Koşul 2: Ağırlık değerleri istatistiksel geçişlilik koşuluna sahiptir.

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

Adım 4: Kriterlerin nihai ağırlık değerlerini hesaplamak için aşağıdaki model tanımlanır.

min x

s.t.

$$\left| \frac{w_{j(k)}}{w_{j(k+1)}} - \varphi_{k/(k+1)} \right| \leq x, \forall j$$
$$\left| \frac{w_{j(k)}}{w_{j(k+2)}} - \varphi_{k/(k+1)} \otimes \varphi_{(k+1)/(k+2)} \right| \leq x, \forall j \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1$$

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

Adım 5. Değerlendirme kriterlerinin/alt kriterlerinin nihai değerleri $((w_1, w_2, \dots, w_n)^T)$ hesaplanır.

II.II. TOPSIS Yöntemi

Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilen TOPSIS yöntemi, gerçek dünyadaki ÇKKV problemlerini ele almak için pratik bir yaklaşım sunmaktadır (Rane vd., 2023). TOPSIS tekniği, en

iyi alternatifin ideal çözüme olan mesafeler dikkate alınarak belirlendiği bir tekniktir (Asadabadi vd., 2023). Bu yöntemde optimum çözüm, Negatif İdeal Çözüm (NIS) en uzak ve Pozitif İdeal Çözüme (PIS) en yakın çözümdür. PIS, tüm kriterler için en uygun değerlere sahip alternatif iken NIS, kriterlerin mümkün olan en kötü değerlerine sahip hipotetik bir alternatiftir. İki mesafenin çarpımı (PIS ve NIS) yakınlık katsayısını belirler ve sonuç olarak en yüksek yakınlık katsayısına sahip çözüm en uygun çözüm olarak kabul edilir (Rane vd., 2023). Diğer ÇKKV yöntemlerinden farklı olarak TOPSIS hem maksimize edici hem de minimize edici nitelikleri birlikte değerlendirir. Bu sayede, sonuçları sağlam ve güvenilirdir (Asadabadi vd., 2023). Bu yöntemin uygulama aşamaları aşağıda özetlenmiştir (Bulak vd., 2021):

Adım 1. Karar matrisi oluşturulur.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Adım 2. Karar matrisi normalize edilir.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Adım 3. R matrisinde yer alan her bir eleman ile kriter ağırlıkları (w_i) çarpılarak ağırlıklı normalize karar matrisi oluşturulur.

$$\sum_{i=1}^m w_i = 1 \quad (9)$$

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \cdots & w_n r_{1n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \cdots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Adım 4. Pozitif (A^+) ve Negatif (A^-) ideal çözüm kümeleri oluşturulur.

$$A^+ = \{(max v_{ij} | j \in J), (min v_{ij} | j \in J')\} \quad (11)$$

$$A^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\}$$

$$A^- = \{(min v_{ij} | j \in J), (max v_{ij} | j \in J')\} \quad (12)$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$$

Adım 5. Pozitif (S_i^+) ve Negatif (S_i^-) ideal ayırım noktaları hesaplanır.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (13)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (14)$$

Adım 6. İdeal çözüme göre göreceli yakınlık hesaplanır.

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{(S_i^- + S_i^+)} \quad (15)$$

II.III. SAW Yöntemi

SAW, en basit çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir ve basitliği nedeniyle ÇKKV problemlerinin çözümlerinde sıklıkla kullanılan popüler ve yaygın bir yöntemdir (Azadi vd., 2023). Bu yöntemde karar verici her bir özelliğe doğrudan göreceli önem ağırlıkları atar. Daha sonra her bir alternatif için her bir özneliğe atanan önem ağırlığı ile o öznelik için alternatifte verilen ölçektirilmiş değer çarpılır. Son olarak, tüm öznelikler üzerinden alternatiflere atanan puanlar

toplanarak nihai puan elde edilir. Yöntemin uygulama adımlarını şu şekilde özetlemek mümkündür (Seyedmohammadi vd., 2018):

Adım 1. Karar matrisi normalize edilir. Fayda yönlü kriterler için normalize değer aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max x_{ij}} \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (16)$$

Maliyet yönlü kriterler için aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$r_{ij} = \frac{\min x_{ij}}{x_{ij}} \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (17)$$

Adım 2. Normalize karar matrisinin her bir değeri ile kriter ağırlıkları çarpılarak her bir alternatifin tercih değeri hesaplanır.

$$S_j = \sum_{j=1}^m w_j r_{ij} \quad (18)$$

Adım 3. Alternatiflerin ortalama tercih değerleri hesaplanır ve en yüksek değere sahip seçenек en iyi alternatiftir.

$$S_j^{\%} = \frac{S_j}{\sum_{j=1}^n S_j} \quad (19)$$

II.IV. MABAC Yöntemi

MABAC yöntemi, Pamučar ve Ćirović (2015) tarafından ilk olarak yük kaldırma/istifleme aracı seçimi yapmak amacıyla önerilmiştir (Raj vd., 2023). Bu yöntemde, her bir kriter fonksiyonunun performansları, ideal alternatifleri içeren üst yaklaşım alanı ve ideal olmayan alternatifleri içeren alt yaklaşım alanı olmak üzere iki farklı alana bölünmektedir. Yöntem, temel olarak bir alternatifin rakiplerine göre göreceli gücünü ve zayıflığını her bir kriterine göre değerlendirir. MABAC yönteminin uygulama adımları aşağıda sunulmuştur (Chakraborty vd., 2023):

Adım 1. Karar matrisi (X) oluşturulur. Bu matriste m alternatifleri, n ise kriterleri temsil etmektedir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (20)$$

Burada x_{ij} , j . kriterine göre i . alternatifin performans puanını göstermektedir.

Adım 2. Başlangıç karar matrisi normalize edilir.

$$N = \begin{bmatrix} n_{11} & n_{12} & \dots & n_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ n_{m1} & n_{m2} & \dots & n_{mn} \end{bmatrix} \quad (21)$$

burada n_{ij} , x_{ij} 'nin normalleştirilmiş değeridir. Karar matrisinin elemanları, kriterin türüne bağlı olarak aşağıdaki denklemler uygulanarak normalleştirilir.

Fayda kriteri için:

$$n_{ij} = \frac{x_i^+ - x_{ij}}{x_i^+ - x_i^-} \quad (22)$$

Maliyet kriteri için:

$$n_{ij} = \frac{x_{ij} - x_i^-}{x_i^+ - x_i^-} \quad (23)$$

Burada x_i^+ ve x_i^- sırasıyla karar matrisindeki gözlenen kriterin maksimum ve minimum değerleridir.

Adım 3. Ağırlıklı normalleştirilmiş matris (V) oluşturulur.

$$v_{ij} = w_j \cdot (n_{ij} + 1) \quad (24)$$

Burada w_j , FUCOM kullanılarak belirlenen j . kriterin ağırlığıdır (göreceli önem).

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \cdots & v_{1n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \cdots & v_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1 \cdot (n_{11} + 1) & w_2 \cdot (n_{12} + 1) & \cdots & w_n \cdot (n_{1n} + 1) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ w_1 \cdot (n_{m1} + 1) & w_2 \cdot (n_{m2} + 1) & \cdots & w_n \cdot (n_{mn} + 1) \end{bmatrix} \quad (25)$$

Adım 4. Sınır yakınlık alanı matrisi (G) oluşturulur.

$$g_j = \left(\prod_{i=1}^m v_{ij} \right)^{1/m} \quad (26)$$

burada v_{ij} ağırlıklı normalleştirilmiş matrisin elemanıdır.

$$G = [g_1 \quad g_2 \quad \cdots \quad g_n] \quad (27)$$

Adım 5. Matris elemanları (Q) için her bir alternatifin, sınır yaklaşım alanından uzaklığı hesaplanır.

$$Q = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & \cdots & q_{1n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ q_{m1} & q_{m2} & \cdots & q_{mn} \end{bmatrix} \quad (28)$$

Alternatiflerin sınır yaklaşım alanından uzaklıkları, ağırlıklandırılmış normalize matrisin (V) elemanları ile sınır yaklaşım alanı matrisinin değerleri arasındaki farklar olarak hesaplanır.

$$Q = V - G = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \cdots & v_{1n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \cdots & v_{mn} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} g_1 & g_2 & \cdots & g_n \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ g_1 & g_2 & \cdots & g_n \end{bmatrix} \quad (29)$$

A_i alternatifi sınır yaklaşım alanına (G), üst yaklaşım alanına (G^+) veya alt yaklaşım alanına (G^-) ait olabilir, yani $A_i \in \{ G \vee G^+ \vee G^- \}$. Üst yaklaşım alanı (G^+) ideal alternatifi (A^+) içeren alandır, alt yaklaşım alanı (G^-) ise anti-ideal alternatifi (A^-) içeren alandır. A_i alternatifinin yaklaşım alanına (G , G^+ veya G^-) ait olup olmadığı aşağıdaki denkleme göre belirlenir:

$$A_i \in \begin{cases} G^+ & \text{eğer } q_{ij} > 0 \\ G & \text{eğer } q_{ij} = 0 \\ G^- & \text{eğer } q_{ij} < 0 \end{cases} \quad (30)$$

A_i alternatifi kümedeki en iyi alternatif olarak seçildiğinde, üst yaklaşım alanına (G^+) ait mümkün olduğunca çok sayıda kritere sahip olmalıdır.

Adım 6. (Q) matrisinin satır elemanlarının toplamına dayalı olarak, farklı alternatifler için kriter fonksiyonlarının nihai puanları değerlendirilir.

$$S(A_i) = \sum_{j=1}^n q_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (31)$$

Burada en yüksek $S(A_i)$ değerine sahip seçenek, en uygun seçenektir.

II.V. Araştırmada Kullanılan Kriterler

Çalışmada, sürdürülebilirlik perspektifinden en uygun üçüncü parti lojistik servis sağlayıcının seçilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, sürdürülebilirliğin ekonomik, çevresel ve sosyal olmak üzere 3 ana boyutuna odaklanarak ve literatürdeki araştırmalardan faydalanarak 7 kriterden (K_1, K_2, \dots, K_7) oluşan bir veri seti hazırlanmıştır. Tablo 1’de bu kriterler, kriterlerin türü ve yararlanılan kaynaklar verilmiştir.

