

Bulanık Küme ve Çok Kriterli Karar Verme: Bibliyometrik İnceleme

Fuzzy Sets and Multi-Criteria Decision Making: A Bibliometric Analysis

Saadettin AYDIN 

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Tıp
Fakültesi, İstanbul, Türkiye

University of Health Sciences Gülhane Faculty
of Medicine, İstanbul, Türkiye
saadettinaydin@sbu.edu.tr



Öz

Bulanık küme teorisi ve Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri akademik literatürde giderek daha fazla ilgi görmektedir. Ancak bu alandaki araştırmaların akademik gelişimi, anahtar katkılar ve araştırma eğilimleri konusunda kapsamlı bir bibliyometrik analiz ihtiyacı bulunmaktadır. Bu çalışma, ÇKKV ve bulanık küme teorisi üzerine yapılan akademik araştırmaların bibliyometrik analizini yaparak bu alandaki gelişimi değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Yayın trendlerini, en çok atıf alan çalışmaları, en aktif kurumları ve etkili yazarları belirleyerek, gelecekteki araştırmalara rehberlik edecek bir çerçeve sunmaktadır. Bibliyometrik analiz yöntemi kullanılarak, toplam 3477 akademik yayın incelenmiştir. Yayınların yıllara göre dağılımı, atıf analizleri ve anahtar kelime ağ analizleri yapılmıştır. ÇKKV ve bulanık küme alanında yıllık ortalama %14,82 büyüyen bir yayın hacmi mevcuttur. 2020-2023 arasındaki belirgin artış, pandemi sonrası dönemde karar verme süreçlerine duyulan ihtiyacın arttığını göstermektedir. Makale başına ortalama 27,45 atıf alınması, bu alandaki çalışmaların akademik etkisinin yüksek olduğunu göstermektedir. Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, en çok yayın yapılan dergilerden biridir. En etkili yayın, Yager RR'nin 2014 yılında yayımlanan ve 2335 atıf alan çalışmasıdır. En aktif kurumlar arasında İstanbul Teknik Üniversitesi ve Çin'deki üniversiteler öne çıkmaktadır. En etkili yazarlar arasında Kahraman C. dikkat çekmektedir. "Karar Verme", "Bulanık Mantık" ve "Duyarlılık Analizi" gibi anahtar kelimeler, bu alandaki temel araştırma eğilimlerini temsil etmektedir. Bu analiz, ÇKKV ve bulanık küme teorisinin akademik alandaki gelişiminin hızlı olduğunu ve gündemde kalmaya devam ettiğini göstermektedir. Çalışma, bu alanda yapılan araştırmaların küresel önemini vurgulamakta ve gelecekteki akademik çalışmalar için yol gösterici bir kaynak sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çok Kriterli Karar Verme, Bulanık Küme, Bibliyometrik Analiz, Biblioshiny, VOSviewer.

Abstract

Fuzzy set theory and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods are increasingly gaining attention in academic literature. However, there is a need for a comprehensive bibliometric analysis on the academic development, key contributions and research trends of research in this field. This study aims to evaluate the development in this field by conducting a bibliometric analysis of academic research on MCDM and fuzzy set theory. It provides a framework to guide future research by determining publication trends, the most cited studies, the most active institutions and influential authors. A total of 3477 academic publications were examined using the bibliometric analysis method. The distribution of publications by year, citation analyses and keyword network analyses were conducted. There is an annual average publication volume of MCDM and fuzzy sets growing by 14.82%. The significant increase between 2020-2023 shows that the need for decision-making processes has increased in the post-pandemic period. The average 27.45 citations per article shows that the academic impact of studies in this field is high. Journal of Intelligent and Fuzzy Systems is one of the most published journals. The most influential publication is Yager RR's study published in 2014, which received 2335 citations. Istanbul Technical University and universities in China stand out among the most active institutions. Kahraman C. stands out among the most influential authors. Keywords such as "Decision Making", "Fuzzy Logic" and "Sensitivity Analysis" represent the basic research trends in this field. This analysis shows that the development of MCDM and fuzzy set theory in the academic field is rapid and continues to remain on the agenda. The study emphasizes the global importance of research in this field and provides a guiding resource for future academic studies.

Keywords: Multi-Criteria Decision Making, Fuzzy Sets, Bibliometric Analysis, Biblioshiny, VOSviewer.

Geliş Tarihi/Received 07.02.2025
Kabul Tarihi/Accepted 10.03.2025
Yayın Tarihi/Publication Date 25.03.2025

Cite this article: Aydın, S. (2025). Fuzzy Sets and Multi-Criteria Decision Making: A Bibliometric Analysis Başlığı. *Current Perspectives in Social Sciences*, 29(1), 66-86.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License.

Giriş

Bulanık küme teorisi kesin sınırlarla tanımlanamayan ve belirsizlik içeren durumları ifade etmek için Zadeh (1965) tarafından geliştirilmiştir. Geleneksel küme teorisinden farklı olarak bulanık kümeler, bir elemanın bir kümeye ait olma derecesini $[0,1]$ aralığında ifade eden üyelik fonksiyonlarını kullanır. Bu yaklaşım, gerçek dünyadaki karmaşık ve belirsiz bilgilerin modellenmesi için güçlü bir araç sunar.

Zaman içinde bulanık kümeler, farklı türlere ayrılarak daha karmaşık problemlere uygulanabilir hale gelmiştir. Öne çıkan bulanık küme çeşitleri şunlardır:

- ✓ **Tip-1 Bulanık Kümeler:** Klasik bulanık kümeler olarak bilinir ve bir elemanın üyelik derecesini tek bir kesin değerle ifade eder (Atanassov, 2017). Örneğin, bir ürünün “yüksek kalite” olarak değerlendirilmesi üyelik derecesi olarak 0.8 ile temsil edilebilir.
- ✓ **Tip-2 Bulanık Kümeler:** Üyelik derecesinin kendisi de bulanık bir küme olarak ifade edilir. Bu özellik, belirsizliğin daha iyi modellenmesini sağlar. Tip-2 bulanık kümeler, özellikle insan karar verme süreçlerindeki belirsizlikleri modellemek için kullanılır (Mendel, 2007).
- ✓ **Sezgisel Bulanık Kümeler:** Sezgisel bulanık kümeler (intuitionistic fuzzy sets), bir elemanın bir kümeye ait olma derecesi (μ) ve ait olmama derecesi (ν) ile ifade edilir. Bu yaklaşım, karar verme süreçlerinde çift taraflı değerlendirme sağlar (Atanassov, 2016).
- ✓ **Interval Tip Bulanık Kümeler:** Bu küme türünde üyelik dereceleri bir aralıkla ifade edilir. Bu özellik, veri belirsizliğinin ve karar verici görüşlerindeki farklılıkların daha iyi temsil edilmesine olanak tanır (Moore ve Lodwick, 2003).
- ✓ **Karmaşık Bulanık Kümeler:** Üyelik derecelerinin hem büyüklüğünü hem de fazını dikkate alan bu kümeler, özellikle sinyal işleme ve mühendislik uygulamalarında kullanılır (Ramot vd., 2002).

Bu çeşitler, gerçek dünyadaki belirsizliklerin ve karmaşık problemlerin daha detaylı bir şekilde modellenmesini sağlar. Örneğin, enerji santrali yeri seçimi gibi bir problemde sadece maliyet veya çevresel etkiler değil, aynı zamanda kriterlerin birbiriyle çelişen yapısı da dikkate alınabilir.

ÇKKV yöntemleri ise birden fazla kriterin dikkate alındığı karar verme problemlerinde, en iyi alternatifi veya alternatiflerin sıralamasını belirlemek için kullanılan yöntemlerin genel adıdır. ÇKKV yöntemleri, özellikle karmaşık ve çok yönlü problemlerde analitik bir yapı sunarak karar vericilere yol gösterir. Örneğin, yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi gibi alanlarda bu yöntemler sıklıkla kullanılmaktadır (Pamuçar vd., 2018; Chatterjee ve Chakraborty, 2014).

ÇKKV, birden fazla kriterin dikkate alındığı karar verme problemlerinde etkili çözümler sunması nedeniyle birçok alanda tercih edilmektedir. ÇKKV'nin kullanılmasının temel nedenleri şu şekilde sıralanabilir:

- ✓ **Karmaşık Problemleri Yapılandırma Yeteneği:** ÇKKV, çok sayıda kriterin bulunduğu, karmaşık ve çok boyutlu karar problemlerini sistematik bir yapıya oturtur. Örneğin, bir enerji santrali yeri seçerken maliyet, çevresel etkiler ve enerji verimliliği gibi kriterlerin birlikte ele alınmasını sağlar (Tzeng ve Huang, 2011).
- ✓ **Karar Verici Tercihlerinin Dikkate Alınması:** ÇKKV yöntemleri, karar vericilerin tercihlerinin farklı kriterler üzerindeki ağırlığını tanımlamasına olanak tanır. Bu özellik, kararların kişiselleştirilmesi ve uygulamaya yönelik hale getirilmesinde önemlidir (Saaty, 1980).
- ✓ **Farklı Disiplinlere Uygulanabilirlik:** ÇKKV yöntemleri, mühendislik, ekonomi, sağlık, çevre yönetimi gibi birçok alanda uygulanabilir. Bu esneklik, yöntemlerin yaygın bir şekilde benimsenmesine yol açmıştır (Triantaphyllou, 2000).

