

Bankacılık Sektöründe ESG Kriterlerinin Değerlendirilmesi: Bulanık LMAW Yöntemi ile Bir Yaklaşım

Yüksel Aydın¹

Özet

Dijital dönüşüm çağında bankacılık sektörü, sürdürülebilirlik ilkelerinin stratejik karar alma süreçlerine entegre edilmesini zorunlu kılan hızlı bir evrim geçirmektedir. Bu çalışma, bankacılık stratejilerini Çevresel, Sosyal ve Yönetişim (ÇSY) kriterleri doğrultusunda değerlendirmek amacıyla çok kriterli karar verme (ÇKKV) tekniklerinden biri olan Bulanık Logaritmik Ağırlıklandırma Yöntemi (F-LMAW)'ni kullanmaktadır. Çalışma kapsamında; bankacılık teknolojileri, finansal teknolojiler (FinTech), regülasyon, müşteri deneyimi ve akademi gibi farklı uzmanlık alanlarından oluşan bir uzman grubu oluşturulmuş ve on temel kriter belirlenmiştir. Uzman görüşleri dilsel ölçekler kullanılarak toplanmış, bulanık sayılara dönüştürülmüş ve F-LMAW yöntemiyle analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, Veri Güvenliği ve Müşteri Gizliliği kriteri en yüksek öneme sahip olurken, bunu Dijital Etik ve Uyumluluk ve Enerji Verimliliği kriterleri takip etmektedir. Bu bulgular, bankacılık stratejilerinde yönetim ve çevresel unsurların artan önemine işaret etmektedir. Çalışma, bankacılık stratejilerinin sürdürülebilirlik odaklı değerlendirilmesine yönelik sistematik bir çerçeve sunmakta ve karar vericilere yönelik yönetsel öneriler geliştirmektedir. Ayrıca çalışmanın sınırlılıkları ile gelecekteki araştırmalara yönelik önerilere de yer verilmiştir.

1. Giriş

Küresel ekonomik sistemin dönüşümüyle birlikte, çevresel, sosyal ve yönetim (Environmental, Social, Governance- ESG) faktörleri finansal karar alma süreçlerinin merkezine yerleşmiştir. Özellikle sürdürülebilir finans anlayışının giderek önem kazandığı günümüzde, bankacılık sektörü yalnızca

1 Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Sivas, Türkiye. yaydin@cumhuriyet.edu.tr; orcid.org/0000-0001-8966-7781

kâr maksimizasyonu odaklı bir yapıdan çıkarak toplumsal ve çevresel etkileri de dikkate alan bir değerlendirme perspektifi geliştirmek zorundadır. Bu dönüşüm, bankaların kredi politikaları, yatırım kararları ve risk yönetimi gibi temel faaliyetlerinde ESG kriterlerini dikkate alma zorunluluğunu doğurmuştur.

Ancak ESG kriterlerinin değerlendirilmesi, doğası gereği çok boyutlu, belirsiz ve öznel niteliklere sahiptir. Bu nedenle klasik karar verme yöntemleri, ESG analizlerinde yetersiz kalabilmektedir. Özellikle kriterler arasındaki belirsizlik ve karar vericilerin sübjektif yargıları, bu değerlendirme sürecini daha karmaşık hâle getirmektedir. Bu noktada Bulanık Mantık Tabanlı LMAW (Logarithmic Methodology of Additive Weights, B-LMAW) yöntemi, hem kriter ağırlıklarının daha gerçekçi hesaplanması hem de belirsizliklerin modele entegre edilmesi açısından önemli avantajlar sunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, bankacılık sektöründe ESG kriterlerinin önem derecelerinin Bulanık LMAW yöntemi ile belirlenmesi ve bu kriterlerin stratejik karar alma süreçlerine entegrasyonunun nasıl sağlanabileceğini ortaya koymaktır. Çalışmada ayrıca, literatürde öne çıkan ESG bileşenleri tanımlanarak, bankacılık uygulamalarına özel bir kriter kümesi oluşturulmuştur. Bu kriterler üzerinden B-LMAW yöntemi ile bir ağırlıklandırma yapılmış ve sonuçlar tartışılmıştır.

2. Literatür Taraması

Bu bölümde, bankacılık sektöründe ESG kriterlerinin değerlendirilmesine yönelik olarak kullanılan çok kriterli karar verme (ÇKKV) yaklaşımları incelenmiştir. Özellikle ESG faktörlerinin doğasında bulunan belirsizlik ve öznel yargılar nedeniyle, klasik ÇKKV yöntemlerinin sınırlılıkları ortaya konmuş; buna karşılık, bulanık mantık tabanlı yaklaşımların bu sorunlara çözüm sunduğu vurgulanmıştır. Bu çerçevede, çalışmada kullanılacak olan B-LMAW'nin teorik temellerine ve literatürdeki uygulama alanlarına yer verilmiştir. Literatürde farklı sektörlerde ve sürdürülebilirlik odaklı çalışmalarda kullanılan Fuzzy LMAW yöntemi, kriter ağırlıklarının tutarlı, esnek ve belirsizlik dostu biçimde belirlenmesine olanak tanımaktadır. Böylece, bu çalışmanın yöntemsal altyapısı güçlendirilmiş, seçilen yöntemin akademik geçerliliği ve bankacılık sektörü için uygunluğu temellendirilmiştir.

