**A NEW APPROACH FOR MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING METHODS: A LITERATURE REVIEW ON THE FUCOM METHOD**

**ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İÇİN YENİ BİR YAKLAŞIM: FUCOM YÖNTEMİ ÜZERİNE BİR LİTERATÜR İNCELEMESİ**

***Abstract***

*Multi-criteria decision-making methods are widely used in a range of fields, including logistics optimization, industrial production, service quality measurement, supplier selection, personnel selection, and suitable location analysis etc. Multi-criteria decision-making methods refer to the entire of a process in which all the encountered criteria that may be in question in different scenarios are evaluated and the most appropriate one among these criteria is advised to be selected. Both corporations and individuals can use these approaches to properly manage their decision-making processes. There are numerous criteria weighting approaches in the literature. Multi-criteria decision-making methods divide the criteria weights into three groups as subjective, objective and mixed. The determination of criteria weights and the selection of the appropriate model for solving the problem are two major challenges in multi-criteria decision making. There is no consensus in the literature on which model to apply for the problem and to determine the most appropriate method for weighting. FUCOM (Full Consistency Method) is a current subjective weighting method that is based on linear programming. The most basic feature that distinguishes the FUCOM method from other multi-criteria decision-making methods is that it needs less pairwise comparison. As a result of this benefit, cooperations or individuals uses FUCOM to reach results faster. Furthermore, the FUCOM also helps the determined criteria weights to be calculated consistently and reliably.* *In this study, studies on this newly developed method will be examined.*

*Keywords: Decision Making, Multi-Criteria Decision-Making Methods, FUCOM.*

***Özet***

*Çok kriterli karar verme yöntemleri, lojistik optimizasyonu, endüstriyel üretim, hizmet kalitesi ölçümü, tedarikçi seçimi, personel seçimi ve uygun konum analizi gibi çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Çok kriterli karar verme yöntemleri, farklı senaryolarda söz konusu olabilecek tüm karşılaşılan kriterlerin değerlendirildiği ve bu kriterlerden en uygun olanın seçilmesinin tavsiye edildiği bir sürecin bütününü ifade etmektedir. Hem şirketler hem de bireyler, karar verme süreçlerini doğru bir şekilde yönetmek için bu yaklaşımları kullanabilir. Literatürde çok sayıda kriter ağırlıklandırma yaklaşımı bulunmaktadır. Çok kriterli karar verme yöntemleri, kriter ağırlıklarını sübjektif, objektif ve karma olmak üzere üç gruba ayırmaktadır. Kriter ağırlıklarının belirlenmesi ve problemin çözümü için uygun metodun seçilmesi, çok kriterli karar verme yöntemlerinin iki temel sorununu diğer bir ifade ile zorluğunu oluşturmaktadır. Literatürde problem için hangi modelin uygulanacağı ve ağırlıklandırma için en uygun yöntemin belirlenmesi konusunda fikir birliği olmadığı görülmektedir. FUCOM (Tam Tutarlılık Yöntemi), doğrusal programlamaya dayalı sübjektif bir ağırlıklandırma yöntemidir. FUCOM yöntemini diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinden ayıran en temel özellik ikili karşılaştırmaya daha az ihtiyaç duymasıdır ve bu özelliğin bir sonucu olarak sonuçlara daha hızlı ulaşmak için FUCOM'u kullanır. Ayrıca FUCOM, belirlenen kriter ağırlıklarının tutarlı ve güvenilir bir şekilde hesaplanmasına da yardımcı olur. Bu çalışmada bu yeni geliştirilen yöntem ile ilgili yapılan çalışmalar incelenecektir.*

*Anahtar Kelimeler: Karar Verme, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri, FUCOM.*

1. **GİRİŞ**

Karar vermek, zamanın başlangıcına kadar uzanan bir süreçtir. Her birimiz, farkında olmasak bile her gün bir takım kararlar alırız. Örneğin, her sabah işe gitmek için birkaç seçeneğimiz var ve bir seçim yapmamız gerekmektedir. Kendi arabamız, şirket servisi, otobüs vb. ile çok çeşitli seçenekler arasından karar vermemiz gerekebilir. Bu birden fazla alternatif ile karşılaşmamız sonucunda ortaya çıkan sorunlardan biri, yargısal esnekliğimizi az ya da çok sınırlayan nesnel kısıtlamaları hesaba katarken, istenen amaca mümkün olan maksimum ölçüde ulaşmak için çok sayıda seçenek arasından en iyi yanıtı seçmektir. Karar verme sürecinde insanların yaklaşımı, nicel metodoloji ve matematiksel programlama araçlarının tümü birlikte çalışır (Hansson ve Hirsch Hadorn, 2017). Karar verme üzerine yapılan her çalışma, üç genel kavrama odaklanır: karar verme süreci, karar verici ve kararın kendisi. Sürekli olarak uygun bir karar vermek için uygun bir yol bulma hedefiyle hareket edilir (Ulutaş vd., 2020).