Ancak, ÇKKV yöntemleri, genellikle kesin ve net verilere dayanır. Bu durum, gerçek dünyadaki belirsizliklerin ve subjektif değerlendirmelerin yeterince temsil edilememesine neden olabilir. İşte bu noktada bulanık çok kriterli karar verme (BÇKKV) yöntemleri devreye girer. BÇKKV'nin tercih edilmesinin nedenleri şunlardır:

- ✓ **Belirsizliklerin ve Süreç Karmaşıklığının Modellenmesi:** Gerçek hayatta karar verme süreçlerinde kriterlerin tam olarak ölçülememesi, karar vericilerin subjektif yargılarının farklılık göstermesi gibi belirsizlikler yaygındır.

- ✓ BÇKKV, bu belirsizlikleri bulanık üyelik fonksiyonlarıyla modelleyerek karar süreçlerini daha gerçekçi hale getirir (Zadeh, 1965; Chen, 2000).
- ✓ Nitel ve Nicel Verilerin Entegrasyonu: BÇKKV, nitel (örneğin, müşteri memnuniyeti) ve nicel (örneğin, maliyet) verilerin birlikte değerlendirilebilmesini sağlar. Bu özellik, birçok sektörde karmaşık karar verme problemlerine uygulanabilir hale getirir (Kahraman vd., 2009).
- ✓ Esnek ve Uyarlanabilir Yapı: BÇKKV yöntemleri, farklı karar problemlerine uyarlanabilir. Örneğin, sağlık sektöründe tedavi önceliklerinin belirlenmesi için bulanık TOPSIS kullanılırken, tedarik zinciri yönetiminde bulanık AHP kullanılabilir (Opricovic ve Tzeng, 2004).

BÇKKV yöntemleri, bulanık küme ve ÇKKV ile birleştirilerek belirsizlik içeren durumlarda daha esnek ve etkili çözümler üretir. Örneğin, bulanık TOPSIS, sağlık sektöründe tedavi önceliklerinin belirlenmesinde; bulanık AHP, tedarik zinciri yönetiminde ve bulanık VIKOR, çevresel sürdürülebilirlik projelerinde başarıyla uygulanmıştır (Chen, 2000; Opricovic ve Tzeng, 2004).

Sonuç olarak, ÇKKV ve BÇKKV yöntemleri, karar verme süreçlerinde hem analitik bir yapı sunmak hem de belirsizlikleri ve sübjektif değerlendirmeleri dikkate almak açısından güçlü araçlar sunmaktadır. Bu yöntemler, enerji yönetiminden sağlık sektörüne, lojistikten sürdürülebilirlik projelerine kadar geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bu çalışmada, BÇKKV yöntemlerinin literatürdeki bilimsel eğilimleri ve etkileri bibliyometrik bir analizle değerlendirilmektedir.

Çalışmanın Önemi ve Amacı

Bulanık küme ve ÇKKV yöntemleri, karmaşık ve belirsizlik içeren karar süreçlerinde etkili çözümler sunmaktadır. Bu iki güçlü alanın birleştirilmesiyle ortaya çıkan BÇKKV yöntemleri, bilimsel literatürde geniş bir uygulama alanı bulmuş ve giderek artan bir ilgi görmüştür. Ancak, bu alandaki hızlı gelişim, mevcut eğilimleri, temel katkıları ve araştırma boşluklarını anlamayı daha da önemli hale getirmiştir. Bu çalışmanın önemi, literatürdeki bulanık küme ve ÇKKV yöntemlerine dair bilimsel üretkenliği ve etkileşim ağlarını analiz etmesinden kaynaklanmaktadır. Özellikle:

- ✓ Bilimsel Eğilimlerin Haritalanması: BÇKKV yöntemlerinin farklı disiplinlerde nasıl bir etki yarattığını ve hangi konulara odaklandığını ortaya koymak.
- ✓ Araştırma Boşluklarının Belirlenmesi: Literatürdeki eksiklikleri tespit ederek gelecekteki çalışmalar için yol gösterici bir çerçeve sunmak.
- ✓ Akademik İşbirliklerinin İncelenmesi: Yazarlar, kurumlar ve ülkeler arasındaki bilimsel iş birliklerini anlamak.

Bu bağlamda, çalışmanın amacı, BÇKKV ile ilgili bilimsel yayınların bibliyometrik analizi yoluyla bu alandaki literatürün kapsamlı bir değerlendirmesini sunmaktır. Scopus veri tabanından elde edilen veriler, RStudio ve VOSviewer yazılımları kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada aşağıdaki sorulara yanıt aranmıştır:

- ✓ BÇKKV yöntemleri hangi alanlarda uygulanmaktadır?
- ✓ Literatürdeki en etkili yazarlar, kurumlar ve ülkeler hangileridir?
- ✓ Araştırma eğilimleri zamanla nasıl bir değişim göstermiştir?

Bu çalışmanın sonuçları, araştırmacılara ve uygulayıcılara literatürdeki eğilimler hakkında kapsamlı bir bakış sunarken, gelecek çalışmalar için stratejik öneriler geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Çalışmanın Katkıları

Bu çalışma, bulanık küme ve ÇKKV yöntemlerinin kesişiminde yer alan literatürün bibliyometrik analiziyle alana önemli katkılar sağlamaktadır. Özellikle:

- ❖ Literatürün Sistematiği Haritalanması:
 - BÇKKV ile ilgili bilimsel üretimlerin tarihsel gelişimi, anahtar temaları ve temel araştırma konularını ortaya koyarak mevcut literatürün kapsamlı bir haritasını sunmaktadır.
 - En sık kullanılan yöntemler, alanlar ve anahtar kelimeler gibi bilimsel trendlerin belirlenmesiyle araştırmacılara yeni

perspektifler kazandırmaktadır.

❖ Bilimsel İşbirliklerinin İncelenmesi:

- Yazarlar, kurumlar ve ülkeler arasındaki iş birliği ağlarını analiz ederek, bu alanda etkili akademik gruplar ve öncü kurumlar hakkında bilgi sağlamaktadır.
- Küresel düzeyde BÇKKV çalışmalarının nasıl bir ağ oluşturduğunu anlamaya olanak tanımaktadır.

❖ Araştırma Boşluklarının Belirlenmesi:

- Literatürde henüz yeterince çalışılmamış veya yeni gelişmekte olan temaları belirleyerek, gelecekteki araştırmalar için yol gösterici bilgiler sunmaktadır.
- BÇKKV yöntemlerinin farklı disiplinlerdeki potansiyel uygulama alanlarını tanımlamaktadır.

❖ Yöntemsel Çeşitlilik ve Entegrasyonun Vurgulanması:

- BÇKKV yöntemlerinin diğer hesaplama yöntemleriyle entegrasyon potansiyelini ve gelişen teknolojilerle (örneğin yapay zeka ve veri analitiği) nasıl birleştirilebileceğini tartışmaktadır.

❖ Akademik ve Pratik Katkıları:

- Araştırmacılar için yeni çalışmalara ilham verebilecek bilgi ve veri kaynakları sunmaktadır.
- Uygulayıcılar için stratejik karar alma süreçlerini daha etkin kılacak yöntem önerileri ve yönlendirmeler içermektedir.

Bu katkılar hem akademik camiayı hem de pratik uygulamaları etkileyerek, BÇKKV literatürünün daha geniş bir perspektifle değerlendirilmesine olanak tanımaktadır.

Araştırma Boşlukları

Bulanık küme ve ÇKKV yöntemleri, literatürde geniş bir uygulama yelpazesine sahip olsa da mevcut çalışmaların incelenmesi bazı önemli boşlukların bulunduğunu göstermektedir:

❖ Farklı Disiplinlerdeki Uygulama Eksikliği:

- BÇKKV yöntemleri, enerji, sağlık ve lojistik gibi belirli alanlarda yoğun şekilde kullanılmış olsa da eğitim, akıllı şehir planlaması, biyoteknoloji ve siber güvenlik gibi yenilikçi ve yükselen disiplinlerdeki uygulamaları yeterince araştırılmamıştır.
- Özellikle bu yöntemlerin dijitalleşme, yapay zeka ve büyük veri gibi modern teknolojilere adaptasyonu sınırlı kalmıştır.

❖ Yöntemlerin Birlikte Kullanımı ve Karşılaştırılması:

- Literatürde bulanık TOPSIS, bulanık AHP, bulanık VIKOR gibi popüler yöntemlerin yoğun olarak kullanıldığı görülmektedir. Ancak, bu yöntemlerin birlikte entegrasyonu veya karşılaştırmalı üstünlüklerinin kapsamlı analizleri nadiren gerçekleştirilmiştir.
- Mevcut çalışmalar genellikle tek bir yönteme odaklanmakta, bu da alternatif yöntemlerin potansiyel faydalarının göz ardı edilmesine neden olmaktadır.

❖ Duyarlılık Analizlerinin Azlığı:

- BÇKKV yöntemlerinin sonuçlarının duyarlılık analizleri ile test edilmesi literatürde sınırlı sayıda ele alınmıştır. Parametrelerin ve ağırlıkların değişiminin sonuçlara etkisini inceleyen çalışmaların sayısının artırılması gerekmektedir.

❖ Dinamik Karar Verme Problemleri:

- BÇKKV yöntemleri genellikle statik bir karar verme ortamında incelenmektedir. Oysa, dinamik karar verme süreçleri (örneğin, değişen çevresel koşullar veya gerçek zamanlı veri akışı) için uygulanabilirlikleri yeterince araştırılmamıştır.