Tablo 1. Kriterlere İlişkin Bilgiler

Boyut	Kod	Kriter	Max/min	Kaynak
Ekonomik	K ₁	Maliyet	Min	Mavi et al. (2017); Nila & Roy (2023); Sen et al. (2017)
	K ₂	Lojistik hizmetlerde indirim	Max	Ulutaş et al. (2024)
	K ₃	Kaynak tüketimi	Min	Li et al. (2012); Nila & Roy (2023); Yayla et al. (2015)
Çevresel	K ₄	Çevreci dağıtım stratejileri	Max	Li et al. (2012); Nila & Roy (2023); Yayla et al. (2015)
	K ₅	Emisyon, atık su ve atık üretimi	Min	Li et al. (2012); Nila & Roy (2023); Yayla et al. (2015)
Sosyal	K ₆	Personel eğitimleri	Max	Kannan et al. (2017); Nila & Roy (2023)
	K ₇	İş güvenliği ve işçi sağlığı	Max	Ulutaş et al. (2024)

Çalışmada kullanılan yedi kriterin üçü maliyet yönlü iken dördü fayda yönlüdür. Ayrıca, Ekonomik boyuttan 2, Çevresel boyuttan 3 ve Sosyal boyuttan 2 kriter yer almaktadır.

III. UYGULAMA VE BULGULAR

Araştırmada önerilen 3PL seçim modeli, Antalya OSB’de yaklaşık olarak 20 yıldan fazla bir süredir sebze tohumu ve gübre satışı yapan firma üzerinden uygulanmıştır. Firma özellikle Antalya, Burdur, Isparta illerinde önemli düzeyde bir pazar payına sahiptir. Bununla birlikte, firmanın faaliyet hacminin artması ürünlerinin ülke genelinde çok sayıda satış noktasına ve perakende satıcıya teslim edilmesini gerektirmektedir. Teslimat noktaları arttığından ve taşımacılık sistemi karmaşık bir ağ haline geldiğinden, firma bu karmaşık taşımacılık ağını etkili ve başarılı bir şekilde yönetmek için dağıtım hizmetlerini bir 3PL sağlayıcısına devretmek istemektedir.

Çalışmada, beş uzmanın görüşleri yardımıyla Tablo 1’de verilen kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir. Uzmanların ikisi akademisyen, ikisi operasyon müdürü ve birisi yönetici pozisyonunda görev yapmaktadır. Her bir uzman en az 13 yıllık deneyime sahiptir ve yaşları 32 ila 54 arasında değişmektedir. Uzmanların dördü erkek ve biri ise kadındır. Uzmanların üçü lisans, ikisi ise doktora derecesine sahiptir.

III.I. FUCOM Yöntemiyle Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Sıralama yöntemlerinde kullanılmak üzere kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için subjektif kriter ağırlıklandırma yöntemlerinden biri olan FUCOM tekniğinden yararlanılmıştır. Öncelikle, her bir uzman yedi kriteri en önemliden en az önemliye olacak şekilde sıralamıştır. Tablo 2’de her bir uzmanın kriterlere ilişkin önem sıralaması verilmiştir. “Maliyet” kriteri Uzman 2, Uzman 3 ve Uzman 5 için en önemli kriter iken, “Lojistik hizmetlerde indirim” kriteri Uzman 1 ve Uzman 4 için en önemli kriterdir.

Tablo 2. Uzmanların Önem Sıralamaları

Uzman	Sıralama
Uzman 1	K ₂ > K ₁ > K ₅ > K ₄ > K ₇ > K ₃ > K ₆
Uzman 2	K ₁ > K ₃ > K ₂ > K ₆ > K ₄ > K ₇ > K ₅
Uzman 3	K ₁ > K ₂ > K ₃ > K ₅ > K ₇ > K ₄ > K ₆
Uzman 4	K ₂ > K ₅ > K ₁ > K ₃ > K ₄ > K ₆ > K ₇
Uzman 5	K ₁ > K ₄ > K ₂ > K ₆ > K ₅ > K ₃ > K ₇

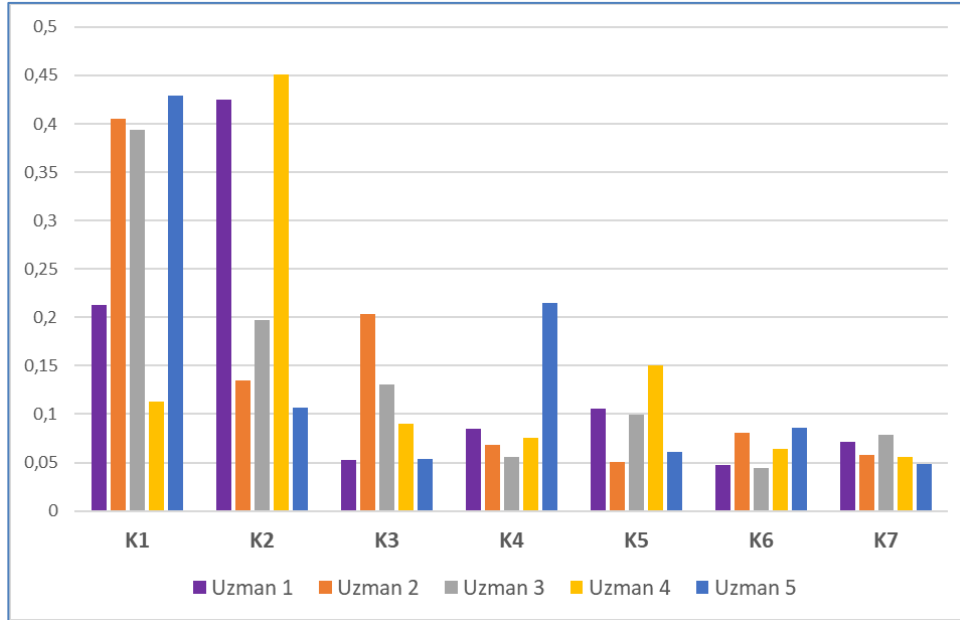
Uzmanlar, kriterleri önem düzeyine göre sıraladıktan sonra ikinci adımda, en önemli gördükleri kriterin diğer kriterlerden kaç kat daha önemli olduğuna ilişkin karşılaştırmalı öncelikleri belirlemişlerdir. Tablo 3’te uzmanların kriterlere ilişkin karşılaştırmalı öncelikleri verilmiştir. Örneğin; Uzman 2 için en önemli kriter maliyettir. Maliyet kriteri, kendisinden sonra ikinci en

önemli olduğu düşünülen “Kaynak tüketimi” kriterinden Uzman 2’ye göre 2 kat daha önemlidir. Aynı zamanda maliyet kriteri, Uzman 2 için “Lojistik hizmetlerde indirim” kriterinden 3 kat daha önemlidir.

Tablo 3. Kriterlerin Karşılaştırmalı Öncelikleri

Uzman	Kriter
Uzman 1	$K_2 > K_1 > K_5 > K_4 > K_7 > K_3 > K_6$ 1 2 4 5 6 8 9
Uzman 2	$K_1 > K_3 > K_2 > K_6 > K_4 > K_7 > K_5$ 1 2 3 5 6 7 8
Uzman 3	$K_1 > K_2 > K_3 > K_5 > K_7 > K_4 > K_6$ 1 2 3 4 5 7 9
Uzman 4	$K_2 > K_5 > K_1 > K_3 > K_4 > K_6 > K_7$ 1 3 4 5 6 7 8
Uzman 5	$K_1 > K_4 > K_2 > K_6 > K_5 > K_3 > K_7$ 1 2 4 5 7 8 9

Kriterlerin karşılaştırmalı öncelikleri belirlendikten sonra her bir uzman için her bir kriterin nihai ağırlığı hesaplanmıştır. Şekil 3’te uzmanların görüşleri dikkate alınarak hesaplanan kriter ağırlıkları gösterilmiştir.



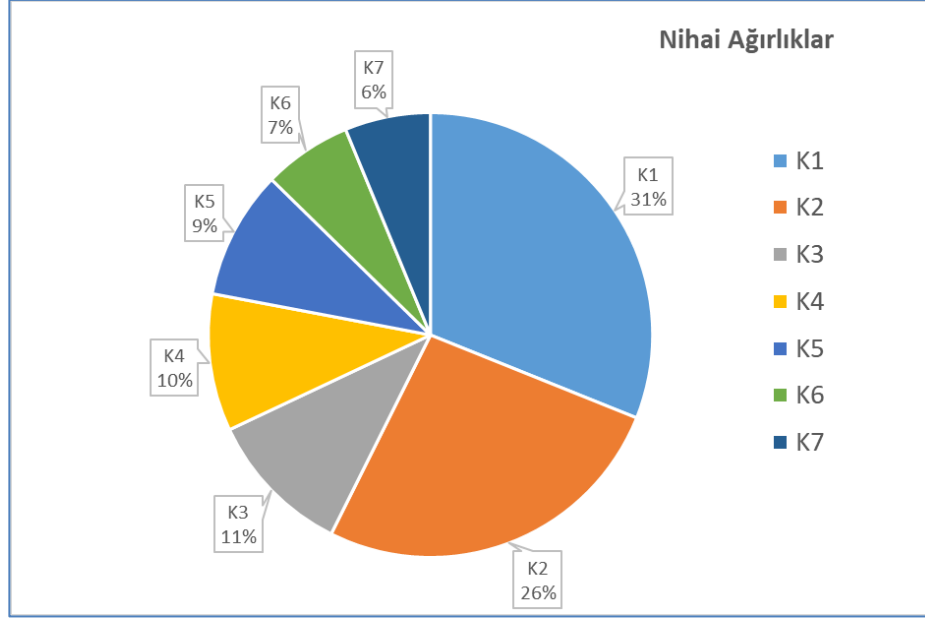
Şekil 3. Kriter Ağırlıkları

Şekil 3’te görüldüğü üzere her uzmanın sırasıyla kriterlere atadıkları ağırlıklar farklıdır. Bu durumda, kriterlerin nihai ağırlıklarını belirlemek amacıyla beş uzmanın her bir kriterle ilişkin atamış oldukları ağırlık değerleri ortalama alınarak birleştirilmiştir. Tablo 4’te her bir kriterin nihai ağırlık değeri verilmiştir.