Karar verme problemleri en genel anlamda en az bir amaç veya kritere göre bir dizi seçenek arasından en uygun seçeneğin seçilmesi olarak tanımlanabilir. Araştırmalara göre, birçok günlük kararı sezgisel olarak almak yeterliyken, bu yol tek başına karmaşık ve kritik kararlar için yetersiz kalmaktadır. Aynı karar probleminde, karar kriterlerinin önemi ve karar seçeneklerinin değerlendirilmesindeki yargılar her kişi için farklılık gösterebilir. Analitik hiyerarşi süreci, bu tür karar problemlerinin çözümünde etkin karar vermeyi sağlar (Dündar ve Ecer, 2007).

Genellikle kararın iyi tanımlandığı ve ilgili parametrelerin çoğunun bilindiği veya anlamlı bir şekilde tahmin edilebileceği varsayılır. Bilgi açısından en yetersiz olunan durumda bile, belirsizlik altında karar vermede, hangi seçeneklere sahip olduğumuzu, bu seçeneklerin her biri seçilirse hangi sonuçların mümkün olduğunu ve genellikle bu sonuçların değerlerini bildiğimiz varsayılır. Ele alınması gereken belirsizlik, olasılıklar hakkında karşılaşılan bilgi eksikliğidir. Gerçek hayatta ise karar verme genellikle çok daha az düzenli koşullarda gerçekleşir. Hangi kararı alacağımız çoğu zaman belirsizdir. Karar konusunun birkaç küçük karara bölünüp bölünemeyeceği ve eğer öyleyse nasıl, bu kararların her birinin ne zaman ve kim tarafından alınması gerektiği, hangi alternatiflerin açık olduğu ve hangi sonuçların mümkün olduğu belirsizdir. Ayrıca, başarılı bir karar için kriterler tanımsız veya belirsiz olabilir (Hansson ve Hirsch Hadorn, 2017).

Literatürdeki araştırma çalışmaları incelendiğinde, 1960'lı yıllarda karar verme süreçlerine yardımcı olmak amacıyla Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin geliştirilmeye başlandığı bilgisine sahibiz (Saaty, 1980). 1970'lerin başında, çok kriterli karar verme, umut verici ve önemli bir çalışma alanı olarak tanıtıldı. Buna ek olarak, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), 1970'lerin sonlarında Thomas Saaty tarafından geliştirilen iyi bilinen bir ÇKKV yöntemidir. 1970'lerden bu yana, ÇKKV daha sistematik ve rasyonel karar vermenin temeli olarak kullanılabilecek teori ve modellere yapılan katkıların sayısı giderek artmıştır (Carlsson ve Fullér, 1996).

ÇKKV yöntem problemlerinde kriter ağırlıklarının belirlenmesinde uygun yöntemin seçilmesi problemi, karar verme sürecini zorlaştıran kritik bir aşamadır. ÇKKV yöntemleri, problemde birbiriyle çelişen kriterler olduğunda birkaç alternatif arasından bir alternatif seçme süreciyle ilgilenir. Kriterlerin ağırlıklarının karar verme sürecinin sonucu üzerinde önemli bir etkisi olabileceği göz önüne alındığında, kriter ağırlıklarının nesnellik faktörlerine özel bir önem verilmesi gerektiği açıktır.

Birbirine bağlı birden fazla kriterle karar vermek şaşırtıcı derecede zor bir iştir. Açıkça çelişen hedefler olduğunda, genellikle tüm kriterleri aynı anda karşılayan optimal bir çözüm yoktur. Öte yandan, birini başarmanın diğerini başarmamıza yardımcı olacak şekilde ikili olarak destekleyici hedefler varsa, etkili optimal çözümler bulmak için bu özellikten yararlanılmalıdır (Carlsson ve Fullér, 1996).

Kriter ağırlıklarının belirlenmesi, karar verme problemlerinde karşılaşılan en önemli problemlerden biridir. Karar vericiler sıklıkla, her biri benzersiz bir dizi özelliğe sahip olan çeşitli alternatifler veya seçenekler arasından seçim yaparken birçok kriter göz önünde bulundurulur. Örneğin, yaşamak için yeni bir yer seçerken, maliyet, büyüklük ve olanaklar gibi birçok kriter göz önüne alınabilir. Her seçenek bazı kriterlerde iyi performans gösterirken diğerlerinde yetersiz kalabilir.