2.1. Bankacılık Sektöründe ESG Kriterleri ve Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yaklaşımları

Bu alt başlıkta, bankacılık sektöründe ESG (Çevresel, Sosyal, Yönetişim) kriterlerinin değerlendirilmesinde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin nasıl kullanıldığı ve hangi yöntemlerin ön plana çıktığı analiz edilmiştir. Özellikle uygulamalara odaklanılarak, ESG temelli sürdürülebilirlik çalışmalarında tercih edilen yöntemler ve yaklaşımlar incelenmiştir. Sürdürülebilirlik, çevresel ve toplumsal etkileri göz önünde bulunduran bütüncül yaklaşımların kurumsal düzeyde benimsenmesini gerektirmekte, bu bağlamda Çevresel, Sosyal ve Yönetişim (ÇSY/ESG) kriterleri önemli bir çerçeve sunmaktadır. ESG performansı, firmaların sadece çevresel etkilerini değil, aynı zamanda sosyal sorumluluklarını ve yönetim yapılarını da kapsamlı bir şekilde değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Omonijo ve Zhang (2025), ESG faaliyetleri ile teknolojik yeniliklerin kurumsal sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini incelemiş ve bu ilişkiyi “yeşil operasyonel yenilik” faktörüyle modellemiştir. Bulgular, ESG ve teknolojik yeniliklerin sürdürülebilir büyümeyi desteklediğini göstermiştir. Bu, sürdürülebilir bankacılık uygulamalarında yeniliğin ESG etkilerini artırabileceğini göstermesi açısından önemlidir. Nişescu vd. (2025) ise bankacılık sektöründe ESG uygulamalarının kârlılıkla ilişkisini ele almış, ESG’nin bütüncül olarak değerlendirildiğinde kâr üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceğini, ancak alt başlıklar düzeyinde (çevresel, sosyal, yönetim) pozitif çıktılar sağladığını göstermiştir. Bu bulgular, bankaların ESG uygulamalarını stratejik ve dengeli bir şekilde yapılandırması gerektiğine işaret etmektedir. Morelli vd. (2025) Avrupa firmalarının ESG performanslarını mekânsal ve zamansal kümelenme analizi ile incelemiş; ESG puanlarında coğrafi farklılıkların belirleyici olduğunu ortaya koymuştur. Bu da ESG uygulamalarının yerel koşullara duyarlılıkla ele alınması gerektiğini göstermektedir. Dobrick vd. (2025), ESG’nin sermaye varlık fiyatlama modelleri açısından bir risk faktörü olarak ele alınıp alınamayacağını değerlendirmiştir. Çalışma, ESG puanlarının hisse getirilerindeki ortak varyansı açıklamada anlamlı olduğunu ve bu nedenle ESG’nin çok faktörlü modellerde dikkate alınması gerektiğini ileri sürmüştür. Molavi vd. (2025), gelişmekte olan ekonomilerde istikrarsız finansal ortamlar bağlamında açık hizmet inovasyonunun sürdürülebilir finansal altyapı ile nasıl ilişkilendirileceğini bulanık çok kriterli karar verme (MCDM) yöntemleri ile analiz etmiştir. Bulgular, çevresel faktörlerin en kritik boyut olduğunu, bu nedenle bankaların teknoloji ve ESG ilkelerini birlikte düşünerek inovasyonu sürdürmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Karki vd. (2025), ESG performansının değerlendirilmesi için bütünlük bir MCDM

çerçevesi sunmuştur. R-SWARA ve CoCoSo yöntemleri kullanılarak yapılan analizde, yönetim faktörü ESG performansında en belirleyici unsur olarak tanımlanmıştır. Bu, sağlam kurumsal yapıların sürdürülebilir bankacılık uygulamaları açısından ne denli kritik olduğunu ortaya koymaktadır. Sharma ve Kumar (2024) ise çok boyutlu bir sürdürülebilir bankacılık performans çerçevesi önermiş; çevresel, sosyal, yönetim, ekonomik ve finansal boyutları içeren 52 göstergelik bir sistem oluşturmuştur. Çalışma, özellikle çevresel boyutun öne çıktığını, finansal boyutun ise görece düşük önceliğe sahip olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar, bankaların çevre temelli stratejiler geliştirme gerekliliğine vurgu yapmaktadır.

2.2. LMAW Yöntemi ile Yapılan Çalışmalar

Bu kısımda, kriter ağırlıklandırma amacıyla kullanılan LMAW yöntemine dair bilimsel yayınlar incelenmiştir. Ayrıca, yöntemin bulanık mantıkları entegre edilmiş versiyonları (özellikle F-LMAW) ile yapılan uygulamalara ve yöntemin farklı sektörlerdeki performansına dair örneklerle yer verilmiştir.

Görçün vd. (2025), sürdürülebilir kentsel ulaşımın sağlanması amacıyla otonom otobüs alternatiflerini değerlendirmiştir. Bu çalışmada, Bulanık LMAW ile kriter ağırlıkları belirlenmiş ve DOBI yöntemiyle 20 farklı alternatif 33 sürdürülebilirlik kriteri kapsamında sıralanmıştır. Sonuçlar, kullanıcı odaklılık ve güvenilirliğin kentsel ulaşımında sürdürülebilirliği artırmadaki önemini vurgulamıştır. Moslem vd. (2025) ise proses endüstrilerinde yaşanan domino kazalarının analizinde kullanılan yöntemleri karşılaştırmak amacıyla LMAW ve DNMA tekniklerini entegre etmişlerdir. Bu çalışmada, “uygulanabilirlik”, “doğruluk” ve “kapsayıcılık” gibi kriterlerin öncelikli olduğu bulunmuştur. LMAW’ın uzman görüşleriyle entegre edilerek kullanılmasının analiz güvenilirliğini artırdığı ifade edilmiştir. Benzer şekilde, Gholamizadeh vd. (2024), proses endüstrilerindeki domino kaza analizinde kullanılan kriterlerin ağırlıklandırılmasında LMAW yönteminden faydalanmıştır. Araştırma, 16 ana kriter ve 42 alt kriterin sistematik olarak değerlendirilmesini sağlamış ve analiz sürecine objektiflik kazandırmıştır. Tedarik zinciri yönetimi bağlamında, Hashemi-Tabatabaei vd. (2025), sürdürülebilir-akıllı tedarikçi değerlendirmesi için simetrik-asimetrik poligonal bulanık sayılar ve Z-sayılar ile entegre edilmiş LMAW ve WASPAS yöntemlerini birleştirerek hibrit bir karar modeli geliştirmiştir. Bu yaklaşım, belirsizliğin yüksek olduğu ortamlarda etkin tedarikçi seçimini mümkün kılmıştır. Sandra vd. (2025), stratejik envanter yönetimi için AI tabanlı talep tahmin yöntemlerinin seçiminde bulanık çok kriterli karar verme modeli geliştirmiş ve LMAW yöntemini kriter ağırlıklarını belirlemede kullanmıştır. AI tabanlı analitik sistemlerin, yüksek doğruluk ve uyarlanabilirlik sağladığı