Tablo 4. Kriter Ağırlıkları

Uzman	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Uzman 1	0.213	0.425	0.053	0.085	0.106	0.047	0.071
Uzman 2	0.405	0.135	0.203	0.068	0.051	0.081	0.058
Uzman 3	0.394	0.197	0.131	0.056	0.099	0.044	0.079
Uzman 4	0.113	0.451	0.090	0.075	0.150	0.064	0.056
Uzman 5	0.429	0.107	0.054	0.215	0.061	0.086	0.048
Nihai ağırlık	0.311	0.263	0.106	0.100	0.093	0.064	0.062

Tablo 4'e göre, ağırlığı en yüksek olan kriter "Maliyet"tir. Bu kriteri sırasıyla, "Lojistik hizmetlerde indirim", "Kaynak tüketimi", "Çevreci dağıtım stratejileri", "Emisyon, atık su ve atık üretimi", "Personel eğitimleri" ve "İş güvenliği ve işçi sağlığı" kriterleri izlemektedir. Bu bulgular, ekonomik boyut içerisinde yer alan iki kriterin daha önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, Çevresel boyut altında yer alan kriterlerin Sosyal boyutta yer alan kriterlerden görece daha önemli olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 4'te ise kriterlerin nihai ağırlıkları yüzdesel olarak görselleştirilmiştir.



Şekil 4. Nihai Kriter Ağırlıkları

Kriter ağırlıklarının belirlenmesinden sonra TOPSIS, SAW ve MABAC yöntemlerini kullanarak 4 alternatif arasından en uygun olanı seçmek için karar matrisinin oluşturulması gerekmektedir. Bu matrisi oluşturmak amacıyla uzmanlardan her bir alternatifin her bir kriter için gösterdikleri performansları 1-9 (1: en düşük, 9: en yüksek) arasında puanlamaları istenmiştir. Bu doğrultuda her bir uzman sırasıyla bir kriterin bir alternatif için gösterdiği performansı puanlamıştır. Örneğin; 5 uzman, alternatif A₁'in K₁ kriterindeki performansına sırasıyla "9, 9, 5, 5, 6" puanlarını atamışlardır. Uzmanların atamış olduğu bu puanlar geometrik ortalama alınarak birleştirilmiş ve A₁-K₁ alternatif-kriter seti için karar matrisi değeri hesaplanmıştır (Ulutaş, 2019). Diğer alternatif-kriter setleri de benzer bir biçimde hesaplanmış ve Tablo 5'te sunulan karar matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 5. Karar Matrisi

3PL firma	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇
A ₁	6.560	6.128	6.320	5.650	5.502	7.039	5.966
A ₂	5.885	5.378	6.518	6.694	5.373	6.207	5.578
A ₃	6.581	6.233	5.706	7.108	7.108	6.128	6.239
A ₄	7.039	6.732	6.044	5.471	6.000	6.069	6.188

Kriter ağırlıkları hesaplandıktan ve karar matrisi oluşturulduktan sonra 4 alternatif TOPSIS, SAW ve MABAC yöntemleri kullanılarak sıralanmıştır. Sonraki bölümde sırasıyla bu üç yöntemin uygulama sonuçlarına yer verilmiştir.

III.II. TOPSIS Yöntemi Sonuçları

TOPSIS yönteminde ilk olarak Tablo 5’te sunulan başlangıç karar matrisi, Eşitlik (7) yardımıyla normalize edilmiştir. Tablo 6 normalize karar matrisini göstermektedir.

Tablo 6. Standardize Karar Matrisi

3PL firma	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇
Kriter ağırlığı	0.311	0.263	0.106	0.100	0.093	0.064	0.062
A ₁	0.50236	0.49928	0.51344	0.45065	0.45587	0.55225	0.4973
A ₂	0.45066	0.43817	0.52952	0.53392	0.44518	0.48698	0.46496
A ₃	0.50396	0.50783	0.46356	0.56694	0.58894	0.48078	0.52005
A ₄	0.53904	0.54849	0.49102	0.43637	0.49713	0.47615	0.5158

İkinci adımda, FUCOM yöntemiyle belirlenen nihai kriter ağırlıkları ile normalize karar matrisindeki her bir eleman çarpılarak ağırlıklı normalize matris elde edilmiş ve bu matris Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Ağırlıklı Normleştirilmiş Matris

3PL firma	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇
A ₁	0.15623	0.13131	0.054425	0.045065	0.042396	0.035344	0.030833
A ₂	0.14016	0.11524	0.05613	0.053392	0.041402	0.031167	0.028827
A ₃	0.15673	0.13356	0.049137	0.056694	0.054771	0.03077	0.032243
A ₄	0.16764	0.14425	0.052048	0.043637	0.046234	0.030474	0.03198

Sonraki adımda ise pozitif ve negatif ideal çözüm kümeleri hesaplanmıştır. Bu iki çözüm kümesi Tablo 8’de sunulmuştur.

Tablo 8. Pozitif (A⁺) ve Negatif (A⁻) İdeal Çözüm Kümeleri

İdeal Çözüm Kümeleri	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇
A ⁺	0.14016	0.14425	0.049137	0.056694	0.041402	0.035344	0.032243
A ⁻	0.16764	0.11524	0.05613	0.043637	0.054771	0.030474	0.028827

Daha sonra, her bir alternatifin pozitif ve negatif ideal çözüm kümelerine olan uzaklıkları hesaplanmış ve Tablo 9’da sunulmuştur.

Tablo 9. Alternatiflerin A⁺ ve A⁻ İdeal Çözümüne Uzaklıkları

3PL firma	S _i ⁺	S _i ⁻
A ₁	0.0243	0.0240
A ₂	0.0305	0.0321
A ₃	0.0243	0.0262
A ₄	0.0313	0.0307

Son aşamada, alternatiflerin yakınlık değerleri hesaplanmış ve bu değerlere göre nihai alternatif sıralamaları belirlenmiştir. Tablo 10’da yer alan sonuçlara göre, yakınlık değeri en yüksek olan diğer bir ifadeyle firma için en uygun olan alternatif A_3 ’tür. Bu alternatifi sırasıyla A_2 , A_1 ve A_4 izlemektedir.

Tablo 10. Alternatiflerin Yakınlık Değerleri ve Sıralamalar

3PL firma	C_i^+	Sıra
A_1	0.49617	3
A_2	0.51264	2
A_3	0.51906	1
A_4	0.49478	4

III.III. SAW Yöntemi Sonuçları

SAW yöntemini kullanarak alternatifleri sıralamak için öncelikle Eşitlik (16) ve (17) yardımıyla başlangıç karar matrisi normalize edilmiştir. Tablo 11, SAW yöntemine göre normalize edilen karar matrisini göstermektedir.

Tablo 11. Standardize Karar Matrisi

3PL firma	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7
Kriter ağırlığı	0.311	0.263	0.106	0.100	0.093	0.064	0.062
A_1	0.8971037	0.910279	0.902848	0.794879	0.976554	1	0.956243
A_2	1	0.798871	0.875422	0.941756	1	0.881801	0.894054
A_3	0.894241	0.925876	1	1	0.755909	0.870578	1
A_4	0.8360563	1	0.944077	0.769696	0.8955	0.862196	0.991826

İkinci aşamada, Eşitlik (18) yardımıyla her bir alternatifin tercih değeri hesaplanmış ve ağırlıklı normalize matris oluşturulmuştur. Bu değer, FUCOM yöntemiyle belirlenen kriter ağırlıkları ile normalize karar matrisindeki her bir elemanın çarpılmasıyla elde edilmiştir. Tablo 12, ağırlıklı normalize matrisi göstermektedir.

Tablo 12. Ağırlıklı Normalleştirilmiş Matris

3PL firma	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7
A_1	0.2789992	0.239403	0.095702	0.079488	0.09082	0.064	0.059287
A_2	0.311	0.210103	0.092795	0.094176	0.093	0.056435	0.055431
A_3	0.278109	0.243505	0.106	0.1	0.0703	0.055717	0.062
A_4	0.2600135	0.263	0.100072	0.07697	0.083282	0.055181	0.061493

Son adımda, Eşitlik (19) kullanılarak her bir alternatifin ortalama tercih değerleri hesaplanmıştır. Alternatifler, ortalama tercih değerlerine göre sıralanmış ve en yüksek değere sahip alternatif, en iyi alternatif olarak belirlenmiştir. Tablo 13’te her bir alternatifin tercih, ortalama tercih değerleri ve sıralama sonucu verilmiştir. Sonuçlar, SAW yöntemine göre en iyi alternatifin tıpkı TOPSIS yönteminde olduğu gibi A_3 olduğunu ortaya koymaktadır. Aynı zamanda, hem SAW hem de TOPSIS yönteminin diğer üç alternatife ilişkin sıralama sonuçları aynıdır ($A_2 > A_1 > A_4$).

Tablo 13. Tercih ve Ortalama Tercih Değerleri ve Sıralama Sonuçları

3PL firma	S_j	$S_j^{\%}$	Sıra
A ₁	0.9077	0.2496	3
A ₂	0.9129	0.2511	2
A ₃	0.9156	0.2518	1
A ₄	0.9000	0.2475	4
Toplam	3.6363		

III.IV. MABAC Yöntemi Sonuçları

Alternatifleri sıralamak için son olarak MABAC yöntemi kullanılmıştır. Bu yönetime göre öncelikle karar matrisi normalize edilmiş ve bu matris Tablo 14’te verilmiştir.

Tablo 14. Standardize Karar Matrisi

3PL firma	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇
Kriter ağırlığı	0.311	0.263	0.106	0.100	0.093	0.064	0.062
A ₁	0.4151	0.5539	0.2438	0.1093	0.9256	1.0000	0.5870
A ₂	1.0000	0.0000	0.0000	0.7471	1.0000	0.1423	0.0000
A ₃	0.3969	0.6315	1.0000	1.0000	0.0000	0.0608	1.0000
A ₄	0.0000	1.0000	0.5837	0.0000	0.6386	0.0000	0.9228

İkinci adımda, FUCOM ağırlıkları ile standardize karar matrisi elemanları çarpılarak ağırlıklı standardize karar matrisi elde edilmiş ve Tablo 15’te sunulmuştur.

Tablo 15. Ağırlıklı Standardize Matris

3PL firma	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇
A ₁	0.4401	0.4087	0.1318	0.1109	0.1791	0.1280	0.0984
A ₂	0.6220	0.2630	0.1060	0.1747	0.1860	0.0731	0.0620
A ₃	0.4344	0.4291	0.2120	0.2000	0.0930	0.0679	0.1240
A ₄	0.3110	0.5260	0.1679	0.1000	0.1524	0.0640	0.1192

Sonraki aşamada, Eşitlik (26) yardımıyla sınır yakınlık alanı matrisi oluşturulmuştur ve Tablo 16’da sunulmuştur.