Roberts ve Goodwin (2002), kriterlerin ağırlıklarını belirlemeye yönelik çeşitli yöntemlerin yararlarını ve sakıncalarını göz önünde bulunduran çalışmalara genel bir bakış sunmuştur. Mevcut literatür incelendiğinde, kriter ağırlıklarını belirlemede birden fazla ÇKKV yönteminin kullanıldığı açıktır. Ayrıca, kriter ağırlıklarını belirlemek için en iyi yöntem veya doğrudan “gerçek” ağırlık kümesini belirlemek için kullanılacak olan yöntem üzerinde bir fikir birliği yoktur. Bununla birlikte, literatürde, uzmanın kriterlerin önemine ilişkin anlayışına dayalı olarak, belirli yöntemlerle hesaplanan ağırlıkların, doğrudan ağırlık atama yöntemleriyle elde edilen ağırlıklardan daha doğru olduğu konusunda fikir birliği vardır.

Karar vericiler için ağırlık tespiti zor olabilir, bu nedenle sürecin yükünü azaltmak için çeşitli yöntemler önerilmiştir. Bu yöntemlerin çoğu, karar vericiye niteliklerin göreli önemi hakkında daha basit ve kolaylıkla anlaşılabilir sorular sormayı amaçlamaktadır. Bazı ÇKKV yöntemi az veri ile kriter ağırlıklarını elde etmeye çalışırken bazı ÇKKV yöntemler ise çok veriye ihtiyaç duymaktadır.

Literatür incelendiğinde 2000’li yıllardan önceki tarihlerde AHP yönteminin kriter ağırlıklandırmasında yaygın bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. 2000’li yıllar ile birlikte farklı ÇKKV yöntemlerinin kullanımı artmıştır. Bu yöntemlerin başında SWARA, BWM, ve FUCOM gelmektedir. FUCOM yöntemi diğer yöntemlere göre daha yeni bir yöntemdir. Bu çalışmada FUCOM yöntemi ile yapılmış çalışmalar incelenecektir. Bu bildiri şu şekilde organize edilmiştir. İkinci bölümde FUCOM yönteminin metodolojisi anlatılmıştır. Üçüncü bölümde FUCOM yöntemi ile ilgili çalışmalar gösterilmiştir. Son bölümde ise sonuçlar sunulmuştur.

1. **FUCOM YÖNTEMİNE DAİR BİLGİLENDİRME**

Değerlendirme kriterlerinin ağırlık katsayılarını hesaplamak için FUCOM (Tam Tutarlılık Metodu) yöntemi kullanılmaktadır. FUCOM, optimal kriter değerleri hesaplanırken az sayıda karşılaştırmaya ve tanımlanmış kısıtlamalara izin verdiği için hata olasılığını azaltır. Modeli doğrulamak için FUCOM, ağırlık vektörlerinin hata değerini hesaplar.

Oldukça yeni bir ÇKKV yöntemi olan ve öznel ağırlıklandırma için önerilen FUCOM, Pamučar ve diğerleri (2018) tarafından geliştirilmiştir. Ağırlık katsayılarının optimal değerlere ulaşması için iki koşulun yerine getirilmesini gerektiren doğrusal programlama tabanlı bir yöntemdir. İlk koşulda, kriterlerin karşılaştırmalı öncelikleri kriterlerin ağırlık katsayıları arasındaki ilişkilerine eş değer olması gereklidir. İkinci koşulda ise, matematiksel geçişlilik koşulları sağlanmalıdır. Optimum ağırlık değerlerine ek olarak, kısıtların belirlenmesi ve modelin çözülmesinden sonra tam tutarlılıktan sapma (DFC) elde edilir. Kriterlerin tahmini karşılaştırmalı önceliklerinden elde edilen ağırlık katsayılarının sapması, tam tutarlılıktan sapma derecesidir. Ayrıca, tam tutarlılıktan sapma derecesi, elde edilen kriter ağırlıklarının güvenilir olduğunu gösterir. FUCOM' un diğer ağırlıklandırma yöntemlerine göre başlıca avantajları şunlardır (Pamučar vd., 2018):

* Sonuçlar elde edilirken daha az ikili karşılaştırma kullanılır. Şekil 1’e bakıldığında kriter sayısındaki artmaların ikili karşılaştırmalara etkisi BWM, AHP ve FUCOM yöntemi için gösterilmiştir.
* Kriterlerin tutarlı ikili karşılaştırmasını sağlar.
* Kriter ağırlıklarının daha güvenilir hesaplanmasını sağlar.
* Uygulama adımlarının karmaşık olmaması, oluşturulan doğrusal programlama modellerinin Excel Solver, Lindo ve MATLAB gibi programlarla kolayca çözülebilmesini sağlar.