sonucuna ulaşılmıştır. Ekolojik tazminat politikalarının değerlendirilmesinde ise Zhang ve Wang (2025), Bipolar Trapezoidal Neutrosophic Set (BTNS) ortamında LMAW yöntemini kullanarak kriter ağırlıklarını belirlemiş ve MARCOS yöntemi ile alternatifleri sıralamıştır. Bu yaklaşım, karar vericilerin belirsizlikle başa çıkmasını kolaylaştırmıştır. Karakuş (2024) tarafından yapılan çalışmada, Sivas ili özelinde ekoturizm potansiyelinin değerlendirilmesinde CBS ile entegre edilmiş F-LMAW yöntemi kullanılmıştır. Arazi uygunluğu analizinde 24 kriter değerlendirilmiş ve bu kriterler F-LMAW yöntemiyle ağırlıklandırılmıştır. Sonuçlar, mekânsal karar destek sistemleriyle F-LMAW'in birlikte kullanımının sürdürülebilir doğa turizmi planlamasında etkili olduğunu göstermiştir. Gholamizadeh vd. (2024) diğer bir çalışmada, otonom araç teknolojilerinde artırılmış zeka ve IoT entegrasyonunun senaryo bazlı değerlendirilmesinde F-LMAW yöntemi uygulanmış, en etkili senaryolar belirlenmiştir. Bu çalışma, F-LMAW'in teknoloji odaklı stratejik karar verme süreçlerinde ne denli faydalı olabileceğini göstermiştir. Aouadni ve Aouadni (2024), bir Suudi gıda şirketinde dijital pazarlama teknolojilerinin değerlendirilmesinde FLMAW, FTOPSIS ve FCOPRAS yöntemlerini karşılaştırmıştır. Sonuçlar, FLMAW'in hassasiyet analizlerinde daha tutarlı sonuçlar verdiğini ve karar vericilere daha güvenilir çıktılar sunduğunu ortaya koymuştur. Son olarak, Tešić vd. (2024), askeri operasyonlarda suyun geçilmesi için en uygun noktanın seçilmesinde Fuzzy DIBR, EWAA, BM ve DEXi gibi yöntemlerle birlikte F-LMAW'i entegre bir şekilde kullanmışlardır. Bu çalışma, çok kriterli karar modellerinin, belirsizliklerin yoğun olduğu savunma senaryolarında da uygulanabilirliğini ortaya koymuştur.

3. Materyal ve Metotlar

Bu bölümde, Türkiye'deki bankacılık sektöründe ESG kriterlerinin önem düzeylerini belirlemeyi yönelik olarak yürütülen çalışmada izlenen metodolojik yaklaşım ayrıntılı biçimde açıklanmıştır. Araştırma sürecinde kullanılan veri kaynakları, karar vericilerin seçimi, uzman görüşlerinin toplanma yöntemi ve analiz aşamasında uygulanan ÇKKV teknikleri sistematik bir yapıda sunulmuştur. Çalışmada, kriter ağırlıklarının belirlenmesinde Bulanık LMAW yöntemi tercih edilmiş, uzman görüşlerinin değerlendirilmesinde ise bulanık mantık (fuzzy logic) yaklaşımı esas alınmıştır.

Bankacılık sektörü, ESG boyutlarının giderek artan önemi nedeniyle çok boyutlu ve dinamik bir değerlendirme alanı hâline gelmiştir. Karar verme süreçlerinde ise belirsizlikler, öznel yargılar ve dilsel ifadeler ön plandadır. Bu nedenle, çalışmada bulanık mantık tabanlı Fuzzy LMAW yöntemi

kullanılarak hem sayısal hem de nitel verilerin bütüncül biçimde analiz edilmesi hedeflenmiştir.

Araştırmada, bankacılık alanında deneyimli 5 uzmandan oluşan bir karar verici grubu belirlenmiştir. Uzmanlardan, ESG kriterlerini birbirleriyle karşılaştırmaları istenmiş ve bu değerlendirmeler “düşük”, “orta”, “yüksek” gibi dilsel terimlerle alınmıştır. Elde edilen dilsel veriler, üçgen bulanık sayılar (Triangular Fuzzy Numbers) aracılığıyla matematiksel forma dönüştürülmüş ve Fuzzy LMAW yöntemiyle kriterlerin göreceli ağırlıkları hesaplanmıştır. Bu süreç sonunda, çevresel, sosyal ve yönetişimsel kriterlerin banka stratejilerindeki göreceli önemi sayısal olarak ortaya konmuş ve sürdürülebilir finansal karar alma süreçlerine katkı sağlanmıştır.

3.1. Bulanık Kümeler

Bulanık küme teorisi, ilk olarak Zadeh (1965) tarafından geliştirilmiş ve kesin olmayan, belirsiz ya da kısmen tanımlı bilgilerin sistematik biçimde modellenmesine olanak sağlayan matematiksel bir çerçeve sunmuştur. Klasik küme teorisinin katı sınırlarını aşan bu yaklaşım, özellikle belirsizliğin yüksek olduğu karar verme süreçlerinde önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu teori, karar vericilerin niteliksel yargılarını sayısal forma dönüştürmekte kullanılan dilsel değişkenler aracılığıyla, insan muhakemesine daha yakın ve gerçekçi bir modelleme yapılmasına imkân tanır. Bulanık küme teorisi çerçevesinde önerilen çeşitli bulanık sayı türleri arasında, üçgen bulanık sayılar hem hesaplama kolaylığı hem de sezgisel sadeliği sayesinde literatürde en yaygın kullanılan modellerden biri olarak öne çıkmaktadır. Üçgen bulanık sayılar, genellikle (a_l, a_m, a_u) üçlüsüyle tanımlanır. Üçgen bulanık sayıların bu esnek ve yorumlanabilir yapısı, özellikle ÇKKV, risk değerlendirmesi, proje seçimi, tedarikçi analizi ve sistem mühendisliği gibi alanlarda sıkça tercih edilmesine neden olmuştur. Literatürdeki uygulamalar, üçgen bulanık sayıların kullanıldığı karar modellerinin hem daha gerçekçi hem de uzman görüşlerini daha doğru temsil eder nitelikte olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada da Türkiye bankacılık sektöründe ESG kriterlerinin ağırlıklandırılması sürecinde uzmanlardan elde edilen dilsel değerlendirmeler, üçgen bulanık sayılar aracılığıyla modellenmiş ve analiz sürecinde Bulanık LMAW yöntemi ile entegre biçimde kullanılmıştır. Böylece hem belirsizliğin etkisi minimize edilmiş hem de karar vericilerin sezgisel yargıları karar sürecine etkin biçimde dâhil edilmiştir.