Tablo 16. Sınır Yakınlık Alanı Matrisi

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇
G_i	0.4385	0.3947	0.1493	0.1403	0.1474	0.0799	0.0974

Matris oluşturulduktan sonra her bir alternatifin sınır yakınlık alanına uzaklığı hesaplanmış ve bu değerler Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. Alternatiflerin Sınır Yakınlık Alanına Uzaklıkları

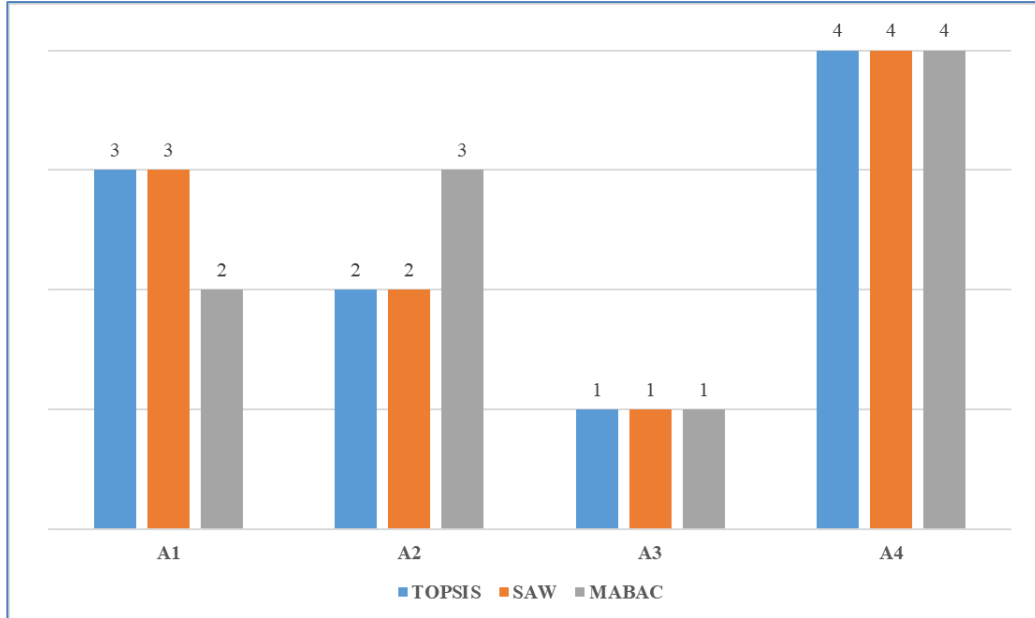
3PL firma	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇
A ₁	0.0016	0.0140	-0.0175	-0.0294	0.0317	0.0481	0.0009
A ₂	0.1835	-0.1317	-0.0433	0.0344	0.0386	-0.0067	-0.0354
A ₃	-0.0041	0.0344	0.0627	0.0597	-0.0544	-0.0120	0.0266
A ₄	-0.1275	0.1313	0.0185	-0.0403	0.0050	-0.0159	0.0218

Son aşamada, alternatiflerin nihai skorları hesaplanmıştır. Tablo 18 alternatiflere ait nihai skorları ve sıralama sonuçlarını göstermektedir. Bulgulara göre, $S(A_i)$ değeri en yüksek olan alternatif A₃ firma için en iyi 3PL'dir. MABAC yöntemine göre diğer alternatiflerin sıralaması şu şekildedir: A₁ > A₂ > A₄.

Tablo 18. $S(A_i)$ Değerleri ve Sıralama Sonuçları

3PL firma	$S(A_i)$	Sıra
A ₁	0.049484666	2
A ₂	0.039270359	3
A ₃	0.112852556	1
A ₄	-0.00706009	4

TOPSIS, SAW ve MABAC yöntemlerinin sonuçları firma için en uygun 3PL'nin alternatif A₃ olduğunu ortaya koymaktadır. TOPSIS ve SAW yöntemlerinin dört alternatifle ilişkin sıralaması aynı iken MABAC yönteminin sıralama sonuçlarında sadece ikinci (A₁) ve üçüncü (A₂) sıradaki alternatifin sırası TOPSIS ve SAW yöntemi sonuçlarına göre farklıdır. Şekil 5'te üç yöntemin alternatiflere ilişkin sıralama sonuçları birlikte verilmiştir.



Şekil 5. TOPSIS, SAW ve MABAC Sıralama Sonuçlarının Karşılaştırılması

III.V. Duyarlılık Analizi

Karar vericiler genellikle kriter ağırlıklarındaki değişikliklerin etkisini bilmek ve ÇKKV sonuçlarının uygulanabilirliğini doğrulamak için duyarlılık analizi yapmaktadır (Yagmahan ve Yılmaz, 2023). Bu doğrultuda çalışmada, hem farklı kriter ağırlıklarının sıralama sonuçlarına etkisini belirlemek hem de çeşitli ÇKKV tekniklerinin sıralama sonuçlarındaki farklılığı ortadan kaldırmak amacıyla iki aşamalı duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada, kriter ağırlıkları SWARA ve BWM tekniklerine göre hesaplanmış ve bu yeni kriter ağırlıkları dikkate alınarak firmalar TOPSIS, SAW ve MABAC yöntemlerine göre tekrar sıralanmıştır. SWARA ve BWM yöntemlerinin tercih edilmesinin temel gerekçesini şu şekilde özetlemek mümkündür: BWM yöntemindeki en iyi ve en kötü kriteri belirleme kavramı SWARA yönteminin ilk adımına çok benzemektedir. Kriterler politika bazında önceliklendirildiğinde, en iyi ve en kötü kriterlerin belirlenmesine yardımcı olan bir tercih sırası ortaya çıkar. En iyi ve en kötü kriterler belirlendiğinde, benzer uzman görüşleri nedeniyle SWARA yönteminde kullanılan aynı ikili karşılaştırmalar gerçekleştirilir (Zolfani ve Chatterjee, 2019). İlk olarak, SWARA yöntemine göre uzmanların kriterlere ilişkin değerlendirmeleri neticesinde elde edilen kriterler nihai ağırlıkları Tablo 19’da verilmiştir. Farklı uzmanların her bir kriterle ilişkin değerlendirmelerinin aritmetik ortalaması alınarak ilgili kriterin nihai ağırlığı belirlenmiştir. Sonuçlar, en önemli kriterin “Maliyet” olduğunu, önem düzeyi en düşük olan kriterin ise “İş güvenliği ve işçi sağlığı” olduğunu göstermektedir.

Tablo 19. SWARA Yöntemi Kriter Ağırlıkları

Uzman	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇
Uzman 1	0.188	0.225	0.095	0.130	0.163	0.086	0.113
Uzman 2	0.205	0.162	0.186	0.119	0.079	0.154	0.095
Uzman 3	0.221	0.184	0.160	0.097	0.146	0.075	0.117
Uzman 4	0.170	0.205	0.141	0.113	0.178	0.098	0.094
Uzman 5	0.191	0.165	0.109	0.182	0.120	0.138	0.095
Nihai ağırlık	0.195	0.188	0.138	0.128	0.137	0.110	0.103

İkinci olarak, BWM yöntemine göre kriterlerin nihai ağırlıkları belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 20’de gösterilmiştir. SWARA tekniğinde olduğu gibi aritmetik ortalama alınarak kriterlerin nihai ağırlıkları belirlenmiştir. Sonuçlar, SWARA tekniği bulguları ile benzerlik göstermekte ve BWM yöntemine göre de en önemli kriterin “Maliyet” olduğunu, ağırlığı en düşük olan kriterin ise “İş güvenliği ve işçi sağlığı” olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 20. BWM Yöntemi Kriter Ağırlıkları

Uzman	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	CR	Asso. Thr.
Uzman 1	0.234	0.385	0.059	0.094	0.117	0.033	0.078	0.208	0.352
Uzman 2	0.370	0.152	0.228	0.065	0.036	0.091	0.057	0.222	0.352
Uzman 3	0.375	0.234	0.117	0.067	0.094	0.035	0.078	0.286	0.341
Uzman 4	0.115	0.383	0.092	0.077	0.230	0.066	0.038	0.153	0.352
Uzman 5	0.415	0.131	0.065	0.175	0.075	0.105	0.034	0.264	0.352
Nihai ağırlık	0.302	0.257	0.112	0.095	0.110	0.066	0.057		

CR: Tutarlılık oranı, Asso. Thr.: İlişkili eşik değer, CR < Asso. Thr. ise tutarlı.

Çalışmada kriter ağırlığı belirlemek için kullanılan FUCOM, SWARA ve BWM yöntemlerinin sonuçları Şekil 6’da karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. “Maliyet” kriteri üç yöntem açısından da en önemli kriter olarak belirlenirken, “İş güvenliği ve işçi sağlığı” kriteri üç yönteme göre önem düzeyi en düşük kriter olarak belirlenmiştir. Üç yöntemin kriter ağırlıklarına ilişkin sıralamaları büyük ölçüde benzerlik göstermekle birlikte, “Çevreci dağıtım stratejileri (K4)” ve “Emisyon, atık su ve atık üretimi (K5)” kriterleri açısından FUCOM tekniği ile diğer iki tekniğin farklılaştığı görülmektedir.



Şekil 6. FUCOM, SWARA ve BWM Sonuçlarının Karşılaştırılması

SWARA ve BWM teknikleri ile belirlenen kriter ağırlıklarının, alternatiflerin sıralanmasına ilişkin etkisini belirlemek amacıyla firmalar TOPSIS, SAW ve MABAC teknikleri kullanılarak yeniden sıralanmıştır. Değerlendirme sonuçları, Tablo 21’de verilmiştir. Sonuçlar, SWARA-SAW ve SWARA-MABAC bütünlük modellerde en iyi alternatifin A_3 olduğunu, SWARA-TOPSIS bütünlük modelde ise en iyi alternatifin A_2 olduğunu göstermektedir. BWM-TOPSIS ve BWM-SAW bütünlük modellerde en uygun alternatif A_2 iken BWM-MABAC bütünlük modelde en uygun alternatif A_3 ’tür. SWARA-MABAC entegre modeli dışında diğer bütün bütünlük modellerde A_4 en kötü alternatif olarak belirlenmiştir.