*Şekil 1. FUCOM ve diğer yöntemlerin gerektirdiği ikili karşılaştırma sayısı (Ecer, 2021b).*

Gerçek dünyada karşılaşılan sorunlar her zaman aynı önem düzeyine sahip değildir. Sonuç olarak, belirli kriterlerin önem faktörleri, toplamları bir olacak şekilde kriterler için uygun ağırlık katsayıları kullanılarak tanımlanmalıdır. Sonuç olarak, kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi sorunu özel bir ilgi görmektedir ve kriterlerin ağırlık katsayılarını belirlemek için FUCOM yöntemi Pamučar ve diğerleri (2018) tarafından önerilmiştir.

FUCOM yöntemi, aşağıda özetlenen üç adımı kullanarak sonuçlara ulaşır (Pamučar vd., 2018):

Adım 1: Kriterler karar vericiler tarafından sıralanır. Sıralama, kriterlerin önem derecesine göre yani en önemli olan kriterden en az öneme sahip kritere kadar yapılır. "$k$" ile belirtilen ifade, gözlemlenen kriterin derecesini temsil eder. Eğer aynı öneme sahip iki veya daha fazla kriter bulunuyorsa, Denklem (1)'deki "$>$" yerine "$=$" işareti yazılması gereklidir.

$C\_{j}(1) > C\_{j}(2) > . . . > C\_{j}(k)$ (1)

Adım 2: Sıralanmış kriterler, önceliklerini ($δ\_{C\_{ik}}$) elde etmek için karşılaştırılır ve karşılaştırmalı öncelikleri ($φ\_{k/k+1}$) belirlenir:

$\overbar{φ}=(φ\_{1/2},φ\_{2/3},φ\_{3/4},…..φ\_{k/k+1})$ (2)

Adım 3: Son aşamada, kriterlerin ağırlık katsayılarının nihai değerleri hesaplanır. Nihai ağırlık katsayısı değerleri aşağıdaki iki koşulu karşılamalıdır.

Koşul 1: Ağırlık katsayısı oranı, Adım 2'de tanımlanmış gözlemlenen kriterlerin karşılaştırmalı önceliğine ($φ\_{k/k+1}$) eşittir.

 $\frac{w\_{k}}{w\_{k+1}}$ = $φ\_{k/k+1}$ (3)

Koşul 2: Kriter ağırlıkları matematiksel geçişlilik şartını sağlamak zorundadır.

$φ\_{k/k+1}⊗φ\_{k+1/k+2}=φ\_{k/k+2}$ (4)

Eşitlik 4’teki $φ\_{k/k+1}=\frac{w\_{k}}{w\_{k+1}}$ ve $φ\_{k+1/k+2}=\frac{w\_{k+1}}{w\_{k+2}}$ olmak üzere bunlar arasındaki işlem şu şekildedir.

$\frac{w\_{k}}{w\_{k+1}}⊗\frac{w\_{k+1}}{w\_{k+2}}=\frac{w\_{k}}{w\_{k+2}}$ (5)

Bir diğer ifadeyle,

$\frac{w\_{k}}{w\_{k+2}}=φ\_{k/k+1}⊗φ\_{k+1/k+2}$ (6)

Matematiksel son formül Eşitlik 7’de gösterilmiştir.

$$Min χ$$

$$s.t.$$

$$\left|\frac{w\_{j(k)}}{w\_{j(k+1)}}-φ\_{k/k+1}\right|\leq χ, ∀\_{j}$$

$$\left|\frac{w\_{j(k)}}{w\_{j(k+2)}}-φ\_{k/k+1}⊗φ\_{k+1/k+2}\right|\leq χ, ∀\_{j}$$

$$\sum\_{j=1}^{n}w\_{j}=1, ∀\_{j}$$

$w\_{j}\geq 0,∀\_{j} $ (7)

Eşitlik 7’de yer alan $χ$ tam tutarlılıktan sapmayı göstermektedir ve bu değerin 0 ile 0,025 arasında olması gerekmektedir.