❖ Bilimsel Haritalamaların Eksikliği:

- Literatürdeki eğilimlerin, boşlukların ve gelecekteki potansiyel yönlerin sistematik bir bibliyometrik analizle haritalandırıldığı çalışma sayısı sınırlıdır.
- Özellikle, bilimsel ağların ve uluslararası iş birliklerinin detaylı incelemeleri eksik kalmaktadır.

Bu araştırma boşluklarının giderilmesi, bulanık küme ve BÇKKV yöntemlerinin hem teorik hem de uygulamalı yönlerinin daha derinlemesine anlaşılmasını sağlayacaktır. Çalışmamız, bu boşluklara dikkat çekerek, literatürdeki durumu değerlendirmeyi ve araştırmacılara yeni yönler sunmayı hedeflemektedir.

Literatür Taraması

BÇKKV yöntemleri, karmaşık ve belirsiz ortamlarda karar alma süreçlerini desteklemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu bölümde, alanla ilgili önemli çalışmaların bibliyometrik analizleri ele alınarak, temel katkılar, araştırma trendleri ve gelecekteki yönelimler değerlendirilmiştir.

Blanco-Mesa vd. (2017) tarafından yapılan çalışma, bulanık karar verme alanındaki temel katkıları bibliyometrik bir yaklaşımla incelemiştir. Çalışma, önde gelen yazarları, dergileri ve kurumları belirlemekte, VOSviewer yazılımı ile bu alandaki ana trendleri haritalandırmaktadır. Bulgular, ABD'nin alanın geleneksel lideri olduğunu, ancak son yıllarda Asya kökenli araştırmacıların öne çıktığını göstermektedir.

Liu ve Liao (2017) ise, 1970-2015 yılları arasında bulanık karar verme ile ilgili araştırmaları kapsayan bir bibliyometrik analiz yapmış ve alanın zaman içindeki evrimi ile öne çıkan ülkeleri ve kurumları ortaya koymuştur. Araştırma için, İran, Tayvan ve Türkiye gibi gelişen ekonomilerin bu alandaki aktif katılımına dikkat çekmektedir.

Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHP), bulanık küme teorisinin en yaygın uygulamalarından biridir. Castelló-Sirvent ve arkadaşları (2022), BAHP üzerine yapılan çalışmalara odaklanmış ve PRISMA yöntemini izleyerek 1994-2022 arasındaki 2086 makaleyi incelemiştir. Bu analiz, tematik kümeleşme, akademik diyalogun evrimi ve iş birliği ağlarına dikkat çekmiş ve yayın fırsatlarının belirlenmesine katkıda bulunmuştur.

BÇKKV yöntemlerinin sektörel uygulamalarından biri olan turizm ve konaklama sektörü, son yıllarda önemli araştırmaların odak noktalarından biri olmuştur. Liao ve arkadaşları (2023), bu alanda BÇKKV yöntemlerinin uygulanışını incelemiş, 1997-2022 arasındaki 85 makaleyi analiz etmiştir. AHP ve TOPSIS metodlarının en yaygın olarak kullanıldığı, turizm değerlendirme, otel seçimi ve turizm destinasyonlarının değerlendirilmesinin başlıca araştırma konuları olduğu belirtilmiştir.

Mühendislik uygulamalarında malzeme seçimi, performans ve sürdürülebilirlik açısından kritik bir karardır. Sahoo ve arkadaşları (2024), malzeme seçiminde kullanılan ÇKKV yöntemlerini kapsayan bir bibliyometrik analiz sunmuş, 2010-2024 arasındaki yayınları incelemiştir. Bulgular, Asya ve Avrupa'nın bu alandaki liderliğini ve ÇKKV yöntemlerinin malzeme seçimindeki artan önemini vurgulamaktadır.

Kumar (2025), MCDM yöntemlerinin tarihsel gelişimini ele alarak analitik hiyerarşi süreci (AHP) ve ideal çözüme benzerlik tekniği (TOPSIS) gibi geleneksel yöntemlerden, yapay zeka (AI), bulanık mantık ve hibrit modellerin entegre edildiği daha karmaşık sistemlere kadar uzanan bir inceleme sunmaktadır. MCDM yöntemlerinin işletme, mühendislik, sağlık ve çevre yönetiminde kullanımını vurgulayan bu çalışma, belirsizlik modelleme, hesaplama karmaşıklığı ve ölçeklenebilirlik gibi temel sınırlamaları ortaya koymaktadır.

Kumar ve Pamučar (2025), 2004-2024 yılları arasında yayınlanan 3.655 hakemli makale üzerinden MCDM'nin evrimini analiz etmektedir. Yapılan bibliyometrik analizler, AHP ve TOPSIS gibi geleneksel yöntemlerin zaman içinde yapay zeka, bulanık mantık ve makine öğrenmesi ile entegre edilerek geliştirildiğini göstermektedir. Çalışma, MCDM yöntemlerinin sürdürülebilir enerji, şehir planlama ve sağlık hizmetleri optimizasyonu gibi alanlardaki artan etkisini vurgulamaktadır. Bununla birlikte, yoksulluğun azaltılması, cinsiyet eşitliği ve biyolojik çeşitliliğin korunması gibi alanlardaki eksikliklerin de altı çizilmektedir. Bu nedenle, MCDM'nin daha disiplinlerarası ve küresel çapta kapsayıcı bir yaklaşım benimsemesi gerekmektedir.

Bhol (2025), siber güvenlik alanında MCDM yöntemlerinin rolünü inceleyerek 2010-2023 yılları arasında yayınlanan 105 makaleyi analiz etmiştir. Bulgular, hibrit yöntemlerin siber güvenlik alanında en yaygın olarak kullanılan yaklaşım olduğunu ortaya koymaktadır. Bu çalışma, MCDM'nin karar alma süreçlerinde siber tehditlerin değerlendirilmesi ve güvenlik önlemlerinin optimize edilmesi açısından kritik bir rol oynadığını göstermektedir.

Valdez ve arkadaşları (2025), Tip-3 Bulanık Mantık Sistemleri (T3FLS) kullanımının artan popülaritesine odaklanarak, bibliyometrik analiz yöntemiyle bu alanın gelişimini incelemiştir. VOSviewer kullanılarak yapılan analizler, T3FLS tabanlı akıllı hesaplama yöntemlerinin giderek yaygınlaştığını ve farklı disiplinlerde uygulama alanı bulduğunu göstermektedir.

Sahoo ve arkadaşları (2025), sürdürülebilir yenilenebilir enerji gelişimi için MCDM yöntemlerinin kullanımını sistematik bir şekilde incelemiştir. Scopus ve Web of Science veritabanlarından elde edilen 4.101 araştırma makalesinin bibliyometrik analizi sonucunda, hibrit MCDM yaklaşımlarının sürdürülebilir enerji planlamasında giderek daha fazla tercih edildiği belirlenmiştir. Ancak, öznel ağırlık ataması ve model belirsizlikleri gibi zorluklar hala devam etmektedir. Gelecekteki çalışmaların, model şeffaflığı ve gerçek dünya uygulamalarına entegrasyon üzerinde yoğunlaşması önerilmektedir.

Bulanık karar verme ve ÇKKV yöntemleri çeşitli disiplinlerde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Literatür taramaları, bu alanın önemli potansiyelini göstermekte ve gelecekteki çalışmalar için bir rehber sunmaktadır. Alanın sürekli gelişimi, yeni yöntemlerin uygulanması ve farklı disiplinlerdeki belirsizliklerin ele alınması ile desteklenebilir. Bu bağlamda, çeşitli sektörlerdeki uygulamalara ve özellikle yenilikçi yaklaşımların geliştirilmesine odaklanmak önem arz etmektedir.

Yöntemler

Bu bölümde, çalışmanın gerçekleştirilmesi için kullanılan veri kaynakları, analiz yöntemleri ve süreçler ayrıntılı bir şekilde açıklanmaktadır. Bibliyometrik analiz yöntemi esas alınarak dört temel aşamada veriler toplanmış, analiz edilmiş ve görselleştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan veri kaynağı olarak, bibliyometrik analizlerde sıklıkla tercih edilen uluslararası Scopus veri tabanı seçilmiştir. Scopus, akademik literatürde geniş bir kapsama sahip olup, dergi performansı, yazar bilgileri ve atıf matrislerini içermesi nedeniyle bibliyometrik analizler için oldukça elverişlidir.

Veriler, 2014-2024 yılları arasını kapsayacak şekilde 1 Aralık 2024 tarihinde toplanmıştır. Veri filtreleme sürecinde, “fuzzy set, multi criteria decision making, mcdm” anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Toplamda 4373 makale, belirlenen dahil etme ve hariç tutma kriterlerine göre değerlendirilmiş ve sonuçta 3477 makale analiz için uygun bulunmuştur.

Tablo 1’de yer alan kriterler doğrultusunda, Scopus veri tabanındaki bilgiler titizlikle filtrelenmiştir. Dahil etme kriterleri, yalnızca dergilerde yayımlanmış, İngilizce yazılmış ve makale türünde olan yayınları kapsarken, hariç tutulan kriterler arasında inceleme yazıları, konferans bildirileri, kitap bölümleri, ön baskılar ve web üzerinden yayımlanan içerikler yer almıştır.