$\tilde{A} = (a_l, a_m, a_u)$ ve $\tilde{B} = (b_l, b_m, b_u)$ iki bulanık sayı olsun. Bu sayılar için matematiksel hesaplamalar Eşitlik (1)-(4)'de açıklanmıştır.

$$\tilde{A} + \tilde{B} = (a_l + b_l, a_m + b_m, a_u + b_u) \quad (1)$$

$$\tilde{A} - \tilde{B} = (a_l - b_u, a_m - b_m, a_u - b_l) \quad (2)$$

$$\tilde{A} \times \tilde{B} = (a_l b_l, a_m b_m, a_u b_u) \quad (3)$$

$$\frac{\tilde{A}}{\tilde{B}} = \left(\frac{a_l}{b_u}, \frac{a_m}{b_m}, \frac{a_u}{b_l} \right) \quad (4)$$

Üçgensel bulanık sayılar çeşitli formüller kullanılarak net sayılara dönüştürülebilir. Bu çalışmada, Eşitlik (5), $\tilde{A} = (a_l, a_m, a_u)$ gibi bulanık bir sayıyı durulaştırmak için kullanılır.

$$A = \frac{a_l + 4a_m + a_u}{6} \quad (5)$$

3.2. Kriterlerin Önceliklendirilmesi için Bulanık LMAW (B-LMAW) Yöntemi

Kriter ağırlıklandırma ve alternatif sıralama alanlarında kullanılan en yeni yöntemlerden biri olan LMAW (Logarithmic Methodology of Additive Weights), literatüre Pamučar ve arkadaşları tarafından 2021 yılında kazandırılmıştır. Bu yöntemin, belirsizlik içeren durumlara uyarlanmış versiyonu olan Bulanık LMAW (Fuzzy LMAW) ise, üçgen bulanık sayılar kullanılarak Božanić ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir. Bu sayede, karar vericilerin öznel ve dilsel değerlendirmeleri bulanık matematiksel modele dönüştürülerek analiz süreci daha esnek ve gerçekçi bir hâl almıştır. Božanić et al. (2022) tarafından tanımlanan Bulanık LMAW yönteminin işleyiş adımları aşağıdaki gibidir:

Adım 1: Kriterlerin Önceliklendirilmesi

Belirlenen uzmanlar, kriterleri Tablo 1'de verilen bulanık dilsel ölçek aracılığıyla önceliklendirir. Bu ölçekte, daha yüksek öneme sahip kriterlere daha yüksek bulanık değerler atanırken, daha düşük öneme sahip kriterlere daha düşük değerler verilir. Her uzman için öncelik vektörleri Eşitlik (6)'daki gibi ayrı ayrı elde edilir:

$$\tilde{P}^e = (\tilde{\gamma}_{C_1}^e, \tilde{\gamma}_{C_2}^e, \dots, \tilde{\gamma}_{C_n}^e) \quad (6)$$

Tablo 1. Kriter Önceliklendirme İçin Bulanık Ölçek

Dilsel Tanım	Kısaltma	Üçgen Bulanık Sayı
Kesinlikle düşük	KD	(1, 1, 1)
Çok düşük	ÇD	(1, 1.5, 2)
Düşük	D	(1.5, 2, 2.5)
Orta	O	(2, 2.5, 3)
Eşit	E	(2.5, 3, 3.5)
Orta-yüksek	OY	(3, 3.5, 4)
Yüksek	Y	(3.5, 4, 4.5)
Çok yüksek	ÇY	(4, 4.5, 5)
Kesinlikle yüksek	KY	(4.5, 5, 5)

Kaynak: (Božanić vd., 2022)

Adım 2: Bulanık Mutlak Anti-İdeal Noktanın Belirlenmesi

Bu adımda, tüm uzmanların öncelik vektörleri arasında yer alan en küçük değerden daha küçük olan bir bulanık sayı belirlenir. Yöntemin geliştiricileri bu değeri sabit olarak tanımlamıştır: $\tilde{\gamma}_{AIP} = (0.5, 0.5, 0.5)$.

Adım 3: Bulanık İlişki Vektörünün Hesaplanması

Kriter öncelikleri ile mutlak anti-ideal nokta arasındaki ilişki Eşitlik (7) ile hesaplanır:

$$\tilde{\eta}_{C_n}^e = \left(\frac{\tilde{\gamma}_{C_n}^e}{\tilde{\gamma}_{AIP}} \right) = \left(\frac{\gamma_{C_n}^{(l)e}}{\gamma_{\mathcal{A}}^{(r)}}, \frac{\gamma_{C_n}^{(m)e}}{\gamma_{\mathcal{A}}^{(m)}}, \frac{\gamma_{C_n}^{(r)e}}{\gamma_{\mathcal{A}}^{(l)}} \right) \quad (7)$$

Adım 4: Uzmanlara Ait Kriter Ağırlık Katsayılarının Hesaplanması

Eşitlik (8) kullanılarak her bir uzmanın kriterlere ilişkin ağırlık katsayılarının bulanık değerleri hesaplanır:

$$\tilde{w}_j^e = \left(\frac{\ln(\tilde{\eta}_{C_n}^e)}{\ln\left(\prod_{j=1}^n \tilde{\eta}_{C_n}^e\right)} \right) = \left(\frac{\ln(\eta_{C_n}^{(l)e})}{\ln\left(\prod_{j=1}^n \eta_{C_n}^{(r)e}\right)}, \frac{\ln(\eta_{C_n}^{(m)e})}{\ln\left(\prod_{j=1}^n \eta_{C_n}^{(m)e}\right)}, \frac{\ln(\eta_{C_n}^{(r)e})}{\ln\left(\prod_{j=1}^n \eta_{C_n}^{(l)e}\right)} \right) \quad (8)$$

Her uzmana ait ağırlık vektörü şu şekilde gösterilir: $w_j = (\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n)^T$.

Adım 5: Toplu (Agrega) Bulanık Ağırlık Vektörlerinin Elde Edilmesi

Tüm uzmanların değerlendirmeleri birleştirilerek Bonferroni toplayıcısı (aggregator) yardımıyla Eşitlik (9) ile tek bir ortak ağırlık vektörü hesaplanır:

$$\tilde{w}_j = \left(\frac{1}{k(k-1)} \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^k \tilde{w}_i^{e(p)} \tilde{w}_j^{e(q)} \right)^{\frac{1}{p+q}} = \left\{ \left(\frac{1}{k(k-1)} \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^k w_i^{(l_e)p} w_j^{(l_e)q} \right)^{\frac{1}{p+q}}, \left(\frac{1}{k(k-1)} \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^k w_i^{(m_e)p} w_j^{(m_e)q} \right)^{\frac{1}{p+q}}, \left(\frac{1}{k(k-1)} \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^k w_i^{(r_e)p} w_j^{(r_e)q} \right)^{\frac{1}{p+q}} \right\} \quad (9)$$

Adım 6: Nihai Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi (Durulaştırma-Defuzzification)

Son adımda, elde edilen üçgen bulanık ağırlıklar bulanık sayı çözümleme yöntemleriyle (örneğin: ağırlıklı ortalama yöntemi) net değerlere dönüştürülerek kriterlerin kesin ağırlık değerleri elde edilir: $w_j = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$. Bu nihai ağırlıklar, ESG kriterlerinin bankacılık sektörü açısından göreceli önemini yansıtmaktadır ve karar destek sistemleri için temel oluşturur.