1. **FUCOM YÖNTEMİ İLE YAPILMIŞ ÇALIŞMALARIN İNCELENMESİ**

Gerçek dünyada karşılaşmış olduğumuz problemlerin kriterler açısından incelendiğinde aynı düzeyde ağırlık önemine sahip olmadığı bilinmektedir. Sonuç olarak, belirli kriterlerin önem faktörleri, toplamları bire eşit olacak şekilde kriterler için uygun ağırlıklandırma katsayıları kullanılarak tanımlanmalıdır. Çok kriterli karar verme (ÇKKV) modellerinde kriterlerin göreceli ağırlıklarını belirlemek gayet zor bir aşamadır. Ağırlık katsayıları, çözümü önemli ölçüde etkilediği için bazı yöntemlerde nihai karar verme sonucu üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi sorunu özel bir ilgi görmüş ve ağırlıklandırmayı belirlemek için yeni bir yöntem olan FUCOM yöntemi önerilmiştir. FUCOM yöntemi çok yeni bir yöntem olduğu için bu yöntem ile ilgili çalışma sayısı literatürde azdır. Bunlardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Pamučar ve diğerleri (2018), hemzemin geçitlerin değerlendirilmesi için FUCOM-MAIRCA'yı (Çok Kriterli İdeal-Gerçek Karşılaştırmalı Analiz) kullanmıştır. Hemzemin geçit, karayolu veya yaya trafiği güzergahı ile demiryolunun aynı seviyede kesiştiği noktaları ifade eder. Yani trafik kazalarına konu olabilecek maddi hasar ve/veya can kaybıyla sonuçlanabilecek bir çatışma noktası olarak karşımıza çıkabilmektedir. FUCOM-MAIRCA modeli, Sırbistan Cumhuriyeti'ndeki demiryolu altyapısı içindeki on hemzemin geçidin değerlendirilmesini içeren bir vaka çalışmasında test edilmiştir. Kriterler, ilk adımda tanımlanan kriterler kümesinden sıralanmıştır. Dört uzman, kriterleri önemlerine göre sıralamıştır. Çalışmada listelenen kriterler ikinci adımda karşılaştırılarak değerlendirme kriterlerinin göreceli önemi belirlenmiştir. Değerlendirme kriterlerinin göreceli önemini belirlemek için uzmanlardan anket yolu ile veri alınmıştır. Kriterlerin uzman değerlendirmesi ve kriterlerin ağırlık katsayılarının belirlenmesi için ilk aşamada FUCOM yöntemini kullanmıştır. Ardından, elde edilen ağırlık katsayısı değerleri, MAIRCA modeline aktarılarak alternatiflerin değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Nuni (2018), PVC marangoz üreticilerinin değerlendirilmesi ve seçimi üzerine araştırma yapmak için birleştirilmiş çok kriterli bir model kullanmıştır. Bu çalışmada beş potansiyel üretici yedi kriter kullanılarak değerlendirilmiştir. Kriter ağırlıklarını hesaplamak için FUCOM yöntemi, çalışmada PVC üreticisini değerlendirmek ve seçmek için MABAC (Multi-attributive border yaklaşım alanı karşılaştırması) yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın amacı; en yüksek kaliteyi, mümkün olan en düşük fiyatı, hızlı teslimat ve montaj sürelerini, ertelenmiş ödeme seçeneğini, üreticinin güvenilirliğini ve daha uzun garanti süresini içeren mümkün olan en iyi teklifi elde etmektir. Sonuçlara göre nihai karar verildiğinde, en iyi çözümü temsil eden üretici belirlenmiştir. Bu çalışmada FUCOM ve MABAC yöntemleri ilk defa birlikte kullanılarak literatüre katkı sunulmuştur.

Badi ve Abdulshahed (2019), Libya havayollarının performansını sıralamak için AHP ile FUCOM yöntemlerini entegre ederek kullanmıştır. Çalışma, havayolu güvenilirliği, çalışanlar, yönetim, müşteri memnuniyeti ve maddi varlıklar olmak üzere 5 ana performans kriterini göz önünde bulundurularak 4 Libya havayolu şirketinin performansını değerlendirmeyi ve karşılaştırmayı amaçlamıştır. Dört Libya havayolu şirketinin performansları, FUCOM ve AHP'yi tek bir sistemde birleştiren hibrit bir yöntem kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre güvenilirlik en önemli kriter olarak belirlenmiş ve bunu memnuniyet kriteri izlemiştir. Libyan Wings, toplam 0.392 puanla incelenen dört havayolu arasında ilk sırada yer almıştır. Libya havayollarının sıralama performansına ek olarak, FUCOM yönteminin AHP'ye göre avantajları bu çalışmada gösterilmiştir.

Durmić (2019), doğru belirlemeye ve yeterli kriterlerin seçimine bağlı olan sürdürülebilir bir tedarikçi seçimi için en önemli kriterleri belirlemek için FUCOM'u kullanmıştır. Kriter değerlendirmesi, kireç üretim firmasında çalışan bir grup uzman tarafından yapılmıştır. Uygulanan metodoloji ile elde edilen sonuçlar, tedarikçi seçiminde en önemli kriterlerin sırasıyla; kalite, fiyat, verimlilik, ortaklık ilişkileri, iş güvenliği, esneklik ve finansal yeterlilik olduğunu göstermiştir.