Tablo 1.
Veri Filtreleme Kriterleri

Dahil Edilenler	Anahtar Kelimeler: “fuzzy set” and “multi criteria decision making” or MCDM Doküman Tipi: Makale Yayın Dili: İngilizce Yayın Türü: Dergi Yayınların Tarihi: 2014-2024
Hariç Tutulanlar	İnceleme, konferans bildirileri, kitap bölümleri, ön baskılar, web sitesinde yayınlanan makaleler ve incelemeler, mektuplar

Tablo 1’de seçilen veriler, .csv formatında indirilerek atıf sayısına göre sıralanmıştır.

Bibliyometrik analiz için, açık kaynaklı bir yazılım olan RStudio üzerinden bibliometrics kütüphanesi kullanılmıştır. Bu kütüphane, veri analizi ve görselleştirme süreçlerinde etkili bir araç sunmaktadır. Ayrıca, analiz sonuçlarının bilimsel haritalama teknikleriyle görselleştirilmesi için VOSviewer yazılımı tercih edilmiştir.

Çalışmanın analitik süreci dört temel aşamada gerçekleştirilmiştir:

- ✓ Verilerin Toplanması: Scopus veri tabanından seçilen makaleler, belirlenen dahil etme ve hariç tutma kriterlerine göre filtrelenmiştir.
- ✓ Performans Analizi: Yıllık yayın trendleri, atıf durumları, dergi, yazar ve ülke performansları analiz edilmiştir.

- ✓ Bilimsel Haritalama: Anahtar kelimeler arasındaki bağlantılar, kavramsal yapı haritası, tematik haritalar ve trend analizleri görselleştirilmiştir.
- ✓ Sonuçların Değerlendirilmesi: Analiz sonuçları, araştırmanın temel amaçları doğrultusunda yorumlanmıştır.

Bu aşamalar, literatürün yapısal analizi ve bilimsel eğilimlerin görselleştirilmesi amacıyla sistematik bir şekilde uygulanmıştır.

Bulgular

Çalışmanın ana kütesini 4373 doküman oluşturmaktadır. Çalışmada 2014-2024 yılları arasında; “fuzzy set, multi criteria decision making, mcdm” anahtar kelimeleriyle yapılan filtrelemeler sonucunda örneklem sayısı 3477 olmuştur.

Çalışma, yayınların detaylı bir betimsel analizle değerlendirilmesini, yıllık yayın artış oranının incelenmesini ve yayın başına ortalama atıf sayısının değerlendirilmesini içermektedir. Çalışmada ayrıca yayın ve atıf sayısı bakımından en yüksek üretkenliğe sahip yazar, kurum ve ülke belirlenmekte ve verilerin performans analizi değerlendirilmektedir.

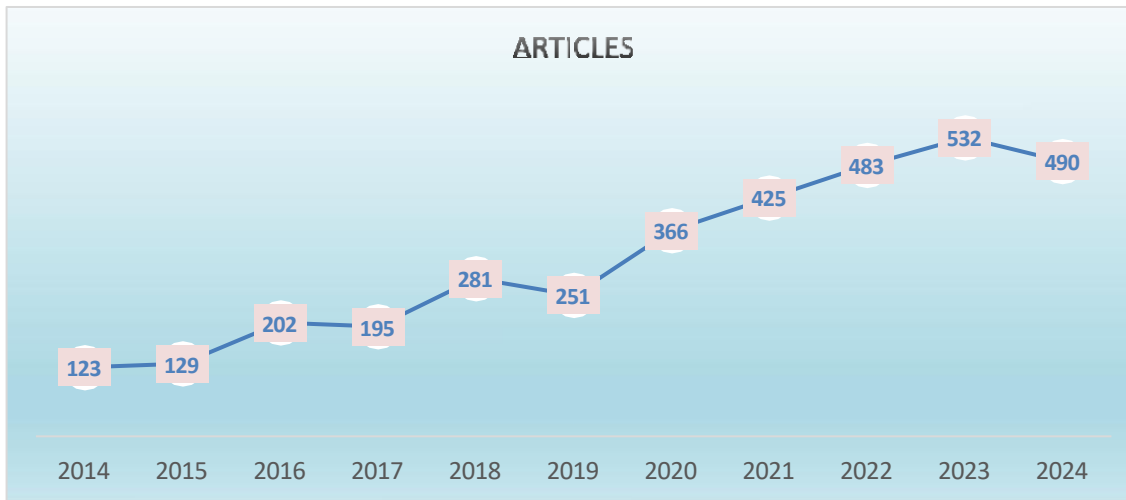
Biblioshiny kullanılarak elde edilen dijital tedarik zinciri için tanımlayıcı analizler gerçekleştirilmiştir. Veri dosyasındaki ana bilgiler Şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1.
Ana Bilgiler

Şekil 1’de incelenen yayın dönemi 10 yıl arasında yer alıyor, bu da modern ve güncel akademik eğilimleri yansıttığını gösterir. 862 farklı kaynaktan makaleler toplanmıştır. Bu da geniş bir literatür taraması yapıldığını ve çeşitli türdeki yayınların analiz edildiğini göstermektedir. 3477 akademik belge analiz edilmiştir. Bu da örneklem büyüklüğünün oldukça geniş olduğunu göstermektedir. Yıllık büyüme oranı %14,82’dir. Bu, alandaki yayınların hızla arttığını ve önemli bir gelişim sürecinde olduğunu göstermektedir. Belge başına ortalama yaş 3,61 yıldır. Bu da yayınların genellikle yeni olduğunu, dolayısıyla alandaki güncel araştırmaların yoğunlukla yer aldığını belirtmektedir. Her bir belge ortalama 27,45 kez atıf almıştır. Bu, yayınların genellikle dikkate değer ve alanda ilgi gören çalışmalar olduğunu göstermektedir. Toplamda 136959 referans kullanılmıştır. Yüksek sayıda referans, geniş bir literatür taraması ve alandaki etkileşimli çalışmalar olduğunu göstermektedir. Yayınlar toplamda 9452 anahtar kelime içermektedir. Bu anahtar kelimeler, alandaki önemli konular ve trendler hakkında bilgi vermektedir. Yazarlar tarafından kullanılan 6987 anahtar kelime de çalışmalarda öne çıkan temalar hakkında bilgi sağlanmaktadır. 5174 farklı yazar çalışmalara katkı sağlamıştır. Bu oldukça geniş bir yazar kitlesini işaret eder. Yalnızca tek başına yazılmış 232 belge bulunmaktadır. Bu, araştırmaların çoğunlukla birden fazla yazar tarafından yazıldığını, ancak yine de bağımsız çalışmalara rastlandığını göstermektedir. 342 tek yazarlı belge var, bu da yazarların bir kısmının tek başına çalışmalarını tercih ettiğini göstermektedir. Ortalama 3,24 co-author (ortak yazar) bulunuyor. Yazarların çoğunluğunun ortak çalışmalara odaklandığı ve çok yazarlı projelerde yer aldığı söylenebilir. Uluslararası işbirliklerinin oranı %29,62. Bu, araştırmaların küresel bir ağda yer aldığını ve uluslararası işbirliklerinin önemli olduğunu göstermektedir.

Şekil 2, “fuzzy set” ve “MCDM” kullanan çalışmaların bibliyometrik analizinde zaman içinde dokümanlardaki büyümeyi göstermektedir.



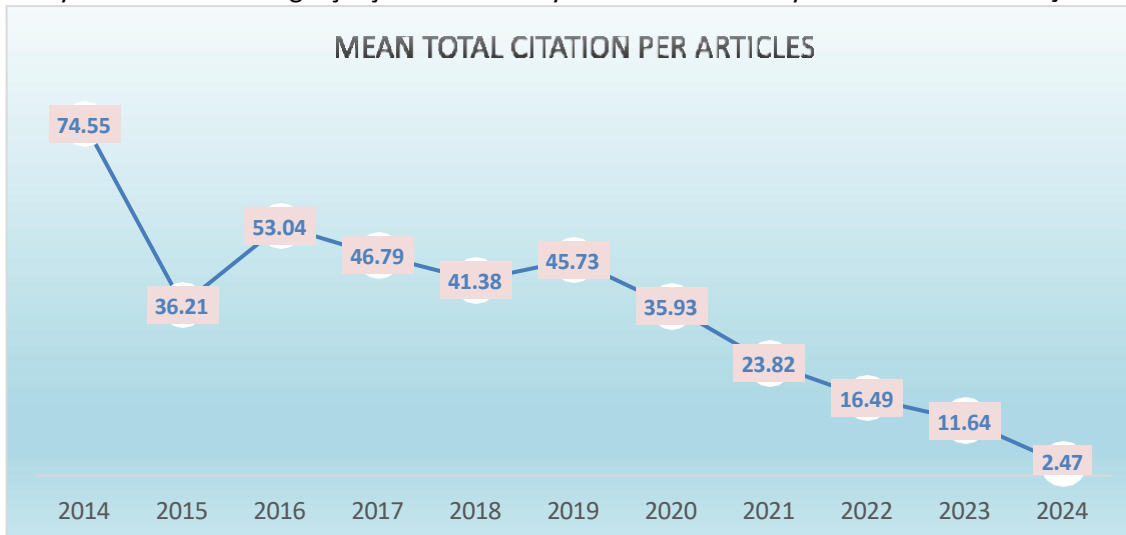
Şekil 2.
Yayınların Yıllık Durumu

Şekil 2, 2014-2024 yılları arasında yayımlanan makalelerin yıllık sayısını göstermektedir. Grafik, makale sayılarındaki genel artışı ve belirli yıllardaki değişimleri ifade etmektedir. Aşağıda bu grafikte ilgili detaylı bir değerlendirme yapılmıştır:

2014-2016: 2014 yılında 123 makale yayımlanmışken, bu sayı 2015'te 129'a ve 2016'da 202'ye yükselmiştir. Bu dönemde, yıllık makale sayılarında hafif ama sürekli bir artış gözlenmiştir. **2017-2019:** 2017 yılında makale sayısı 195'e gerilemiş olsa da 2018'de 281 ve 2019'da 251 makale ile yükselme eğilimi sürmüştür. 2018'deki artış özellikle dikkat çekicidir. **2020-2023:** 2020 yılında 366 olan makale sayısı, 2021'de 425, 2022'de 483 ve 2023'te 532'ye çıkarak zirve noktasına ulaşmıştır. Bu dönem, makale üretiminde en yüksek artışların yaşandığı dönemdir. **2024:** 2024 yılında makale sayısı 490 olarak kaydedilmiş ve bir önceki yıla kıyasla hafif bir düşüş yaşanmıştır. Bunun sebebi henüz 2024 yılının tamamlanmamış olması veya yayın süreçlerindeki gecikmeler olabilir.