4. Örnek Olay İncelemesi

Dijital bankacılıkta çevresel (Environmental), sosyal (Social) ve yönetim (Governance) kriterlerinin değerlendirilmesi ve bu kriterler arasından en kritik olanların belirlenmesi amacıyla, farklı uzmanlık alanlarından profesyonellerin yer aldığı çok disiplinli bir karar verme grubu oluşturulmuştur. Bu grup hem ESG kavramlarına hem de bankacılık sektöründeki dijital dönüşüm süreçlerine hâkim olan kişilerden seçilmiştir.

Tablo 2, her bir uzmanlık alanını ve ilgili açıklamaları göstermektedir. Bu yapı, karar sürecine farklı bakış açıları kazandırmış ve bulanık LMAW yöntemi ile yapılacak analizlerin güvenilirliğini ve geçerliliğini artırmıştır.

Tablo 2. Karar Verme Grubunun Yapısı

Uzmanlık Alanı	Açıklama
Bankacılık Teknolojileri Uzmanı (U1)	Dijital altyapılar, veri yönetimi ve sürdürülebilir teknoloji uygulamaları hakkında uzman
Sürdürülebilir Finans Uzmanı (U2)	ESG kriterleri ve bankacılık uygulamaları arasında ilişki kurabilen uzman
Regülasyon ve Uyumluluk Uzmanı (U3)	ESG'ye dair ulusal/uluslararası regülasyonlar ve bankacılık uyumluluk süreçlerine hakim kişi
Müşteri Davranışı ve Sosyal Etki Uzmanı (U4)	Sosyal sorumluluk, çeşitlik ve müşteri deneyimi konularında uzman
Akademisyen (Finans / İşletme) (U5)	Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) teknikleri ve sürdürülebilir dijital stratejiler üzerine çalışan araştırmacı

Bu yapı sayesinde, **ESG temelli dijital bankacılık stratejileri** çok boyutlu ve bilgi temelli biçimde değerlendirilmiş, analiz süreci derinlemesine zenginleştirilmiştir.

4.1. Kriterlerin Belirlenmesi ve Açıklanması

ESG kriterleri temel alınarak oluşturulan dijital bankacılık strateji değerlendirme modeli için kullanılacak alt kriterler, yukarıda belirtilen uzmanların görüşleri doğrultusunda belirlenmiş ve detaylı şekilde tanımlanmıştır.

Kriterler, Türkiye'deki dijital bankacılık uygulamaları, Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu (BDDK) regülasyonları, Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA) ve küresel ESG trendleri dikkate alınarak oluşturulmuştur. Bu kriterler, bulanık LMAW yöntemiyle ağırlıklandırma sürecinin temel yapı taşlarını oluşturmaktadır.

Tablo 3. Bankacılıkta ESG Kriterleri ve Açıklamaları

Kriter Kodu	Kriter	Açıklama
E1	Enerji Verimliliği	Dijital bankacılık sistemlerinin enerji tüketimi ve karbon ayak izinin azaltılması düzeyi
E2	E-atık Yönetimi	Dijitalleşme sürecinde ortaya çıkan elektronik atıkların sürdürülebilir yönetimi
S1	Erişilebilirlik ve Dijital Kapsayıcılık	Bankacılık hizmetlerinin her kesime eşit ve adil şekilde sunulması
S2	Veri Güvenliği ve Müşteri Gizliliği	Dijital sistemlerde müşteri bilgilerinin korunması ve sosyal güven ilişkisi
G1	Şeffaflık ve Hesap Verebilirlik	Dijital bankacılık süreçlerinde yönetsel şeffaflık ve bilgi paylaşımı düzeyi
G2	Dijital Etik ve Uyumluluk	Dijital uygulamaların etik, hukuki ve düzenleyici gerekliliklere uyum seviyesi

Bu kriterler, uzman görüşlerine dayanarak üçgen bulanık sayılar ile ifade edilmekte ve bulanık LMAW yöntemi ile göreceli ağırlıkları hesaplanmaktadır. Böylece, bankacılık stratejilerinin ESG çerçevesinde sistematik ve çok boyutlu değerlendirilmesi sağlanmaktadır.

4.2. Veri Toplama ve Analiz

Karar verme grubu, hem Türkiye'deki bankacılık sektöründe ESG kriterlerinin stratejik önemini belirlemek hem de bu kriterler doğrultusunda geliştirilecek dijital stratejileri değerlendirmek amacıyla kapsamlı bir analiz gerçekleştirmiştir. Uzman görüşleri, önceden tanımlanmış bulanık dilsel ölçekler kullanılarak sistematik biçimde toplanmış ve elde edilen veriler üçgen bulanık sayılar yardımıyla çok kriterli karar verme sürecine entegre edilmiştir.

Her bir uzman, belirlenen ESG kriterlerinin önem düzeylerini kendi bilgi birikimi ve sektörel deneyimlerine dayanarak bağımsız şekilde değerlendirmiştir. Bu değerlendirmeler, bankacılıkta sürdürülebilirlik odaklı stratejik yönelimin şekillenmesinde temel teşkil etmektedir. Uzmanların, ESG kriterlerine ilişkin verdikleri değerlendirmeler Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. Uzmanların ESG Kriterlerine İlişkin Değerlendirmeleri

Uzman	E1	E2	S1	S2	G1	G2
U1	KY	ÇY	Y	ÇY	Y	Y
U2	ÇY	KY	OY	KY	ÇY	KY
U3	Y	KY	ÇY	KY	ÇY	ÇY
U4	ÇY	ÇY	KY	ÇY	Y	ÇY
U5	KY	KY	Y	KY	KY	KY

Tablo 4, uzmanların ESG kriterlerine ilişkin değerlendirmelerini özetlemekte ve her bir kriterin bankacılık sektörü bağlamında ne ölçüde öncelikli olduğunu ortaya koymaktadır. Bu puanlamalar, bulanık LMAW yöntemi ile analiz edilerek kriterlerin göreceli ağırlıkları belirlenecek ve sürdürülebilir bankacılık stratejilerinin oluşturulmasına rehberlik edecektir.