Fazlollahtabar ve diğerleri (2019), bir depodaki nakliye ve elleçleme aracı olarak forklift seçmek için entegre edilmiş bir FUCOM-WASPAS (Ağırlıklı Toplam Ürün Değerlendirmesi) modelini kullanmışlardır. Bu çalışmada, forklift seçimi yapılırken kriterlerin önem ve ağırlığını değerlendirmek için karar verme süreci boyunca FUCOM kullanılmıştır. Forklift seçimi için satın alma fiyatı, yaş, çalışma saatleri, maksimum yük kapasitesi, maksimum kaldırma yüksekliği ekolojik faktörler, yedek parça temini olarak 7 kriter, revizyon mekanizasyonundan sorumlu uzmanlar ve çalışanlar tarafından belirlenmiştir. Üç karar verici, kriterleri şirket için önem derecesine göre değerlendirmiştir. Çalışmada nihai ağırlık katsayısı değerlerinin hesaplanması için Lingo yazılımı kullanılmıştır. Üç karar vericinin sonuçlarının karşılaştırılması sonucunda, forklift seçiminde en önemli kriterin çalışma saatleri olduğu belirlenmiştir.

Mijajlović ve diğerleri (2020), Bosna Hersek'teki kaplıcaların (Spa merkezlerinin) mevcut durumunu değerlendirmek için FUCOM yöntemini kullanmıştır. Bosna Hersek'teki kaplıcaların mevcut durumu değerlendirilirken ana kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için FUCOM yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmada kriterlerin sıralanması için sağlık turizmi alanında üç uzman seçilmiştir. Bu uzmanlara iki bölümden oluşan bir anket gönderilmiştir. Anketin ilk kısmı modelin kriterlerinin ağırlığını ele alırken, ikinci kısmı sunulan kriterlere göre kaplıcanın mevcut durumunu ele almıştır. Bu tahminler anket içerisinde değer olarak sunulmuştur. Bu anket içerisinde yer alan değerler bulanık mantık kullanılarak dönüştürülmüştür. Bulanık MARCOS (Ölçme Alternatifleri ve Uzlaşma Çözümüne Göre Sıralama) yöntemi, uzman değerlendirmesine dayalı olarak kaplıcaları sıralamak için bulanık mantıkla kullanılmıştır. Kriterlerin ağırlıklarının hesaplanmasında FUCOM modeli kullanılmıştır. Bu çalışma, Bosna ve Hersek'teki tüm kayıtlı Spa merkezlerine genel bir bakış ve değerlendirme sunmaktadır. Çalışma sonunda duyarlılık analizi yapılmış ve araştırma bulgularının doğrulaması yapılmıştır. Çalışmada bireysel kaplıcaların hangi kriterleri iyileştirmesi gerektiğine dair kılavuzlar sağlanmıştır.

Stević ve Brković (2020), bir taşımacılık şirketindeki insan kaynaklarını değerlendirmek için entegre bir FUCOM-MARCOS modelini kullanmışlardır. FUCOM yöntemi, sıfır tam tutarlılıktan sapma derecesi ile kriter ağırlık değerlerinin önemini belirlemek için kullanılırken, potansiyel çözümleri değerlendirmek için MARCOS yöntemi kullanılmıştır. Uygulamanın yapıldığı Bosna-Hersek'teki bir nakliye şirketinde toplam 23 sürücü çalışmaktadır. Çalışmada, şirketteki sürücüler sürekli izlenmiş ve periyodik olarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Bulgulara göre, insan kaynakları departmanı, değerlendirmenin entegre FUCOM-MARCOS modeli kullanılarak gerçekleştirildiği Ekim ayı için en iyi performansı gösteren bir çalışan belirlemiştir. Çalışmanın bulguları bu kadar ile sınırlı değildir. Modelin amaçlarına göre, iyileştirilmiş sürüş davranışları ve belirli tasarruflar tarafından oluşturulan ve kaynaklara göre ödüllendirilecek sürücüleri belirlemenin de mümkün olması sağlanmıştır.

Ayçin ve Aşan (2021), yaptıkları çalışmada iş zekası uygulamasının seçiminde dikkate alınan üç ana kriter ve bu ana kriterlere ilişkin yirmi bir alt kriter belirlemiştir. Daha sonra sübjektif bir kriter ağırlıklandırma yöntemi olan FUCOM kullanılarak kriterlerin ağırlıkları bulunmuştur. Uygulama sonuçlarına göre en önemli kriterlerin sırasıyla; farklı platformlarda kullanım, uyarlama maliyeti ve kullanıcı ara yüzü etkileşimi olduğu tespit edilmiştir.