İncelenen dönemde bilimsel çalışmalarda belirgin bir artış olduğunu göstermektedir. Özellikle 2020-2023 arasındaki artış, araştırma trendlerinde ve ilgili alandaki bilimsel faaliyetlerde bir yoğunlaşmayı işaret etmektedir. 2024'teki düşüş ise daha ayrıntılı değerlendirme gerektiren bir durumu yansıtmaktadır. Bu durum, veri toplama sürecinde yılın tamamlanmamış olması nedeniyle eksik veri içeriyor olabilir. Grafik, araştırma alanındaki gelişmelerin yıllara göre nasıl şekillendiğini anlamak için önemli bir veri sunmaktadır.

Fuzzy set ve MCDM ile ilgili çalışmalarının bibliyometrik analizinde yıllık atıfların durumu Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.
Atıfların Durumu

Şekil 3, 2014-2024 yılları arasında makale başına düşen ortalama toplam atıf sayısındaki değişimi göstermektedir. Bu eğilim, yıllar içinde makalelerin atıf performansındaki farklılıkları incelemek için önemlidir. Grafikte ilgili detaylı değerlendirme aşağıda sunulmuştur:

2014 yılında makale başına düşen ortalama atıf sayısı 74,55 ile zirveye ulaşmıştır. Bu, o yıl yayımlanan makalelerin alanındaki etkisinin oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Bu yüksek değer, erken yıllardaki makalelerin uzun süredir bilimsel çalışmalarda referans alınmasıyla açıklanabilir. 2015'te atıf sayısı 36,21'e önemli ölçüde düşmüştür. Ancak 2016'da 53,04'e yükselmiş ve ardından 2017-2019 arasında düşüş eğilimi devam etmiştir (2017: 46,79, 2018: 41,38, 2019: 45,73). Bu dalgalanma, yeni makalelerin atıf potansiyellerinin eski makalelere kıyasla daha düşük olabileceğini göstermektedir. 2020'de makale başına ortalama atıf sayısı 35,93 olarak kaydedilmiş ve sonraki yıllarda sürekli azalmıştır (2021: 23,82, 2022: 16,49, 2023: 11,64, 2024: 2,47). 2024'te ortalama atıf sayısının 2,47'ye kadar düşmesi, bu yıl yayımlanan makalelerin henüz yeterince referans alınmadığını veya bu dönemin araştırma etkinliklerinde farklı bir dinamik olduğunu göstermektedir.

Grafik, eski yıllarda yayımlanan makalelerin uzun vadede daha fazla atıf aldığını ve etki yarattığını ortaya koymaktadır. Son yıllarda yayımlanan makalelerdeki atıf düşüşü, henüz yeterli süre geçmediğinden kaynaklanabilir veya araştırma alanındaki rekabetin artışıyla ilişkili olabilir. Ayrıca, 2024'teki düşük atıf oranı, o yılın henüz tamamlanmamış olması nedeniyle tam bir değerlendirme yapmak için yeterli veri içermemektedir. Bu durum, bilimsel çalışmaların yıllara göre etkisini ve zaman içinde değişen atıf dinamiklerini değerlendirmek için önemli bilgiler sunmaktadır.

Tablo 2'de "fuzzy set" and "MCDM" ile ilgili en üretken dergiler ve yayınlanan makale sayıları verilmiştir.

Tablo 2.
En Üretken Dergiler

Sources	Articles
JOURNAL OF INTELLIGENT AND FUZZY SYSTEMS	164
IEEE ACCESS	94
SOFT COMPUTING	94
ADVANCES IN INTELLIGENT SYSTEMS AND COMPUTING	92
LECTURE NOTES IN NETWORKS AND SYSTEMS	90
EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS	85
ENGINEERING APPLICATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE	63
APPLIED SOFT COMPUTING	61
SYMMETRY	57
INTERNATIONAL JOURNAL OF INTELLIGENT SYSTEMS	51

Tablo 2, çalışmada kullanılan kaynakların yayımlandığı dergilere ve bu dergilerdeki makale sayısına ilişkin bir sıralama sunmaktadır. Bu tablo, ilgili araştırma alanındaki temel yayın platformlarını ve bu dergilerin bibliyometrik analiz kapsamındaki katkısını göstermektedir. Değerlendirme şu şekilde yapılabilir:

Journal of Intelligent and Fuzzy Systems 164 makale ile en fazla katkı sağlayan dergi olarak dikkat çekmektedir. Bu durum, söz konusu derginin özellikle bulanık mantık ve zeka sistemleri üzerine yoğunlaşan araştırmalar için önemli bir yayın platformu olduğunu göstermektedir. IEEE Access ve Soft Computing iki dergi de 94'er makale ile bu alanda önemli bir yer tutmaktadır. IEEE Access, geniş bir bilimsel yelpazede erişilebilir makaleler sunarken, Soft Computing dergisi yumuşak hesaplama ve bulanık sistemler gibi konulara odaklanmaktadır. Yayınların büyük bir kısmının "bulanık mantık", "yapay zeka" ve "akıllı sistemler" gibi temalara odaklanan dergilerde yoğunlaşması, araştırma alanının güncel bilimsel ilgi alanlarını yansıtmaktadır. Tablo 2, bibliyometrik analizdeki kaynak dağılımının belirlenmesinde ve bu dergilerin araştırma alanına katkılarının anlaşılmasında faydalı bir araçtır.

"Fuzzy set" and "MCDM" ile ilgili araştırmalara katkıda bulunan yazarların kurumlarının veya iştiraklerinin yayın çıktıları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3.
En Önemli Üniversiteler

Affiliation	Articles
ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY	271
NORTH CHINA ELECTRIC POWER UNIVERSITY	179
CENTRAL SOUTH UNIVERSITY	172
YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY	165
UNIVERSITY OF THE PUNJAB	160
BHARATHIAR UNIVERSITY	119
UNIVERSITY OF BELGRADE	113
SICHUAN UNIVERSITY	107
ISLAMIC AZAD UNIVERSITY	100
UNIVERSITY OF MANAGEMENT AND TECHNOLOGY	95

Tablo 3, farklı kurumların bulanık mantık ve çok kriterli karar verme gibi alanlarda yaptıkları katkıları özetlemekte ve kurumların bu alandaki etkilerini göstermektedir. İşte ilk beş kurumun analizi:

Istanbul Technical University (271 makale): Türkiye’den İTÜ, açık ara en fazla yayına sahip kurum olarak bu alandaki liderliğini göstermektedir. Bu durum, üniversitenin mühendislik ve yapay zeka temelli araştırmalara verdiği önemi yansıtır. North China Electric Power University (179 makale): Çin’in enerji ve teknoloji odaklı üniversitesi, özellikle enerji sistemleri için bulanık mantık uygulamalarında önemli bir yere sahiptir. Central South University (172 makale): Çin’in bir diğer önde gelen üniversitesi hem teorik hem de uygulamalı yapay zeka ve bulanık mantık çalışmalarında aktif katkıda bulunmaktadır. Yıldız Technical University (165 makale): Türkiye’den bir başka güçlü kurum olan Yıldız Teknik Üniversitesi, bulanık sistemler ve çok kriterli karar verme konularında önemli bir aktör olarak dikkat çekmektedir.