Tablo 21. TOPSIS, SAW ve MABAC Sıralama Sonuçları

3PL firma	SWARA						BWM					
	TOPSIS		SAW		MABAC		TOPSIS		SAW		MABAC	
	C_i^+	Sıra	$S_j^%$	Sıra	$S(A_i)$	Sıra	C_i^+	Sıra	$S_j^%$	Sıra	$S(A_i)$	Sıra
A_1	0.531	2	0.251	2	0.078	2	0.512	2	0.2501	3	0.057	2
A_2	0.536	1	0.250	3	-0.006	4	0.520	1	0.2513	1	0.042	3
A_3	0.502	3	0.252	1	0.122	1	0.502	3	0.2510	2	0.101	1
A_4	0.489	4	0.247	4	0.004	3	0.500	4	0.2476	4	-0.005	4

Tablo 21’de yer alan sonuçlar, SWARA ve BWM tekniklerine göre elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak TOPSIS, SAW ve MABAC yöntemleriyle belirlenen alternatif sıralamalarının özellikle en iyi alternatif bakımından farklı olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, kriter ağırlıklarının alternatiflerin sıralamaları üzerindeki etkisini daha belirgin bir şekilde ifade etmek amacıyla FUCOM, SWARA ve BWM tekniklerinin nihai sıralama sonuçları Tablo 22’de sunulmuştur. Sonuçlar, FUCOM tekniğiyle belirlenen kriter ağırlıkları kullanıldığında en iyi alternatifin TOPSIS, SAW ve MABAC yöntemlerine göre A_3 olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, kriter ağırlıkları değiştiğinde SWARA-TOPSIS, BWM-TOPSIS ve BWM-SAW entegre modelleri için en iyi alternatif değişmektedir.

Tablo 22. Alternatiflerin Sıralamaları ve Yöntemlerin Karşılaştırılması

3PL firma	FUCOM			SWARA			BWM		
	TOPSIS	SAW	MABAC	TOPSIS	SAW	MABAC	TOPSIS	SAW	MABAC
A ₁	3	3	2	2	2	2	2	3	2
A ₂	2	2	3	1	3	4	1	1	3
A ₃	1	1	1	3	1	1	3	2	1
A ₄	4	4	4	4	4	3	4	4	4

Duyarlılık analizinin ikinci aşamasında, farklı bütünlük modellerin en iyi alternatifine ilişkin farklı sıralama sonuçlarını entegre etmek, önerilen modele ilişkin nihai bir sıralama sunmak ve sonuçların güvenilirliğini artırmak amaçlanmıştır. Bu kapsamda, farklı sıralama sonuçlarına ilişkin bu problemi çözmeye yararlanan ve sonuçları birleştirmeye yarayan entegrasyon tekniklerinden Copeland yöntemi ve Borda sayımı kullanılmıştır (Ecer, 2021). Bu tekniklerin sonuçları, Tablo 23'te sunulmuştur.

Tablo 23. Copeland Yöntemi ve Borda Sayımı Sonuçları

3PL firma	Copeland Yöntemi					Borda Sayımı	
	Kazançlar	Kayıplar	Nihai Skor	Puan Çizelgesi	Sıra	Toplam Skor	Sıra
A ₁	108	81	27	1	3	135	3
A ₂	108	81	27	2	2	144	2
A ₃	153	36	117	3	1	198	1
A ₄	9	180	-171	0	4	9	4

Tablo 23'te yer alan sonuçlar, her iki entegrasyon tekniğinin sonuçlarının aynı olduğunu ve alternatiflere ilişkin nihai bir sıralamanın elde edildiğini ortaya koymaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, en iyi alternatif A₃ iken, en kötü alternatif A₄'tür. Alternatiflerin tümüne ilişkin nihai sıralama ise şu şekildedir: A₃ > A₂ > A₁ > A₄. Her ne kadar SWARA ve BWM teknikleriyle elde edilen kriter ağırlıkları kullanıldığında nihai sıralamaların farklılaştığı anlaşılrsa da çalışmada FUCOM tekniği kullanılarak önerilen değerlendirme modelinin sonuçlarının en iyi ve en kötü alternatifler açısından tutarlı olduğu anlaşılmıştır.

TARTIŞMA

Bu çalışma, FUCOM temelli TOPSIS, SAW ve MABAC tekniklerinin entegrasyonu ile üçüncü taraf lojistik sağlayıcıların yalnızca geleneksel kriterler değil aynı zamanda sürdürülebilirlik perspektifleri de dikkate alınarak kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Kullanılan teknikler ile karar vericilere hem geleneksel performans ölçütlerini hem de yeni ortaya çıkan sürdürülebilirlik hususlarını dikkate alarak 3PL seçimi için kapsamlı bir model sunmaktadır. Önerilen yaklaşım, karar vericilere 3PL'leri değerlendirmek ve seçmek için sistematik ve yapılandırılmış bir metodoloji sunarak bilinçli karar vermeyi kolaylaştırmakta ve böylece lojistik sektöründe sürdürülebilirliği teşvik etmektedir. Çalışmanın bulguları, 3PL seçiminde yalnızca maliyet etkinliği ve operasyonel verimliliği değil, aynı zamanda lojistik operasyonlarla ilişkili daha geniş çevresel ve sosyal etkileri de göz önünde bulunduran bütünsel bir yaklaşım benimsemenin önemini vurgulamaktadır. Kuruluşlar, sürdürülebilirlik perspektiflerini karar alma sürecine entegre ederek lojistik operasyonlarını daha geniş kurumsal sosyal sorumluluk hedefleriyle uyumlu hale getirebilir, böylece daha çevre dostu ve sosyal açıdan sorumlu bir tedarik zincirine katkıda bulunabilirler.

Araştırma sonuçları, 3PL seçimini etkileyen en önemli kriterin "maliyet" olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgu, önceki araştırmaların bazı sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Örneğin;

Eren ve Gür (2017) 3PL firmaların seçiminde önem düzeyi en yüksek olan kriterin maliyet olduğunu tespit etmişlerdir. Akpınar (2021) entegre SWARA-WASPAS modeliyle 3PL seçim kriterlerini değerlendirmiş ve sonuç olarak en önemli kriterin fiyat olduğunu tespit etmiştir. Soba ve Şimşek (2019) bulanık TOPSIS tekniğini kullanarak 3PL firmalarını değerlendirmişler ve sonuç olarak, en önemli kriterin maliyet olduğunu bulgulamışlardır. Erginel vd. (2014) entegre BOCR-ANP modeliyle 3PL firma seçimi gerçekleştirmişler ve en önemli kriterin taşıma maliyetleri olduğunu bulgulamışlardır. Öztürkçü ve Özcan (2024) MAIRCA, MARCOS, ANP ve WASPAS tekniklerini entegre ederek proje lojistiği operasyonları için tedarikçi seçimi gerçekleştirmişler ve önem düzeyi en yüksek kriterin genel ağırlık ölçütleri bakımından sürdürülebilir düşük maliyet olduğunu bulgulamışlardır.

Mevcut çalışmanın maliyet kriterine ilişkin sonucu, benzer çalışmaların bulguları ile farklılık göstermektedir. Örneğin; Nila ve Roy (2023) 3PL seçiminde en önemli kriterin “Ün” olduğunu, maliyetin ikinci en önemli kriter olduğunu bulgulamışlardır. Ayrıca, en az önemli kriterin “Emisyon, atık su ve atık üretimi” olduğunu tespit etmişlerdir. Ulutaş vd. (2024) nitelikli işgücünün, 3PL seçiminde en önemli kriter olduğunu tespit etmişlerdir. Li vd. (2012) 3PL seçimini etkileyen en önemli kriterin hizmet kalitesi olduğunu savunmuşlardır. Mavi vd. (2017) sürdürülebilirliğin ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlarında sırasıyla kalite, geri dönüşüm, sağlık ve güvenliğin en önemli kriterler olduğunu bulgulamışlardır. Ayrıca operasyonel riskin, risk faktörleri arasında en yüksek ağırlığa sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Ecer (2021) ise sürdürülebilir tedarikçi seçimine ilişkin çalışmada ürün fiyatı (ekonomik), bilgilendirme (sosyal) ve çevre yönetim sistemi (çevresel) kriterlerinin her bir boyut açısından en önemli faktörler olduğunu tespit etmiştir. Korucuk (2018) 3PL seçim sürecini etkileyen en önemli kriterin işletme performansı olduğunu bulgulamıştır. Yürüyen ve Ulutaş (2020) 3PL seçimi için bulanık AHP ve bulanık EDAS tekniklerini kullandıkları çalışmada, sevkiyat ve teslimat sürelerinin en önemli kriter olduğunu tespit etmişlerdir. Keleş ve Demiral (2023) 3PL firmalarının seçim kriterlerini sürdürülebilirlik perspektifinden değerlendirmişler ve en önemli kriterlerin sırasıyla ekonomik boyut açısından kalite, sosyal boyut açısından deneyim ve çevresel boyut açısından ise iş sağlığı ve güvenliği olduğunu tespit etmişlerdir. Çakır vd. (2009) bulanık AHP tekniğini kullanarak tedarikçi seçimi probleminde çözüm getirmişler ve önem düzeyi en yüksek olan temel kriterin operasyonel performans olduğunu tespit etmişlerdir. Ayçin (2018) gri sistem yaklaşımıyla DEMATEL yöntemini entegre etmiş ve 3PL seçiminde en önemli kriterlerin müşteri ilişkileri, teknolojik yeterlilik ve zamanında teslimat performansı olduğunu belirlemiştir.