Ecer (2021a), Türkiye'deki bir otomotiv yedek parça şirketinde en uygun sürdürülebilir tedarikçiyi seçmek için FUCOM tabanlı MAIRCA yaklaşımını kullanmıştır. Çalışmanın amacı, 5 tedarikçi arasından en iyi sürdürülebilir tedarikçiyi seçmektir. Bu çalışmada sürdürülebilirliğin ekonomik, çevresel ve sosyal olmak üzere üç boyutuna dayalı 12 alt kriter dikkate alınmıştır. Bu alt kriterler şu şekildedir; esneklik, kalite, yetenek, fiyat, nakliye maliyeti, paydaş hakları, bilgilendirme, iş sağlığı ve güvenliği sistemleri, çevre yönetim sistemleri (ÇYS), yeşil üretim, yeşil ambalaj ve atık yönetimi. Kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için FUCOM kullanılırken, mevcut alternatifleri sıralamak için MAIRCA kullanılmıştır. Çalışmanın bulgularına göre ekonomik boyut en önemli sürdürülebilirlik boyutudur. Sonuç olarak, sürdürülebilir tedarik zinciri yönetiminde uygun tedarikçileri seçmek için FUCOM-MAIRCA entegre modelinin kullanılabileceği belirlenmiştir.

Ecer (2021b), rüzgar santrali saha seçimini etkileyen faktörlerin analizi için FUCOM sübjektif ağırlıklandırma yöntemini kullanmıştır. Bu araştırmanın amacı, rüzgar santrali yer seçimi probleminde kullanılan kriterlerin önem ağırlıklarını belirlemektir. Ekonomik, sosyal ve çevresel ana kriterlere ilişkin 12 alt kriterin ağırlıkları FUCOM yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bulgulara göre, yer seçiminde en önemli kriter çevredir. Bu çalışmada, rüzgar santrali yer seçiminde göz önüne alınan faktörlerin önem düzeylerinin belirlenmesi amacıyla FUCOM yönteminin tavsiye edilmesinin yanı sıra, bu yöntemin etkinliğini belirlemek için bir duyarlılık analizi yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, rüzgar santrali yer seçiminde dikkate alınan faktörlerin önem düzeylerini belirlemek için AHP’de 22 ikili karşılaştırma, BWM'de 18 ikili karşılaştırma yapmak gerekirken, FUCOM'da ise sadece 11 ikili karşılaştırma yapılmıştır. Çalışmanın sonucuna göre FUCOM yönteminin analizleri daha kısa sürede tamamlanırken tutarlı ve güvenilir sonuçlar sağlanmıştır.

Khan ve meslektaşları (2021), COVID-19 ve gelecekteki salgınlarla mücadele etmek için Pakistan sağlık sektörü için dayanıklılık temelli bir model geliştirmeyi amaçlamıştır. Çalışmada, yeni bir hibrit yaklaşım kullanarak dayanıklılık özelliklerine (RA'lar) ve dayanıklılık stratejilerine (RS'ler) dayalı bir model geliştirildi. İlk adımda, FUCOM kullanılarak RA'lara öncelik verildi. Bulgulara göre, en önemli dayanıklılık özelliği (RA) "liderlik ve yönetişim kapasitesi" olarak belirlenmiştir. Ardından, Kalite Fonksiyon Göçerimi ile dayanıklılık stratejileri değerlendirilmiştir.

Ulutaş ve Karakuş (2021), FUCOM, Bulanık PIV ve Coğrafi Bilgi Sistemini birleştirerek tekstil üretim fabrikaları için Sivas’taki en uygun kuruluş yerini belirlemişlerdir. Bu çalışmada toplam sekiz kriter değerlendirilmiştir. Bunlar şu şekildedir; demiryoluna yakınlık, karayoluna yakınlık, alışveriş merkezine yakınlık, havalimanına yakınlık, perakendeci merkezine yakınlık, tedarikçi merkezine yakınlık, arazi eğimi, nüfus yoğunluğuna uzaklık. Bu kriterlerin içinde en önemlisi demiryoluna yakınlık olarak belirlenmiştir.