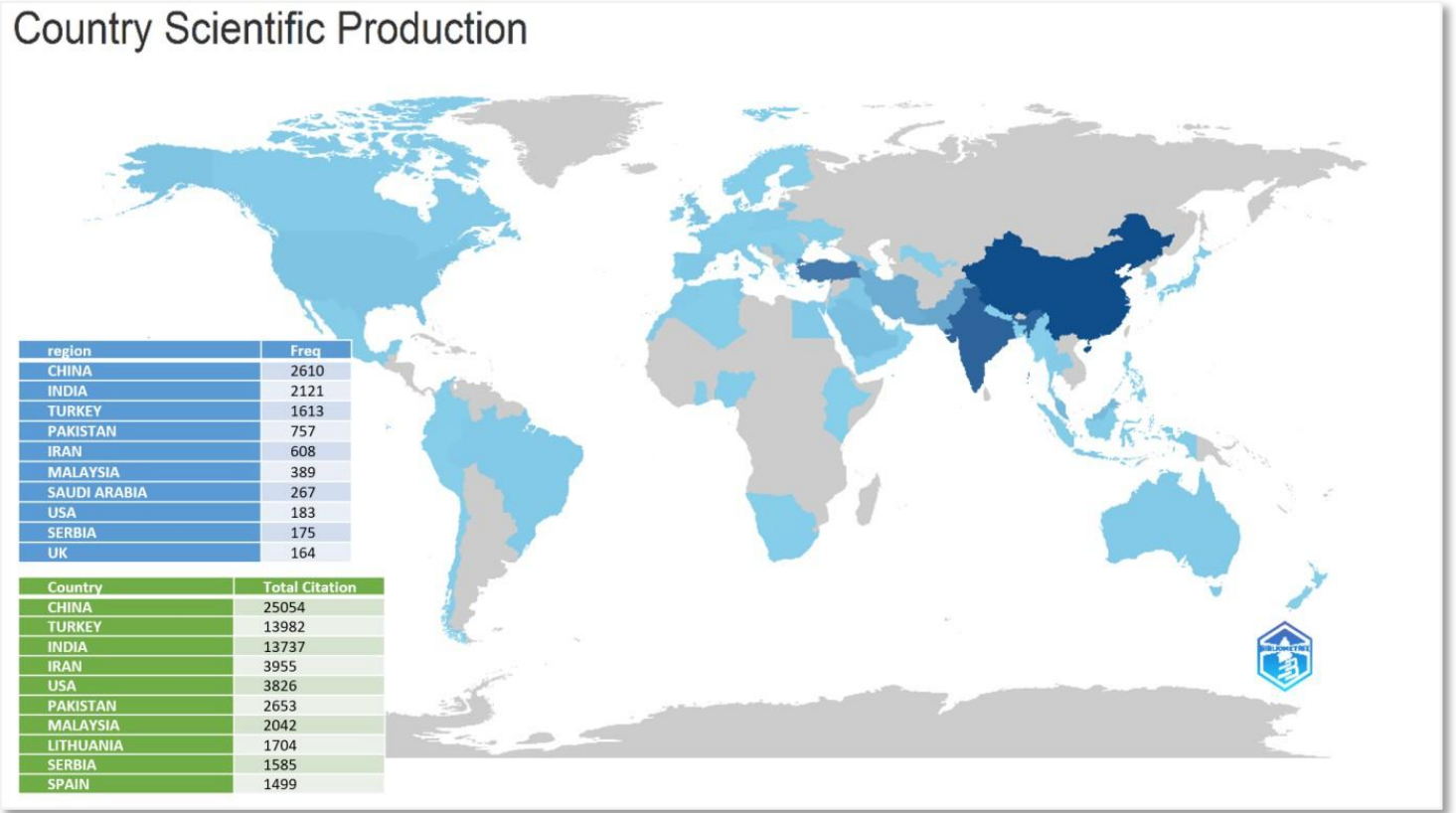
Tablo 4’de ilgili alanda yayınlanan makaleler çerçevesinde, dünya çapında en etkili yazarlar verilmiştir.

Tablo 4.
En Önemli Yazarlar

Yazar	Belge Sayısı
Kahraman C	112
Pamucar D	77
Deveci M	72
Mishra AR	71
Garg H	68
Rani P	65
Riaz M	48
Xu Z	48
Wang J-Q	31
Zavadskas EK	31

Tablo 4’e göre Kahraman C (112 makale): En yüksek yayın sayısı ile Kahraman C, bu alanda önemli bir etkiye sahip olup, özellikle bulanık mantık ve çok kriterli karar verme konularında önde gelen bir araştırmacıdır. Pamucar D (77 makale): İkinci sırada yer alan Pamucar D, genellikle bulanık mantık uygulamaları ve sürdürülebilirlik odaklı karar verme problemleri üzerine yoğunlaşmaktadır. Deveci M ve Mishra AR (72 ve 71 makale): Bu iki yazar hem teorik hem de uygulamalı çalışmalarla alana önemli katkılar sağlamaktadır. Deveci M’nin özellikle lojistik ve tedarik zinciri optimizasyonunda, Mishra AR’nin ise enerji yönetimi koulibiaca etkili çalışmaları olduğu bilinmektedir.

Şekil 4 'de "fuzzy set" ve "MCDM" alanında en üretken ülkeler gösterilmektedir.



Şekil 4.
En Üretken Ülkeler

Şekil 4'deki dünya haritasındaki lacivert renk en çok çalışma yapan ülkeleri temsil eder. Mavi ve tonları daha az sayıda çalışma yapan ülkeleri gri renk ise hiç çalışma yapmayan ülkeleri temsil eder (Demir vd., 2024a).

Şekil 4'deki ilk tabloda en üretken ülkelerin yayın sayıları verilmiştir. Tabloya göre Çin (2610 makale) ve Hindistan (2121 makale): Listenin başında yer alan bu iki ülke, yüksek frekanslarıyla alanın lider bölgeleri arasında öne çıkıyor. Özellikle Çin ve Hindistan'ın, geniş araştırma ağları, üniversiteleri ve mühendislik ile yapay zeka tabanlı çözüm arayışlarındaki güçlü konumları dikkate alındığında, bu yoğunluk oldukça anlamlıdır. Türkiye (1613 makale): Türkiye, bölgesel bir lider konumunda olup, özellikle İstanbul Teknik Üniversitesi ve Yıldız Teknik Üniversitesi gibi kurumların katkılarıyla alanda güçlü bir pozisyona sahiptir. Bu, Türkiye'nin bu alanda akademik olarak etkin olduğunu ve uluslararası yayınlara önemli bir katkı sağladığını göstermektedir. Pakistan (757 makale) ve İran (608 makale): Orta Doğu ve Güney Asya'nın önemli aktörleri olan Pakistan ve İran, özellikle mühendislik ve uygulamalı matematik alanlarında yoğun çalışmalar yürütmektedir. Literatürde bu bölgelerin katkılarının artmakta olduğu gözlenmektedir. Ülkeler arasındaki bilimsel üretkenliği ve makalelere yapılan atıfların toplamı Şekil 4'deki diğer tabloda verilmiştir. Bu tabloda Çin, 25054 toplam alıntı ile en üst sırada yer alırken, Türkiye 13982 alıntı ile oldukça yüksek bir seviyede, dünya çapında önemli bir yer tutuyor. Hindistan ise 13737 alıntı ile Türkiye'ye yakın bir seviyede, bu da Hindistan'ın bilimsel araştırmalarda etkili olduğunu gösteriyor. Öte yandan, İran, ABD, Pakistan ve Malezya gibi ülkeler daha düşük alıntı sayılarıyla dikkat çekiyor, bu da bu ülkelerde bilimsel üretkenliğin genellikle daha sınırlı olduğuna işaret edebilir. Litvanya, Sırbistan ve İspanya gibi ülkeler ise ortalama seviyelerde yer almakta, ancak toplam alıntı sayılarının daha düşük olduğu gözlemleniyor. Bu tür veriler, bilimsel gelişmişlik düzeylerini ve ülkelerin araştırma ve geliştirme alanındaki uluslararası etkilerini anlamamıza yardımcı olabilir. Bu alıntılarının sayısı genellikle bu ülkelerin araştırma kapasitesi, finansman durumu, üniversitelerinin veya araştırma kurumlarının güçlülüğü ve bilimsel işbirliklerinin bir göstergesi olabilir.

En verimli makale, en fazla kümülatif atıf sayısına sahip olandır. Buna göre, en verimli ilk on makale Tablo 5'de sunulmuştur.

Bu kategori, karar verme süreçlerinin odak noktası olduğu ve özellikle çok kriterli karar verme yöntemlerinin (ÇKKV) yoğun olarak kullanıldığı bir alanı işaret ediyor. “Decision making” terimi, alanın temelini oluştururken, “multi-criteria decision making” gibi terimler bu alandaki çok sayıda alternatifi ve kriterin dikkate alındığı karar süreçlerini vurguluyor. Bu, özellikle çevresel, ekonomik ve sosyal faktörleri göz önünde bulundurmaya isteyen karar vericiler için oldukça önemli bir konudur. Ayrıca, “decision support systems” gibi terimler, bilgisayar destekli karar verme süreçlerinin giderek daha yaygın hale geldiğini gösteriyor.

✓ Bulanık Mantık ve Kümeler

“Fuzzy sets” ve “fuzzy logic” terimlerinin yüksek sıklıkta yer alması, karar verme süreçlerinde belirsizlikleri ve doğruluğu artırmak amacıyla bulanık mantık ve kümelerin yaygın olarak kullanıldığını ortaya koyuyor. “Intuitionistic fuzzy sets” gibi daha özel terimler, bulanık mantığın daha gelişmiş versiyonlarının da kullanıldığını ve bu alanda araştırmaların derinleştiğini gösteriyor. Bu tür teknikler, karmaşık sistemlerin belirsizliklerini modellemek için kritik öneme sahiptir ve karar verme süreçlerinde daha esnek ve doğru sonuçlar elde edilmesine yardımcı olabilir.

✓ Yöntemler ve Teknikler

Bu kategorideki terimler, araştırmaların genellikle belirli analiz yöntemlerine ve hesaplama tekniklerine dayandığını gösteriyor. TOPSIS gibi popüler çok kriterli karar verme yöntemlerinin yanı sıra, Analytic hierarchy process gibi hiyerarşik karar verme yöntemleri, karmaşık karar süreçlerinde sıklıkla tercih ediliyor. Ayrıca, mathematical operators ve aggregation operator gibi terimler, karar verme süreçlerinde verileri ve alternatifleri birleştirme, analiz etme yöntemlerinin önemini vurguluyor.