4.3. B-LMAW Yöntemi ile Ağırlıkların Belirlenmesi

Uzmanlar tarafından yapılan değerlendirmeler doğrultusunda, öncelik vektörleri oluşturulmuş ve her bir kriterin önemi üçgen bulanık sayılarla ifade edilmiştir. Bu öncelik vektörlerine dayanarak, bulanık mutlak anti-ideal nokta (AIP) değeri uzman görüşleri doğrultusunda şu şekilde tanımlanmıştır:

$\tilde{\gamma}_{AIP} = (0.5, 0.5, 0.5)$. Örneğin, U1'in tanımladığı öncelik vektör elemanları ile mutlak anti-ideal nokta arasındaki ilişki aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

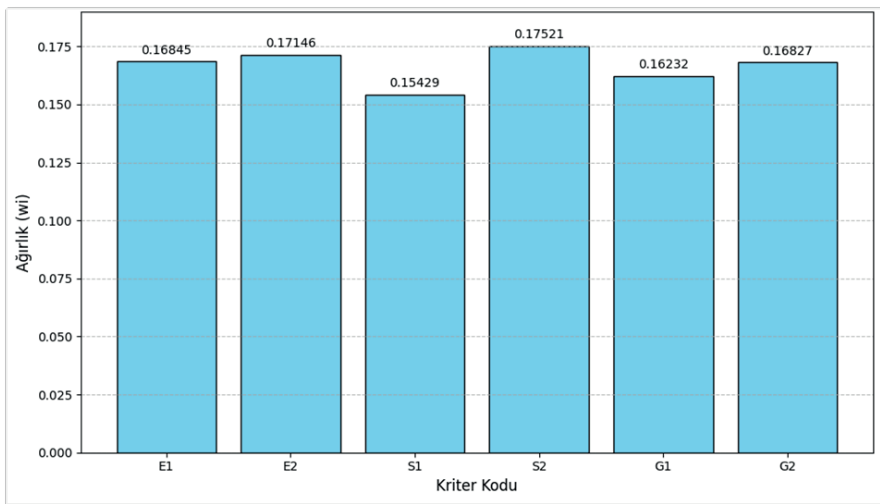
$$\tilde{\eta}_{E1}^{U1} = \left(\frac{4,5}{0,5}, \frac{5}{0,5}, \frac{5}{0,5} \right) = (9, 10, 10), \dots, \tilde{\eta}_{G2}^{U1} = \left(\frac{3,5}{0,5}, \frac{4}{0,5}, \frac{4,5}{0,5} \right) = (7, 8, 9).$$

Diğer uzmanlar için de benzer şekilde hesaplamalar yapılmıştır. Bu adımın ardından, Eşitlik (8) kullanılarak kriterlere ilişkin ağırlık katsayıları vektörleri elde edilmiştir. Uzman bazında hesaplanan ağırlık katsayılarının bulanık değerleri, aşağıda Tablo 5'de sunulmuştur.

Tablo 5. Kriterlerin Ağırlık Katsayısı Vektörleri

	E1	E2	S1	S2	G1	G2
w_j^1	0,1629	0,1796	0,1988	0,1443	0,1622	0,1822
w_j^2	0,1498	0,1659	0,1836	0,1583	0,1738	0,1912
w_j^3	0,1400	0,1566	0,1747	0,1581	0,1734	0,1906
w_j^4	0,1506	0,1668	0,1848	0,1506	0,1668	0,1848
w_j^5	0,1549	0,1694	0,1854	0,1549	0,1694	0,1854

Her uzman için elde edilen bu değerler, Eşitlik (9) kullanılarak Bonferroni bulanık toplayıcı aracılığıyla birleştirilmiş ve nihai ağırlık katsayıları hesaplanmıştır. Daha sonra craps ağırlıkları Eşitlik (5) kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen ağırlıklar Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. ESG Kriterlerinin Ağırlıkları

Şekil 1'e göre, en yüksek ağırlığa sahip kriter → S2 (Veri Güvenliği ve Müşteri Gizliliği). Bu bulgu, dijital bankacılık stratejilerinde müşteri bilgilerinin korunmasının en kritik unsur olarak görüldüğünü ortaya koymaktadır. Mevcut regülasyonlar (örneğin KVKK, GDPR) ve artan siber tehditler bu önemin artmasına neden olmuştur. Hem E1 (Enerji Verimliliği) hem de E2 (E-atık Yönetimi) yüksek ağırlıklara sahiptir. Bu durum, dijitalleşen bankacılığın çevresel sürdürülebilirliğe katkı sunması gerektiğini ve operasyonel süreçlerde çevre dostu yaklaşımların beklendiğini göstermektedir. En Düşük Ağırlık → S1 (Erişilebilirlik ve Dijital Kapsayıcılık). Göreli olarak düşük puan almasına rağmen bu kriter hâlâ stratejik öneme sahiptir. Ancak, diğer kriterlere kıyasla daha az öncelikli görülmüştür. Bu durum, erişim konusunun hâlâ gelişim aşamasında olduğunu ya da bankaların hâlihazırda belirli kapsayıcılık politikaları yürüttüğünü düşündürülebilir. Yönetişim Kriterlerinin Dengeli Ağırlığı. G1 (Şeffaflık) ve G2 (Dijital Etik) ağırlıkları birbirine yakın ve oldukça yüksektir. Bu da kurumsal güvenin, etik dijital uygulamaların ve regülasyon uyumunun stratejik kararlar için vazgeçilmez olduğunu göstermektedir.

Bu sonuçlar, dijital bankacılık stratejilerinde siber güvenlik, çevresel sürdürülebilirlik ve etik yönetim unsurlarının çok kritik olduğunu ortaya koymaktadır. Karar vericiler için bu bulgular, stratejik planlamada hangi alanlara öncelik verilmesi gerektiğine dair güçlü bir yol haritası sunmaktadır.

5. Tartışma, Pratik ve Yönetimsel Çıkarımlar

Bu çalışmada, bankacılık stratejilerinin sürdürülebilirlik bağlamında değerlendirilmesine yönelik çok kriterli bir karar verme yaklaşımı benimsenmiş ve Bulanık LMAW yöntemi ile kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, sektörel öncelikler ve dijital dönüşüm trendleri ile tutarlı ve anlamlı sonuçlar ortaya koymuştur.