3PL seçiminde maliyetin en önemli kriter olmasının temel nedenleri şu şekilde sıralanabilir. Birçok işletme belirli bütçe kısıtlamaları dahilinde faaliyet gösterir. Bir 3PL sağlayıcı ile ilişkili maliyetlerin belirlenmesi, hizmetlerin şirketin bütçe sınırlamaları ile uyumlu olup olmadığının değerlendirilmesine yardımcı olur. Farklı 3PL sağlayıcıları, farklı fiyat noktalarında çeşitli hizmet paketleri sunar. Her bir hizmetle ilişkili maliyetlerin anlaşılması, işletmelerin lojistik çözümlerini kendi özel ihtiyaçlarına ve bütçelerine göre özelleştirmelerine olanak tanır. İşletmeler büyüdükçe lojistik ihtiyaçları da değişebilir. Bir 3PL sağlayıcının maliyet yapısının bilinmesi, ölçeklenebilirlik seçeneklerinin değerlendirilmesine yardımcı olur. Esnek bir maliyet modeli, işletme genişledikçe veya daraldıkça hizmetlerde ve kapasitede ayarlamalar yapılmasına olanak tanır. Maliyet çok önemli olmakla birlikte, dış kaynak kullanımı yoluyla elde edilen faydaları ve verimlilikleri de değerlendirmelidir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Antalya’da faaliyet gösteren, tohum ve gübre satışı yapan bir işletmenin dağıtım faaliyetleri için sürdürülebilirlik perspektifinden 3PL seçmek amaçlanmıştır. Araştırmada yedi kriter kullanılmış olup kriter ağırlıkları beş uzmanın görüşü alınarak FUCOM yöntemiyle belirlenmiştir. FUCOM yöntemi sonuçları, en önemli kriterin “maliyet”, en az önemli kriterin ise “İş güvenliği ve işçi sağlığı” olduğunu ortaya koymaktadır. Araştırmanın önemli bir diğer sonucu alternatiflerin sıralama sonuçlarına ilişkindir. Araştırmada, FUCOM temelli TOPSIS, SAW ve

MABAC yaklaşımı kullanılarak dört 3PL değerlendirilmiştir. Sonuçlar, üç yöntemle göre de en uygun alternatifin A₃ olduğunu, en son seçeneğin ise üç yöntemle göre de A₄ olduğunu ortaya koymaktadır. Önerilen değerlendirme modelinin sonuçlarının tutarlılığı iki aşamalı duyarlılık analiziyle test edilmiştir. Duyarlılık analizi neticesinde önerilen değerlendirme modelinin sonuçlarının oldukça güvenilir ve tutarlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Çalışmada önerilen entegre çok kriterli karar verme yaklaşımı sürdürülebilirlik bakış açısıyla en iyi üçüncü parti lojistik hizmet sağlayıcısını değerlendirmek ve seçmek için başarılı bir şekilde uygulanmış olsa da bazı kısıtları bulunmaktadır. Kriterlerin göreceli öncelikleri bir uzmandan diğerine farklılık gösterebileceğinden, bu araştırmanın bulguları genellenemeyebilir. Bu nedenle, sonraki araştırmalarda DEMATEL ve ANP gibi yöntemler kullanılarak kriterler arasındaki karşılıklı ilişkileri göz önünde bulundurarak bu bulguları genelleştirmek mümkün olabilir. Tüm kriterlere ilişkin değerlendirmeler subjektif olarak yapılmış olup gelecekteki araştırmalarda alternatiflere ilişkin veriler elde edilerek hem objektif hem de subjektif bir şekilde kriterler ağırlıklandırılabilir. Sonraki çalışmalarda, tedarikçilerin maliyet değerleri para birimi cinsinden elde edilebiliyorsa 1-9 skalası yerine gerçek maliyet değerleri tercih edilebilir. Ayrıca, sözel değişkenler ile değerlendirme yapılması gereken kriterler için bulanık ÇKKV yöntemleri tercih edilebilir. Gelecekteki araştırmalar, önerilen modelin lojistik karar verme süreçlerinde etkinliğini değerlendirebilir, farklı endüstriler ve coğrafi bağlamlar arasında uyarlanabilirliği hakkında fikir sunabilir.

KAYNAKÇA

- Akpınar, M. E. (2021). Third-Party Logistics (3PL) Provider Selection Using Hybrid Model of SWARA and WASPAS. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 7(3), 371–382. <https://doi.org/10.29132/ijpas.972885>
- Ambika, P., Ayshwarya, B., Nguyen, P. T., Hashim, W., Rinjani, F., Muslihudin, M., ... & Maselena, A. (2019). The best of village head performance: Simple additive weighting method. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(2), 1568-1572.
- Arslantaş, O., Gümüş, M., & Özder, E. H. (2023). Scholarship recipient selection for higher education with AHP, SAW and TOPSIS. *Journal of Turkish Operations Management*, 7(2), 1685-1700. <https://doi.org/10.56554/jtom.1140823>
- Asadabadi, M. R., Ahmadi, H. B., Gupta, H., & Liou, J. J. H. (2023). Supplier selection to support environmental sustainability: the stratified BWM TOPSIS method. *Annals of Operations Research*, 322(1), 321–344. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04878-y>
- Ayçin, E. (2018). Üçüncü parti lojistik hizmet sağlayıcı seçim kriterlerinin gri dematel bütünleşik yaklaşımıyla belirlenmesi. *Alphanumeric Journal*, 6(2), 277-292. <https://doi.org/10.17093/alphanumeric.418829>
- Ayçin, E., & Aşan, H. (2021). İş zekası uygulamaları seçimindeki kriterlerin önem ağırlıklarının FUCOM yöntemi ile belirlenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23(2), 195-208. <https://doi.org/10.33707/akuiibfd.903563>
- Ayshwarya, B., Firdiansah, F. A., Alfian, F. Y., Nguyen, P. T., Hashim, W., Shankar, K., ... & Maselena, A. (2019). The best land selection using simple additive weighting. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(2 Special Issue 3), 1520-1525.
- Azadi, A., Jalali, A. S., & Navidi, M. N. (2023). Land evaluation approaches comparing TOPSIS and SAW with parametric methods for rice cultivation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(11). <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11849-8>
- Badi, I., Muhammad, L. J., Abubakar, M., & Bakır, M. (2022). Measuring Sustainability Performance Indicators Using FUCOM-MARCOS Methods. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 5(2), 99–116. <https://doi.org/10.31181/oresta040722060b>
- Bayazit, O. (2006). Use of analytic network process in vendor selection decisions. *Benchmarking*, 13(5), 566–579. <https://doi.org/10.1108/14635770610690410>
- Bulak, M. E., Kozanoğlu, O., Aydoğduoğlu, Ş. N., Göçer, F., & Algül, R. (2021). E-Ticaret Sitelerinin Kullanılabilirliğinin AHP ve TOPSIS Yöntemleriyle Karşılaştırılması. *European Journal of Science and Technology*. <https://doi.org/10.31590/ejosat.963658>

- Bulgurcu, B., & Nakiboglu, G. (2018). An extent analysis of 3PL provider selection criteria: A case on Turkey cement sector. *Cogent Business and Management*, 5(1). <https://doi.org/10.1080/23311975.2018.1469183>
- Cahyapratama, A., & Sarno, R. (2018). Application of Analytic Hierarchy Process (AHP) and Simple Additive Weighting (SAW) methods in singer selection process. In *2018 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)*, 234-239.
- Chakraborty, S., Raut, R. D., Rofin, T. M., Chatterjee, S., & Chakraborty, S. (2023). A comparative analysis of Multi-Attributive Border Approximation Area Comparison (MABAC) model for healthcare supplier selection in fuzzy environments. *Decision Analytics Journal*, 8, 100290. <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100290>
- Chakraborty, S., Sarkar, B., & Chakraborty, S. (2023). A FUCOM-MABAC-based integrated approach for performance evaluation of the Indian National Parks. *OPSEARCH*, 60(1), 125–154. <https://doi.org/10.1007/s12597-022-00611-2>
- Chan, F. T. S., Chan, H. K., Ip, R. W. L., & Lau, H. C. W. (2007). A decision support system for supplier selection in the airline industry. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 221(4), 741–758. <https://doi.org/10.1243/09544054JEM629>
- Chen, Z. H., Wu, D. F., Luo, W., & Cheng, X. J. (2024). A hybrid heterogeneous framework for medical waste disposal evaluation by fusing group BWM and regret-rejoice MABAC. *Expert Systems with Applications*, 249, 123514. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.123514>
- Chou, S. Y., Chang, Y. H., & Shen, C. Y. (2008). A fuzzy simple additive weighting system under group decision-making for facility location selection with objective/subjective attributes. *European Journal of Operational Research*, 189(1), 132-145. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.05.006>
- Çakır, E., Tozan, H., & Vayvay, Ö. (2009). A Method For Selecting Third Party Logistic Service Provider Using Fuzzy AHP. *Journal of Naval Sciences and Engineering*, 5(3), 38-54.
- Dai, X., Li, H., Zhou, L., & Wu, Q. (2024). The SMAA-MABAC approach for healthcare supplier selection in belief distribution environment with uncertainties. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 129, 107654. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.107654>
- Daim, T. U., Udbye, A., & Balasubramanian, A. (2013). Use of analytic hierarchy process (AHP) for selection of 3PL providers. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 24(1), 28–51. <https://doi.org/10.1108/17410381311287472>
- Dang, P. F., Sun, L. F., Yang, Z. X., Gong, B., Zhu, J., & Yuan, S. (2024). A comprehensive risk assessment method of hydrogenation units integrating DEMATEL-TOPSIS-CM. *International Journal of Hydrogen Energy*, 79, 411-422. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.01.094>
- Demirtaş, M. C. (2022). Üniversite Rektörlerinin Sosyal Medya Kullanımlarının Mabac Yöntemi İle Değerlendirilmesi. *Öneri Dergisi*, 17(57), 102-147. <https://doi.org/10.14783/maruoneri.941348>
- Do, Q. H., Tran, V. T., & Tran, T. T. (2024). Evaluating Lecturer Performance in Vietnam: An Application of Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Methods. *Heliyon*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30772>
- Ecer, F. (2018). Third-party logistics (3PLs) provider selection via fuzzy AHP and EDAS integrated model. *Technological and Economic Development of Economy*, 24(2), 615–634. <https://doi.org/10.3846/20294913.2016.1213207>
- Ecer, F. (2021). FUCOM subjektif ağırlıklandırma yöntemi ile rüzgâr çiftliği yer seçimini etkileyen faktörlerin analizi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(1), 24-34. <https://doi.org/10.5505/pajes.2020.93271>
- Ecer, F. (2021). Sürdürülebilir Tedarikçi Seçimi: FUCOM Subjektif Ağırlıklandırma Yöntemi Temelli MAIRCA Yaklaşımı. *Journal of Mehmet Akif Ersoy University Economics and Administrative Sciences Faculty*, 8(1), 26-48. <https://doi.org/10.30798/makuiibf.691693>
- Ecer, F. (2021). A consolidated MCDM framework for performance assessment of battery electric vehicles based on ranking strategies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 143, 110916. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110916>
- Ekin, E., & Dolanbay, G. (2024). AHP Temelli TOPSIS Yöntemi ile Yer Seçim Problemine İlişkin Bir Uygulama. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(1), 301-317. <https://doi.org/10.17336/igusbd.1209399>
- Eren, T., & Gür, S. (2017). Online alışveriş siteleri için AHP ve TOPSIS yöntemleri ile 3PL firma seçimi. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10(2), 819-834. <https://doi.org/10.17218/hititsosbil.285102>