✓ Duyarlılık ve Belirsizlik Analizleri

“Sensitivity analysis” ve “uncertainty analysis”, karar verme süreçlerinde kullanılan kriterlerin değişkenliğini anlamak ve sonuçların doğruluğunu test etmek için kritik öneme sahiptir. Bu terimler, özellikle kararların risk ve belirsizlik altındaki doğruluğunun ne kadar önemli olduğunu ve bu konuda yapılan araştırmaların ne kadar geniş olduğunu gösteriyor. Bu tür analizler, farklı senaryolar altında sonuçların nasıl değiştiğini görselleştirerek, daha sağlam ve güvenilir kararlar alınmasına olanak tanır.

✓ Çevresel ve Sosyal Faktörler

Sustainable development ve risk assessment terimleri, çevresel ve sosyal faktörlerin karar verme süreçlerinde nasıl etkili olduğunu vurguluyor. Bu, özellikle çevresel kararlar ve sürdürülebilir kalkınma stratejileri geliştirilirken, bu alanlarda yapılan araştırmaların giderek arttığını gösteriyor. Sürdürülebilirlik, günümüzün en önemli araştırma alanlarından biri olup, bilimsel çalışmalarda önemli bir yer tutuyor.

✓ Diğer Önemli Kavramlar

Karar verme süreçlerinde çevresel, sosyal ve davranışsal unsurların da dikkate alındığını gösteriyor. “Linguistics” ve “behavioral research” gibi terimler, karar verme sürecinin sadece matematiksel ya da teknik bir süreç değil, aynı zamanda insana dair birçok faktörün de dikkate alındığını ima ediyor. “Artificial intelligence” ve “supply chains” gibi terimler ise, bu süreçlerin giderek daha sofistike hale geldiğini ve yeni teknolojilerin karar verme sistemlerine entegrasyonunu işaret ediyor.

Çok kriterli karar verme ve bulanık mantık yöntemlerinin giderek daha fazla kullanıldığını ve karar süreçlerinde belirsizlik, duyarlılık ve çevresel faktörlerin ne kadar önemli hale geldiğini ortaya koyuyor. Bu alan, sürdürülebilir kalkınma, risk analizi ve yapay zeka gibi konularla birleşerek, oldukça geniş bir araştırma yelpazesine yayılıyor.

“Fuzzy set” and “MCDM” literatüründe 2014'den 2024'e kadar yıllara göre trend olan konuları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6.
En Popüler Konular

İtem	freq	year_q1	year_med	year_q3
mcdm	417	2020	2022	2023
multi-criteria decision making	343	2018	2020	2023
multi-criteria decision-making	318	2019	2022	2023
topsis	228	2018	2020	2022
fuzzy sets	169	2019	2021	2023
intuitionistic fuzzy set	142	2018	2020	2022
intuitionistic fuzzy sets	113	2019	2021	2023
decision making	102	2019	2021	2023
aggregation operators	84	2020	2022	2023
sustainability	65	2022	2023	2023
multi-criteria decision making (mcdm)	64	2017	2019	2022
multicriteria decision making	58	2016	2019	2021
interval type-2 fuzzy sets	57	2017	2019	2022
group decision making	44	2016	2018	2020
fuzzy logic	39	2016	2018	2022
swara	29	2021	2023	2024
Critic	23	2022	2023	2023
Anp	19	2018	2018	2022
optimization	13	2023	2024	2024
intuitionistic fuzzy set (ifs)	11	2016	2017	2020
t-spherical fuzzy sets	9	2024	2024	2024
fmcdm	8	2016	2016	2018
circular intuitionistic fuzzy set	8	2023	2024	2024
dual hesitant fuzzy set	7	2014	2016	2020
linguistic variable	7	2015	2016	2019

Tablo 6'ya göre terimlerin popülaritesinin zaman içinde nasıl değiştiğini, belirli konularda araştırma yoğunluğunun arttığını ve bazı terimlerin daha yeni alanlarda nasıl evrildiği gözlemlenebilir. Verilerdeki terimler, özellikle ÇKKV ve bulanık mantık gibi alanlarda yapılan araştırmaların sıklığına göre sıralanmıştır.

✓ Genel Trendler:

• MCDM

- MCDM terimi 417 sıklığı ile en popüler terim. 2020-2023 yıllarında en çok kullanılmış ve bu süre boyunca giderek daha fazla araştırılmaya başlanmıştır. Bu, karar destek sistemleri, optimizasyon ve sürdürülebilirlik gibi konulara olan artan ilgiyi gösteriyor.
- multi-criteria decision making ve multi-criteria decision-making de yüksek sıklığa sahip ve genellikle benzer yıllarda kullanılmış, bu da ÇKKV'nin çeşitli şekillerde ve alt alanlarda uygulandığını işaret ediyor.

• Bulanık Mantık ve Kümeler

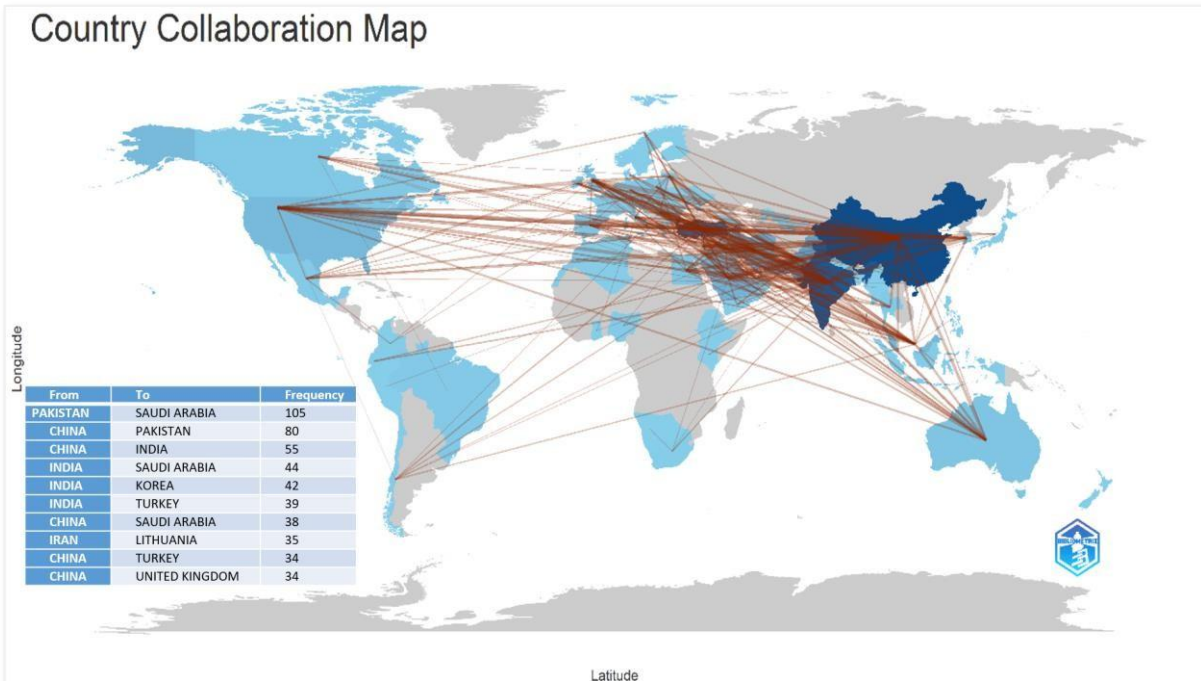
- fuzzy sets ve intuitionistic fuzzy set gibi terimler, özellikle 2021-2023 yıllarında popülerliğini artırmış ve daha karmaşık karar verme süreçlerinde kullanılıyor.
- Interval type-2 fuzzy sets gibi daha gelişmiş bulanık kümeler, 2017-2022 yılları arasında yaygınlaşmış ve belirsizliğin daha iyi modellenmesini sağlamak için kullanılıyor.

✓ Yöntemler ve Teknikler

- TOPSIS terimi, çok kriterli karar verme yöntemleri içinde oldukça yaygın kullanılıyor ve 2018-2022 yılları arasında öne çıkmış. Bu, özellikle mühendislik, işletme ve çevre alanlarında karar verme ve sıralama süreçlerinde tercih edildiğini gösteriyor.
- Aggregation operators, 2020-2023 yılları arasında kullanılarak karar verme sistemlerinde daha sofistike hesaplamalar ve veri birleştirmeleri gerektiğini gösteriyor.
- SWARA ve CRITIC gibi diğer karar verme yöntemleri, daha yeni yıllarda (2021-2024) popülerleşmiş ve alternatif analiz yöntemlerine olan ilginin arttığını gösteriyor.
- ✓ Sürdürülebilirlik ve Çevre Odaklı Araştırmalar
- Sustainability terimi, 2022-2023 yıllarında artan bir ilgi görmüş. Bu, çevresel faktörler, sürdürülebilir kalkınma ve yeşil mühendislik konularının daha fazla araştırıldığını gösteriyor.
- ✓ Yeni ve Gelişen Alanlar
- T-spherical fuzzy sets ve circular intuitionistic fuzzy set gibi daha yeni terimler, 2023 ve 2024 yıllarında araştırma alanına katılmış. Bu, bulanık mantıkta daha sofistike ve geometrik yaklaşımların kullanıldığını ve gelecekteki çalışmalarda bu tür metodolojilerin artan bir önem kazanabileceğini gösteriyor.
- Optimization terimi, özellikle 2023-2024 yıllarında popülerleşmiş ve optimizasyon tekniklerinin karar verme süreçlerinde daha fazla kullanılmaya başlandığını işaret ediyor.