Analiz sonuçlarına göre, Veri Güvenliği ve Müşteri Gizliliği (S2) kriteri en yüksek ağırlığa sahip unsur olarak ön plana çıkmıştır. Bu durum, dijital bankacılık uygulamalarında güvenin ve veri mahremiyetinin kritik bir stratejik öncelik olduğunu göstermektedir. Artan siber tehditler, regülasyon baskıları (örneğin KVKK ve GDPR gibi) ve müşteri güveni, bu kriterin ağırlığını doğrudan etkilemiştir. Bu bağlamda, bankaların bilgi güvenliği politikalarını sürekli güncellemeleri ve teknolojik altyapılarını bu doğrultuda güçlendirmeleri elzemdir.

Çevresel kriterler olan Enerji Verimliliği (E1) ve E-atık Yönetimi (E2) de yüksek ağırlık değerlerine sahip olup, bankaların sürdürülebilir dijital altyapılar kurma çabasının bir yansımasıdır. Dijitalleşme ile birlikte artan

enerji tüketimi ve donanım kaynaklı atıkların kontrol altına alınması, çevresel sürdürülebilirliğin önemli bir parçası haline gelmiştir. Bu nedenle, bankaların yeşil veri merkezleri, enerji tasarruflu teknolojiler ve sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamaları geliştirmeleri kritik öneme sahiptir.

Şeffaflık ve Hesap Verebilirlik (G1) ile Dijital Etik ve Uyumluluk (G2) kriterlerinin nispeten yüksek ağırlıkları, yönetim yapısının dijital stratejilerde ne denli önemli bir yere sahip olduğunu göstermektedir. Dijital hizmetlerin yaygınlaşması, müşteriyle olan ilişkilerde etik sorunları da gündeme getirmektedir. Bankalar, sadece yasal uyum sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda toplumsal güveni artıracak şeffaflık ve etik yaklaşımlar benimsemelidir.

Öte yandan, Erişilebilirlik ve Dijital Kapsayıcılık (S1) kriterinin göreceli olarak daha düşük ağırlıkta olması, bankaların bu alanda belirli bir doygunluğa ulaşmış olabileceğine ya da diğer stratejik alanların önceliğinin daha yüksek görüldüğüne işaret etmektedir. Ancak, dijital uçurumun kapatılması ve tüm müşteri segmentlerine erişim sağlanması, finansal kapsayıcılık hedefi doğrultusunda kritik olmaya devam etmektedir.

5.1. Pratik ve Yönetmelik Öneriler

✓ Siber Güvenlik Yatırımlarının Artırılması

Bankalar, gelişmiş güvenlik sistemlerine yatırım yapmalı, yapay zeka destekli siber güvenlik çözümleri ile müşteri verilerini proaktif olarak korumalıdır.

✓ Sürdürülebilir Dijital Altyapılar Kurulmalı

Enerji verimliliği yüksek sistemler ve e-atık azaltım stratejileri ile dijitalleşmenin çevresel etkileri minimize edilmelidir.

✓ Etik ve Şeffaflık Temelli Dijital Stratejiler Geliştirilmeli

Dijital hizmetlerde etik ilkeler belirlenmeli; algoritma açıklığı, veri işleme politikaları ve kullanıcı bilgilendirme süreçleri geliştirilmeli ve izlenmelidir.

✓ Kapsayıcı Dijitalleşme Politikaları Teşvik Edilmeli

Dezavantajlı grupların dijital bankacılık hizmetlerine erişimini artırmak amacıyla mobil uyumlu, basit arayüzlü ve düşük veri tüketimli uygulamalar geliştirilmeli; dijital okuryazarlık eğitimleri desteklenmelidir.

Bu bağlamda, çalışmanın sunduğu bütünsel değerlendirme modeli, dijital bankacılık alanında stratejik kararlar almak isteyen yöneticilere, politika yapıcılara ve akademisyenlere kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır.

6. Sonuçlar, Sınırlamalar ve Geleceğe Yönelik Yönlendirmeler

Bu çalışmada, dijital bankacılık stratejilerinin sürdürülebilirlik bağlamında değerlendirilmesi amacıyla çok kriterli karar verme tekniklerinden biri olan Bulanık LMAW (F-LMAW) yöntemi uygulanmıştır. Uzman görüşlerine dayalı olarak belirlenen kriterler, çevresel (E), sosyal (S) ve yönetim (G) boyutları kapsamında ele alınmıştır. Elde edilen bulgular, dijital bankacılık stratejilerinin sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile ne ölçüde örtüştüğünü analiz etme imkânı sağlamıştır.

6.1. Sonuçlar

- ✓ En yüksek öneme sahip kriterin Veri Güvenliği ve Müşteri Gizliliği (S2) olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu, dijitalleşmenin merkezinde yer alan veri yönetimi ve güvenliğinin, bankalar için stratejik bir zorunluluk haline geldiğini göstermektedir.
- ✓ Enerji Verimliliği (E1) ve E-atık Yönetimi (E2) gibi çevresel kriterler de yüksek ağırlıklara sahip olmuş, bu da dijital bankacılığın sadece hizmet sunumu değil, aynı zamanda altyapı düzeyinde de sürdürülebilirliği gözetmesi gerektiğine işaret etmektedir.
- ✓ Şeffaflık (G1) ve Dijital Etik (G2) gibi yönetim unsurları, güvenilir dijital ekosistemlerin tesisi açısından önem arz etmektedir.
- ✓ Görece daha düşük ağırlığa sahip olan Erişilebilirlik ve Dijital Kapsayıcılık (S1) kriteri ise, finansal kapsayıcılık hedeflerinin dijital platformlar aracılığıyla daha güçlü biçimde desteklenmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

6.2. Sınırlamalar

Bu çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır:

- ✓ Uzman sayısı sınırlı tutulmuş ve örneklem, belirli uzmanlık alanlarına odaklanmıştır. Daha geniş ve çeşitlendirilmiş bir uzman grubuyla yapılacak analizler, farklı bakış açılarını daha kapsamlı şekilde yansıtabilir.
- ✓ Kriter seti, literatür ve uzman görüşleri doğrultusunda belirlenmiş olup bankacılık dışındaki sektörlerle sınırlı karşılaştırma yapılabilmektedir. Başka sektörlerdeki dijital dönüşüm stratejileriyle kıyaslama yapılmamıştır.
- ✓ Kullanılan F-LMAW yöntemi, yalnızca kriter ağırlıklarını belirlemeye yöneliktir. Alternatiflerin değerlendirilmesi veya sıralanması başka

yöntemlerle yapılmadığı için karar süreci yalnızca bir boyutuyla ele alınmıştır.