1. **BULGULAR VE SONUÇLAR**

FUCOM yaklaşımının insanoğlunun karşılaştığı ve karşılaşacağı birden fazla alanda karar verme sürecinde faydalı olduğu yapılan çalışmalar ile gösterilmiştir. Literatürdeki tüm çalışmalar incelendikten sonra FUCOM yönteminin, yöntemin kullanımında özellikle kriter ağırlıklarının belirlenmesinde etkili olduğu, hızlı ve güvenilir sonuçlar verdiği görülmektedir. Ayrıca bu yöntemin diğer sübjektif ağırlık yöntemleri olan AHP ve BWM yöntemine kıyasla daha az ikili karşılaştırmaya ihtiyaç duyduğu literatür taramasından çıkarılmıştır. FUCOM, 2018 yılında önerilmiş olmasına rağmen sağladığı faydalar nedeniyle birçok alanda tercih edildiği açıktır. Ayrıca literatürdeki çalışmalarda FUCOM' un diğer karar verme yöntemleri ile entegre olarak kullanıldığı görülmektedir. Diğer yöntemlerle bütünleşik modeller oluşturarak daha birçok çalışmaya ışık tutacağı beklenmektedir. FUCOM yöntemi, diğer kriter ağırlıklandırma yöntemlerinin uygulanması ile karşılaştırmalı olarak daha fazla analiz edilebilir ve daha fazla yeni uygulama alanı bulabilir.

**REFERANSLAR**

Ayçin, E., & Aşan, A., (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.

Badi, I., & Abdulshahed, A. (2019). Ranking the Libyan airlines by using full consistency method (FUCOM) and analytical hierarchy process (AHP). *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, *2*(1), 1-14.

Carlsson, C., & Fullér, R. (1996). Fuzzy multiple criteria decisions making: Recent developments. *Fuzzy sets and systems*, *78*(2), 139-153.

Durmić, E. (2019). Evaluation of criteria for sustainable supplier selection using FUCOM method. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, *2*(1), 91-107.

Dündar S, Ecer F, (2007); “Öğrencilerin GSM Operatörü Tercihinin, Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemiyle Belirlenmesi”, 8. Türkiye Ekonometri ve İstatistik Kongresi 24-25 Mayıs 2007, İnönü Üniversitesi Malatya

Ecer, F. (2021a). Sürdürülebilir Tedarikçi Seçimi: FUCOM Sübjektif Ağırlıklandırma Yöntemi Temelli MAIRCA Yaklaşımı. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 8 (1), 26-48. DOI: 10.30798/makuiibf.691693

Ecer, F., (2021b). FUCOM sübjektif ağırlıklandırma yöntemi ile rüzgâr çiftliği yer seçimini etkileyen faktörlerin analizi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 27(1), 24-34.

Fazlollahtabar, H., Smailbašić, A., & Stević, Ž. (2019). FUCOM method in group decision-making: Selection of forklift in a warehouse. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, *2*(1), 49-65.

Hansson, S. O., & Hirsch Hadorn, G. (2017). Argument-based decision support for risk analysis. *Journal of Risk Research*, *21*(12), 1449-1464.

Khan, F., Ali, Y., & Pamučar, D. (2021). A new fuzzy FUCOM-QFD approach for evaluating strategies to enhance the resilience of the healthcare sector to combat the COVID-19 pandemic. *Kybernetes*.

Mijajlović, M., Puška, A., Stević, Ž., Marinković, D., Doljanica, D., Jovanović, S. V., ... & Beširović, J. (2020). Determining the Competitiveness of Spa-Centers in Order to Achieve Sustainability Using a Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Model. *Sustainability*, *12*(20), 8584.

Nunić, Z. (2018). Evaluation and selection of the PVC carpentry manufacturer using the FUCOM-MABAC model. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, *1*(1), 13-28.

Pamučar, D., Lukovac, V., Božanić, D., & Komazec, N. (2018). Multi-criteria FUCOM-MAIRCA model for the evaluation of level crossings: case study in the Republic of Serbia. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, *1*(1), 108-129.

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), 393.

Roberts, R., & Goodwin, P. (2002). Weight approximations in multi‐attribute decision models. *Journal of Multi‐Criteria Decision Analysis*, *11*(6), 291-303.

Saaty, T. L. (2003). Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary. *European journal of operational research*, *145*(1), 85-91.

Saaty, T. L., 1980. The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw Hill.

Stević, Ž., & Brković, N. (2020). A novel integrated FUCOM-MARCOS model for evaluation of human resources in a transport company. *Logistics*, *4*(1), 4.

Ulutaş, A., Karabasevic, D., Popovic, G., Stanujkic, D., Nguyen, P. T., & Karaköy, Ç. (2020). Development of a novel integrated CCSD-ITARA-MARCOS decision-making approach for stackers selection in a logistics system. *Mathematics*, *8*(10), 1672.

Ulutaş, A., & Karakuş, C. B. (2021). Location selection for a textile manufacturing facility with GIS based on hybrid MCDM approach. *Industria textila*, *72*(2), 126-132.