- Erginel, N., Şentürk, S., & Binici, Y. (2014). The use of ANP method based on BOCR criteria for 3PL provider selection. *Anadolu University Journal of Science and Technology B-Theoretical Sciences*, 3(1), 33–44. <https://doi.org/10.20290/btdb.61937>
- Fan, J., Lei, T., & Wu, M. (2024). MEREC-MABAC method based on cumulative prospect theory for picture fuzzy sets: Applications to wearable health technology devices. *Expert Systems with Applications*, 124749. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124749>
- Forson, E. D., Kwayisi, D., Kazapoe, R. W., Ntori, C., Adjei, S. K., Mahamuda, A., ... & Amedzro, K. Y. (2024). Application of a hybrid BWM-TOPSIS approach for mineral potential mapping. *Heliyon*, 10(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31743>
- Gardas, B. B., D. Raut, R., & Narkhede, B. E. (2019). Analysing the 3PL service provider's evaluation criteria through a sustainable approach. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 68(5), 958–980. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-04-2018-0154>
- Genç, V., Özdağoğlu, A., & Keleş, M. K. (2022). Otomobil motor yağı alternatiflerinin FUCOM, MAIRCA, MABAC ve BWM yöntemleri ile değerlendirilmesi. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(1), 55–82. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1020313>
- Göl, H., & Catay, B. (2007). Third-party logistics provider selection: Insights from a Turkish automotive company. *Supply Chain Management: An International Journal*, 12(6), 379–384. <https://doi.org/10.1108/13598540710826290>
- Gölcük, İ., Durmaz, E. D., & Şahin, R. (2023). Bulanık FUCOM ve bulanık çizge teorisi-matris yaklaşımı ile iş güvenliği risklerinin önceliklendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 38(1), 57–70. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.970514>
- Güngör, H. Y. (2024). Analysis of Financial Performance of Public Sports Clubs in Türkiye via CRITIC-Based SAW Method. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 13(2), 499–509. <https://doi.org/10.33206/mjss.1366043>
- Hidayad, M. K., & Utama, D. N. (2022). Third-Party Logistic Selection for Logistic Aggregator Company using Multi-Criteria Decision Making. *Journal of Computer Science*, 18(9), 811–820. <https://doi.org/10.3844/jcssp.2022.811.820>
- Hwang, C. L., & Yoon, K. P. (1981). *TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)–A Multiple Attribute Decision Making: Multiple Attribute Decision Making–Methods and Applications, a State-Of-The-Art Survey*. Springer Publications.
- Jayant, A., Singh, P., & Gandhi, I. (2015). Article: Application of AHP-VIKOR Hybrid MCDM Approach for 3pl Selection: A Case Study. In *Article in International Journal of Computer Applications*. IJCA. <https://www.researchgate.net/publication/283149392>
- Jharkharia, S., & Shankar, R. (2007). Selection of logistics service provider: An analytic network process (ANP) approach. *Omega*, 35(3), 274–289. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2005.06.005>
- Jovčić, S., & Průša, P. (2021). A hybrid mcdm approach in third-party logistics (3pl) provider selection. *Mathematics*, 9(21). <https://doi.org/10.3390/math9212729>
- Kannan, D., Garg, K., Jha, P. C., & Diabat, A. (2017). Integrating disassembly line balancing in the planning of a reverse logistics network from the perspective of a third party provider. *Annals of Operations Research*, 253(1), 353–376. <https://doi.org/10.1007/s10479-016-2272-7>
- Keleş, M. K. (2022). CRITIC temelli MABAC yöntemi ile Türk Hava Yollarının yıllara göre performansının değerlendirilmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 6(1), 53–67. <https://doi.org/10.31200/makuubd.1070559>
- Keleş, S., & Demiral, Ö. (2023). Üçüncü Parti Lojistik Tedarikçisi Seçim Kriterlerinin Uzman Görüşlerine Göre Belirlenmesi. *Artuklu Kaime Uluslararası İktisadi ve İdari Araştırmalar Dergisi*, 6(1), 1–19. <https://doi.org/10.55119/artuklu.1055488>
- Khan, H. U., Abbas, M., Alruwaili, O., Nazir, S., Siddiqi, M. H., & Alanazi, S. (2024). Selection of a smart and secure education school system based on the Internet of Things using Entropy and TOPSIS approaches. *Computers in Human Behavior*, 108346. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2024.108346>
- Komsiyah, S., Ayuliana, & Balqis, D. A. (2023). Analysis of decision support system for determining industrial sub-district using DEMATEL-MABAC methods. *Procedia Computer Science*, 216, 499–509. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.162>
- Korucuk, S. (2018). Soğuk zincir taşımacılığı yapan işletmelerde 3pl firma seçimi: İstanbul örneği. *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (16), 341–366.

- Kucukaltan, B., Irani, Z., & Aktas, E. (2016). A decision support model for identification and prioritization of key performance indicators in the logistics industry. *Computers in Human Behavior*, 65, 346–358. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.08.045>
- Li, F., Li, L., Jin, C., Wang, R., Wang, H., & Yang, L. (2012). A 3PL supplier selection model based on fuzzy sets. *Computers and Operations Research*, 39(8), 1879–1884. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2011.06.022>
- Li, Y., Zhang, Y., Zhang, X., Zhao, J., Huang, Y., Wang, Z., & Yi, Y. (2024). Distribution of geothermal resources in Eryuan County based on entropy weight TOPSIS and AHP–TOPSIS methods. *Natural Gas Industry B*, 11(2), 213–226. <https://doi.org/10.1016/j.ngib.2024.03.002>
- Liu, A., Li, Z., Shang, W. L., & Ochieng, W. (2023). Performance evaluation model of transportation infrastructure: Perspective of COVID-19. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 170. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2023.103605>
- Mandal, U., & Seikh, M. R. (2023). Interval-valued spherical fuzzy MABAC method based on Dombi aggregation operators with unknown attribute weights to select plastic waste management process. *Applied Soft Computing*, 145, 110516. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2023.110516>
- Mavi, R. K., Goh, M., & Zorbakhshnia, N. (2017). Sustainable third-party reverse logistic provider selection with fuzzy SWARA and fuzzy MOORA in plastic industry. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 91(5–8), 2401–2418. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-9880-x>
- Mercan, T., & Can, A. (2023). İşgören Seçiminde Etkili Olan Faktörlerin FUCOM Yöntemi ile Değerlendirilmesi: Bir Havayolu İşletmesinde Uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 14(40), 1311–1329. <https://doi.org/10.21076/vizyoner.1271318>
- Nguyen, T. M. H., & Ménoury, M. (2022). Selection of 3PL providers for overseas market expansion: insights from a Vietnamese company. *Journal of Supply Chain Management Science*. <https://doi.org/10.18757/jscms.2022.6846>
- Nila, B., & Roy, J. (2023). A new hybrid MCDM framework for third-party logistics provider selection under sustainability perspectives. *Expert Systems with Applications*, 234. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.121009>
- Ozcalici, M. (2022). Asset allocation with multi-criteria decision making techniques. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 5(2), 78–119. <https://doi.org/10.31181/dmame03051020220>
- Özbek, H. E., & Oğuz, S. (2024). Yeniden Kullanılabilir Maskeler için Çevre Dostu Tedarikçi Seçimi: Entropi Tabanlı TOPSIS Yöntemi ile Bir Uygulama. *Alanya Akademik Bakış*, 8(2), 563–575. <https://doi.org/10.29023/alanyaakademik.1406618>
- Özdağoğlu, A., Keleş, M. K., & Genç, V. (2021). FUCOM ve PROMETHEE yöntemleri ile ticari araç seçimi: peyzaj firmasında bir uygulama. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 25(Özel Sayı), 231–253. <https://doi.org/10.53487/ataunisobil.825910>
- Özdağoğlu, A., Keleş, M. K., & Işıldak, B. (2021). Havalimanlarının Bulanık DEMATEL ve MABAC yöntemleri ile sıralanması. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(1), 46–67. <https://doi.org/10.25287/ohuibf.697259>
- Öztürkçü, N., & Özcan, S. (2024). Bütünleşik ANP, MARCOS, WASPAS ve MAIRCA Yöntemleri Kullanılarak Proje Lojistiği Operasyonlarında Üçüncü Parti Lojistik Hizmet Sağlayıcı Seçimi. *Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(27), 98–125. <https://doi.org/10.53092/duibfd.1308549>
- Özudoğru, H., & Uzun, H. (2024). Sigortacılık Sektöründe Hizmet Kalitesinin Değerlendirilmesi: AHS ve TOPSIS Yöntemi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 16(2), 1200–1225. <https://doi.org/10.20491/isarder.2024.1851>
- Pala, O. (2023). MEREC-CORR ve SAW temelli lojistik performans değerlendirme. *Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(25), 117–135. <https://doi.org/10.53092/duibfd.1130928>
- Pamucar, D., Chatterjee, K., & Zavadskas, E. K. (2019). Assessment of third-party logistics provider using multi-criteria decision-making approach based on interval rough numbers. *Computers and Industrial Engineering*, 127, 383–407. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.10.023>
- Pamucar, D., & Ćirović, G. (2015). The selection of transport and handling resources in logistics centers using Multi-Attributive Border Approximation area Comparison (MABAC). *Expert Systems with Applications*, 42(6), 3016–3028. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.11.057>
- Pamucar, D., Macura, D., Tavana, M., Božanić, D., & Knežević, N. (2022). An integrated rough group multicriteria decision-making model for the ex-ante prioritization of infrastructure projects: The