6.3. Geleceğe Yönelik Yönlendirmeler

- Alternatif Karar Modelleriyle Entegrasyon: Gelecek çalışmalarda F-LMAW yöntemi, alternatiflerin sıralanmasına imkân tanıyan diğer çok kriterli karar verme yöntemleri (ör. Fuzzy TOPSIS, Fuzzy VIKOR) ile entegre edilerek daha kapsamlı analizler yapılabilir.
- Farklı Paydaş Gruplarıyla Karşılaştırma: Sadece uzman değil, müşteri ve düzenleyici kurum görüşlerinin de dâhil edileceği çok paydaşlı analizler, daha dengeli bir stratejik bakış sağlayabilir.
- Zaman Serileri ile Dinamik Analiz: ESG kriterlerinin zaman içerisindeki değişimini değerlendirmek üzere dinamik modeller geliştirilebilir.
- Uluslararası Kıyaslama: Farklı ülkelerdeki dijital bankacılık stratejilerinin sürdürülebilirlik performansları karşılaştırılarak küresel düzeyde bir değerlendirme yapılabilir.

Sonuç olarak, bu çalışma sürdürülebilir dijital bankacılık stratejilerinin belirlenmesinde çok kriterli karar verme yöntemlerinin etkinliğini göstermiştir. Akademik literatüre katkı sunmanın yanı sıra, bankacılık sektöründe stratejik karar alıcılar için rehber niteliğindedir.

Kaynaklar

- Aouadni, S., Aouadni, I. (2024). Fuzzy LMAW Method for Digital Marketing Technologies Assessment in Industry 4.0 age: Saudi Food Company Study Case. *Journal of Ecohumanism*, 3(8), pp. 2474–2493
- Božanić, D., Pamučar, D., Milić, A., Marinković, D. & Komazec, N. (2022). “Modification of the Logarithm Methodology of Additive Weights (LMAW) by a Triangular Fuzzy Number and Its Application in Multi-Criteria Decision Making”. *Axioms*, Vol. 11 No. 3, 89.
- Dobrick, J., Klein, C., & Zwergel, B. (2025). ESG as risk factor. *Journal of Asset Management*, 1-27.
- Gholamizadeh, K., Moslem, S., Zarei, E., Esztergar-Kiss, D. (2024). Influential criteria in domino accident analysis: An evaluation using the logarithm methodology of additive weights. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 92, 105436
- Görçün, Ö.F., Özçalıcı, M., Gurler, H.E., Pamucar, D., Simic, V. (2025). Promoting sustainable urban mobility: An integrated fuzzy decision-making model for assessing autonomous bus alternatives. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 156, 111034
- Hashemi-Tabatabaei, M., Amiri, M., Keshavarz-Ghorabae, M. (2025). An Expected Value-Based Symmetric–Asymmetric Polygonal Fuzzy Z-MCDM Framework for Sustainable–Smart Supplier Evaluation. *Information Switzerland*, 16(3), 187
- Jafarzadeh Ghouschi, S., Vahabzadeh, S., Shaffie Haghsheenas, S., Guido, G., Geem, Z.W. (2024). An integrated MCDM approach for enhancing efficiency in connected autonomous vehicles through augmented intelligence and IoT integration. *Results in Engineering*, 23, 102626
- Karakuş, C.B. (2024). Assessment of ecotourism potentiality based on GIS-based fuzzy logarithm methodology of additive weights (F-LMAW) method for sustainable natural resource management. *Environment Development and Sustainability*, 26(10), pp. 27001–27055
- Karki, U., Kumar, A., Sharma, D. (2025). Banking in sustainability: an integrated MCDM framework for evaluating the environmental, social, and governance (ESG) sustainable banking performance. *Global Knowledge Memory and Communication*
- Molavi, H., Zhang, L., Khanbabaei, M. (2025). Sustainable financial infrastructure and governance: A fuzzy multi-criteria decision-making analysis of open service innovation in unstable economies. *Sustainable Futures*, 9, 100485
- Morelli, C., Boccaletti, S., Maranzano, P., & Otto, P. (2025). Multidimensional spatiotemporal clustering—an application to environmental sustainability scores in europe. *Environmetrics*, 36(2), e2893.

- Moslem, S., Gholamizadeh, K., Zarei, E., ... Martinez-Pastor, B., Pilla, F. (2025). A comparative assessment of domino accident analysis methods in process industries using LMAW and DNMA techniques. *Reliability Engineering and System Safety*, 260, 110981
- Nițescu, D. C., Ciobanu, R., Calin, A. E., Rusu, A. G., & Vierescu, E. M. (2025). From Cost to Opportunity: The Role of ESG In Banking. *Amfiteatru Economic*, 27(68), 235-252.
- Omonijo, O. N., & Zhang, Y. (2025). Examining the relationship between technological innovation, environmental social governance and corporate sustainability: the moderating role of green operational innovation. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12(1), 1-15.
- Pamučar, D., Žižović, M., Biswas, S., & Božanić, D. (2021). A new logarithm methodology of additive weights (LMAW) for multi-criteria decision-making: Application in logistics. *Facta Universitatis, Series: Mechanical Engineering*, 19(3), 361-380.
- Sandra, M., Narayanamoorthy, S., Suvitha, K., Pamucar, D., Kang, D. (2025). A Novel AI Analytics Driven Forecasting Paradigm for Strategic Inventory Management Through Fuzzy Multi-criteria Decision Model in Supply Chains. *International Journal of Fuzzy Systems*
- Sharma, D., Kumar, P. (2024). Prioritizing the attributes of sustainable banking performance. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 73(6), pp. 1797–1825
- Tešić, D.Z., Božanić, D.I., Puška, A. (2024). Application making for the selection of a location for crossing a water obstacle by fording in a defense operation | Primena višekriterijumskog odlučivanja za izbor lokacije za savladavanje vodene prepreke gazom u odbrambenoj operaciji. *Military Technical Courier Vojnotehnicki Glasnik*, 72(3), pp. 1120–1146
- Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), pp. 338-353.
- Zhang, S., Wang, Y. (2025). An Analysis of Bipolar Trapezoidal Neutrosophic Sets (BTNSs) for Examining the Income-Increasing and Poverty-Reduction Effects of Ecological Compensation in the Huai River Basin of Anhui Province: A Comprehensive Study. *Neutrosophic Sets and Systems*, 81, pp. 638–654