- Serbian Railways case. *Socio-Economic Planning Sciences*, 79. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2021.101098>
- Pamučar, D., Stević, Ž., & Sremac, S. (2018). A new model for determining weight coefficients of criteria in MCDM models: Full Consistency Method (FUCOM). *Symmetry*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/sym10090393>
- Patel, H., & Chang, C. T. (2024). Beyond throughput: Evaluating maritime port competitiveness using MABAC and Bayesian methods. *Computers & Industrial Engineering*, 110248. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2024.110248>
- Peker, B. N., & Görener, A. (2022). Tesis Yeri Seçiminde Kriterlerin Önem Ağırlıklarının Bulanık FUCOM Yöntemiyle Belirlenmesi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(45), 1512-1536. <https://doi.org/10.46928/iticusbe.1212318>
- Perçin, S. (2009). Evaluation of third-party logistics (3PL) providers by using a two-phase AHP and TOPSIS methodology. *Benchmarking*, 16(5), 588–604. <https://doi.org/10.1108/14635770910987823>
- Prakash, C., & Barua, M. K. (2016). A combined MCDM approach for evaluation and selection of third-party reverse logistics partner for Indian electronics industry. *Sustainable Production and Consumption*, 7, 66–78. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2016.04.001>
- Raj, D., Maity, S. R., & Das, B. (2023). Optimization of Process Parameters of Laser Cladding on AISI 410 Using MEREK Integrated MABAC Method. *Arabian Journal for Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1007/s13369-023-08487-0>
- Rane, N. L., Achari, A., Choudhary, S. P., Mallick, S. K., Pande, C. B., Srivastava, A., & Moharir, K. N. (2023). A decision framework for potential dam site selection using GIS, MIF and TOPSIS in Ulhas river basin, India. *Journal of Cleaner Production*, 423. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138890>
- Raut, R., Kharat, M., Kamble, S., & Kumar, C. S. (2018). Sustainable evaluation and selection of potential third-party logistics (3PL) providers: An integrated MCDM approach. *Benchmarking*, 25(1), 76–97. <https://doi.org/10.1108/BIJ-05-2016-0065>
- Rony, M. A., Aslamiyah, S., & Anggraeni, M. D. (2023). Implementation of analytical hierarchy process and simple additive weighting for major selection. *Jurnal Mantik*, 7(1), 39-49.
- Roy, J., Pamučar, D., & Kar, S. (2020). Evaluation and selection of third party logistics provider under sustainability perspectives: an interval valued fuzzy-rough approach. *Annals of Operations Research*, 293(2), 669–714. <https://doi.org/10.1007/s10479-019-03501-x>
- Sabry, I., Hewidy, A. M., Naseri, M., & Mourad, A. H. I. (2024). Optimization of Process Parameters of Metal Inert Gas Welding Process on Aluminum Alloy 6063 Pipes Using Taguchi-TOPSIS Approach. *Journal of Alloys and Metallurgical Systems*, 100085.
- Sahir, S. H., Rosmawati, R., & Minan, K. (2017). Simple additive weighting method to determining employee salary increase rate. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 3(8), 42-48.
- Sahoo, D., Parida, P. K., & Pati, B. (2024). Efficient fuzzy multi-criteria decision-making for optimal college location selection: A comparative study of min–max fuzzy TOPSIS approach. *Results in Control and Optimization*, 15, 100422. <https://doi.org/10.1016/j.rico.2024.100422>
- Sarkis, J., & Talluri, S. (2002). A Model for Strategic Supplier Selection. *Journal of Supply Chain Management*, 38(4), 18–28. <https://doi.org/10.1111/j.1745-493X.2002.tb00117.x>
- Sasananan, M., Narkhede, B. E., Gardas, B. B., & Raut, R. D. (2016). Selection of Third Party Logistics Service Provider Using a Multi-Criteria Decision Making Approach for Indian Cement Manufacturing Industries. *Thammasat International Journal of Science and Technology*, 21(3). <https://doi.org/10.14456/tijsat.2016.23>
- Savun-hekimoglu, B., Erbay, B., Burak, Z. S., & Gazioğlu, C. (2021). A comparative MCDM analysis of potential short-term measures for dealing with mucilage problem in the Sea of Marmara. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 8(4), 572-580. <https://doi.org/10.30897/ijegeo.1026107>
- Sen, D. K., Datta, S., & Mahapatra, S. S. (2017). Decision Support Framework for Selection of 3PL Service Providers: Dominance-Based Approach in Combination with Grey Set Theory. *International Journal of Information Technology and Decision Making*, 16(1), 25–57. <https://doi.org/10.1142/S0219622016500474>
- Setyani, R. E., & Saputra, R. (2016). Flood-prone areas mapping at Semarang City by using simple additive weighting method. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 227, 378-386.

- Seyedmohammadi, J., Sarmadian, F., Jafarzadeh, A. A., Ghorbani, M. A., & Shahbazi, F. (2018). Application of SAW, TOPSIS and fuzzy TOPSIS models in cultivation priority planning for maize, rapeseed and soybean crops. *Geoderma*, 310, 178–190. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.09.012>
- Shakouri, H., Nabaee, M., & Aliakbarisani, S. (2014). A quantitative discussion on the assessment of power supply technologies: DEA (data envelopment analysis) and SAW (simple additive weighting) as complementary methods for the “Grammar”. *Energy*, 64, 640–647. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2013.10.022>
- Singh, R. K., Gunasekaran, A., & Kumar, P. (2018). Third party logistics (3PL) selection for cold chain management: a fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS approach. *Annals of Operations Research*, 267(1–2), 531–553. <https://doi.org/10.1007/s10479-017-2591-3>
- Situmeang, I. J. T., Hummairroh, S., Harahap, S. M., & Mesran, M. (2021). Application of SAW (simple additive weighting) for the selection of campus ambassadors. *International Journal of Informatics and Computer Science*, 5(1), 21–28. <http://dx.doi.org/10.30865/ijics.v5i1.2847>
- Soba, M., & Şimşek, A. (2019). Bulanık TOPSIS Yöntemiyle Üçüncü Parti Lojistik (3pl) Hizmeti Veren Bir Firmanın Seçimi. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 6(33), 380–399. <https://doi.org/10.26450/jshsr.1051>
- Sonar, H. C., & Kulkarni, S. D. (2021). An integrated AHP-MABAC approach for electric vehicle selection. *Research in Transportation Business & Management*, 41, 100665. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2021.100665>
- Sremac, S., Stević, Ž., Pamučar, D., Arsić, M., & Matić, B. (2018). Evaluation of a third-party logistics (3PL) provider using a rough SWARA-WASPAS model based on a new rough dombi aggregator. *Symmetry*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/sym10080305>
- Sun, H., Yu, Q., Wang, X., Zhang, X., & Ruan, X. (2024). Exploring sustainable watershed flood risks management: an innovative TFAHP-TOPSIS methodology in the Georges River Basin, Australia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 104626. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104626>
- Tuljak-Suban, D., & Bajec, P. (2020). Integration of AHP and GTMA to make a reliable decision in complex decision-making problems: Application of the logistics provider selection problem as a case study. *Symmetry*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/SYM12050766>
- Ulutaş, A. (2019). Entropi ve MABAC yöntemleri ile personel seçimi. *OPUS International Journal of Society Researches*, 13(19), 1552–1573. <https://doi.org/10.26466/opus.580456>
- Ulutaş, A. (2019). SWARA ve MAIRCA Yöntemleri İle Catering Firması Seçimi. *Business & Management Studies: An International Journal*, 7(4), 1467–1479. <https://doi.org/10.15295/bmij.v7i4.1166>
- Ulutaş, A., Topal, A., Görçün, Ö. F., & Ecer, F. (2024). Evaluation of third-party logistics service providers for car manufacturing firms using a novel integrated grey LOPCOW-PSI-MACONT model. *Expert Systems with Applications*, 241. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122680>
- Wang, C. N., Nguyen, N. A. T., & Dang, T. T. (2023). Sustainable Evaluation of Major Third-Party Logistics Providers: A Framework of an MCDM-Based Entropy Objective Weighting Method. *Mathematics*, 11(19). <https://doi.org/10.3390/math11194203>
- Waziana, W., Irviani, R., Oktaviani, I., Satria, F., Kurniawan, D., & Maseleno, A. (2018). Fuzzy Simple Additive Weighting for Determination of Recipients Breeding Farm Program. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 118(7), 93–100.
- Yadav, S., Garg, D., & Luthra, S. (2020). Selection of third-party logistics services for internet of things-based agriculture supply chain management Selection of third-party logistics services for internet of things-based 205. In *Int. J. Logistics Systems and Management* (Vol. 35, Issue 2).
- Yagmahan, B., & Yılmaz, H. (2023). An integrated ranking approach based on group multi-criteria decision making and sensitivity analysis to evaluate charging stations under sustainability. *Environment, Development and Sustainability*, 25(1), 96–121. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-02044-1>
- Yayla, A. Y., Oztekin, A., Gumus, A. T., & Gunasekaran, A. (2015). A hybrid data analytic methodology for 3PL transportation provider evaluation using fuzzy multi-criteria decision making. *International Journal of Production Research*, 53(20), 6097–6113. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1022266>
- Yazdani, M., Zarate, P., Coulibaly, A., & Zavadskas, E. K. (2017). A group decision making support system in logistics and supply chain management. *Expert Systems with Applications*, 88, 376–392. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.07.014>

Gürler, H. E. (2025). Üçüncü taraf lojistik (3pl) sağlayıcılarının sürdürülebilirlik perspektifinden değerlendirilmesi: FUCOM temelli entegre bir yaklaşım. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(1), 1–31.

- Yürüyen, A. A., & Ulutaş, A. (2020). Bulanık AHP ve bulanık EDAS yöntemleri ile üçüncü parti lojistik firması seçimi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(İktisadi ve İdari Bilimler), 283-294. <https://doi.org/10.18506/anemon.767354>
- Zeydan, M., Çolpan, C., & Çobanoğlu, C. (2011). A combined methodology for supplier selection and performance evaluation. *Expert Systems with Applications*, 38(3), 2741–2751. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.08.064>
- Zhang, J., Zhang, S., Qiao, J., Wei, J., Wang, L., Li, Z., & Zhuo, J. (2024). Safety resilience evaluation of hydrogen refueling stations based on improved TOPSIS approach. *International Journal of Hydrogen Energy*, 66, 396-405. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.04.129>
- Zhu, X., Ran, Y., Zhang, G., Chen, J., & Heli, L. (2023). Identification of maintenance significant items for machine tools by integrating DEMATEL and MABAC with spherical fuzzy sets. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 126, 107155. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.107155>
- Zolfani, S. H., & Chatterjee, P. (2019). Comparative evaluation of sustainable design based on Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA) and Best Worst Method (BWM) methods: a perspective on household furnishing materials. *Symmetry*, 11(1), 74. <https://doi.org/10.3390/sym11010074>

Etik Beyanı : Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara uyulduğunu yazarlar beyan eder. Aksi bir durumun tespiti halinde ÖHÜİBF Dergisinin hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk çalışmanın yazar(lar)ına aittir.

Teşekkür : Yayın sürecinde katkısı olan hakemlere ve editör ekibine teşekkür ederim.

Ethics Statement : The authors declare that ethical rules are followed in all preparation processes of this study. In case of detection of a contrary situation, ÖHÜİBF Journal does not have any responsibility and all responsibility belongs to the author (s) of the study.

Acknowledgement : I would like to thank the reviewers and the editorial team who contributed to the publication process.