Karar verme süreçlerinde daha sofistike yöntemlerin ve tekniklerin artan kullanımı ile birlikte, çok kriterli karar verme, bulanık kümeler ve karar destek sistemleri gibi alanlarda yoğunlaşan bir araştırma eğilimini ortaya koyuyor. Ayrıca, çevresel faktörlerin ve sürdürülebilirliğin de önemli bir araştırma konusu haline geldiği ve yeni matematiksel yöntemlerin bu alanlarda daha fazla yer bulduğu gözlemleniyor.

Ülkeler arasındaki işbirliği haritası ifadesi, farklı ülkeler arasındaki araştırma işbirliklerini görselleştirmek için Biblioshiny benzeri paket programlarla oluşturulan bir görsel haritalama yöntemidir (Demir vd., 2024a). Şekil 6'da "fuzzy set" ve "MCDM" alanında ülkeler arasındaki işbirliği haritası verilmiştir.

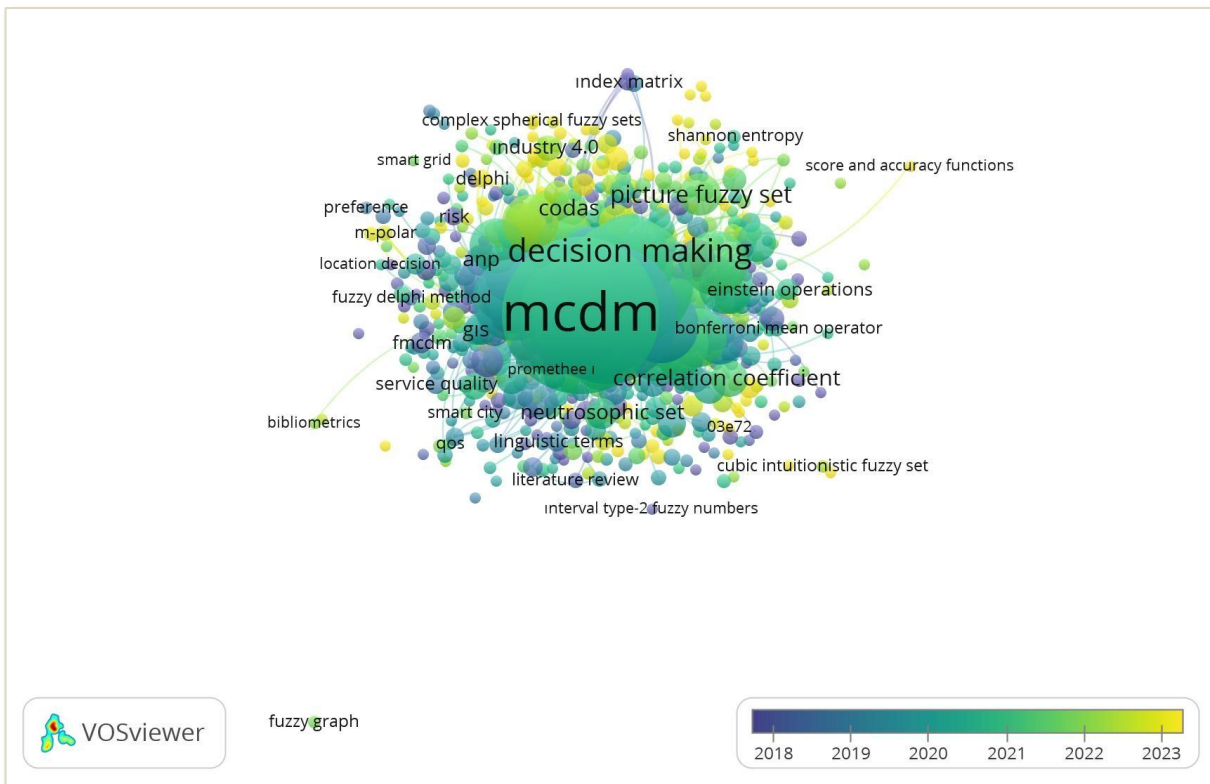


Şekil 6.
Ülkelerin İş Birliği Haritası

Şekil 6'ya göre, ülkeler arasındaki iş birliği haritasında kalın kahverengi çizgiler, bu ülkeler arasında daha yoğun bir iş birliğini temsil etmektedir. Bu çizgiler, ilişkilerin güçlü ve sıkı olduğunu, dolayısıyla bu ülkeler arasında daha fazla etkileşim ve ortak faaliyetlerin gerçekleştirildiğini göstermektedir. Diğer yandan, ince kahverengi çizgiler, ülkeler arasındaki iş birliğinin daha düşük düzeyde olduğunu ve etkileşimlerin sınırlı veya daha seyrek olduğunu ifade etmektedir. Bu harita, ülkeler arasındaki iş birliği seviyelerini görsel olarak karşılaştırmak ve iş birliği ağlarının yoğunluklarını analiz etmek için önemli bir görselleştirme sunmaktadır.

Ülkeler arasındaki bu işbirliğinin sayısını gösteren tabloya göre bu iş birliği verileri, ülkeler arasındaki “fuzzy set” ve “MCDM” metodolojileriyle yapılan çalışmalarla alakalıdır. O zaman bu veriler şu şekilde yorumlanabilir: Pakistan ve Suudi Arabistan arasındaki 105 sıklığı, bu iki ülkenin “fuzzy set” ve “MCDM” uygulamaları konusunda oldukça güçlü bir iş birliğine sahip olduğunu gösteriyor. Çin ve Pakistan arasındaki 80 sıklığı da benzer şekilde önemli bir iş birliğini işaret eder, bu ülkeler büyük olasılıkla ortak projelerle “fuzzy set” ve “MCDM” alanında daha fazla araştırma yapmaktadır. Çin ve Hindistan arasındaki 55 sıklık ise, özellikle Asya’da bu iki büyük ekonominin ve akademik çevrelerinin “fuzzy set” ve “MCDM” gibi karar verme teorileri üzerine yoğunlaştığını gösterebilir. İşbirliği konusunda Çin lider konumundadır.

VOSviewer yazılımı ile “Overlay visualization” sekmesinde anahtar kelimeler yayın yılına göre farklı renklendirilmiş ve literatürde yer aldıkları zaman aralıkları belirlenmiştir. Bu çalışmada, yeni tanıtılan terimler için ortalama (sarı) yayın yılı 2023'tür. Maddelerin renkleri, yayınlanmalarından bu yana geçen süreye göre belirlenmiştir. 2018'den 2023'e kadar olan zaman dilimi (Mavi-Yeşil-Sarı Renk) Şekil 7'de gösterilmektedir. 2016-2022 zaman aralığında kullanılan kelimelerin zaman çizelgesi verilmiştir. Anahtar kelimeler kullanım oranlarına göre mavi, yeşil ve sarı renkleriyle ifade edilmiştir. Lacivert renkle temsil edilen anahtar kelimeler belli zaman aralığında yoğun bir şekilde çalışılmıştır, sarı renkle temsil edilen anahtar kelimeler ise hala literatürde aktif olarak çalışılmaktadır.



Şekil 7.
Anahtar Kelimelerin Zaman Çizelgesi

Şekil 7’de verilen anahtar kelimelerin tarihsel zaman dilimlerine göre kullanımları hakkındaki yorumlar lacivert (2018-2020), yeşil (2020-2022) ve sarı (2022- ...) dönemsel olarak değerlendirilmiştir.

2018-2020 Dönemi:

Bu dönemdeki anahtar kelimeler, belirsizlik ve bulanıklık teorileri çerçevesinde daha klasik ve temel metodolojilerin kullanıldığını göstermektedir. Kullanılan terimler arasında hesitant fuzzy set, interval type-2 fuzzy numbers, triangular fuzzy number, defuzzification ve intuitionistic fuzzy set gibi kavramlar yer almaktadır. Bu metodolojiler, fuzzy set teorisi ve MCDM alanında, belirsizliğin ve karar vericilerin tereddütlerinin daha iyi modellenmesi için kullanılmıştır.

- Hesitant fuzzy set: Karar vericilerin, farklı alternatifler hakkında net bir karar verememesi durumunu ele alır. Bu, genellikle daha karmaşık ve belirsiz veri setlerinde kullanılır.
- Interval type-2 fuzzy numbers: İki düzeyde belirsizliğin olduğu durumlar için kullanılır. Tip-2 fuzzy setler, klasik tip-1 fuzzy setlerin ötesine geçerek daha esnek ve hassas modellemeler yapılmasına olanak tanır.
- Triangular fuzzy number: Bu, daha basit ve yaygın bir fuzzy sayı temsil yöntemidir. Bir alternatife çeşitli değer aralıklarında değerlendirilmesini sağlar.
- Defuzzification: Fuzzy hesaplamalarda elde edilen bulanık sonuçların keskin bir sonuca dönüştürülmesidir. Bu, karar verme süreçlerinde daha somut çıktılar sağlar.
- Intuitionistic fuzzy set: Belirsizlikle birlikte karar vericinin memnuniyetsizlik derecesini de modelleyen bir yapı sunar.

Bu dönemde, karar verme süreçlerinin belirsizliklerini ele almak, karar verici tereddütlerini anlamak ve çoklu kriterli analizlerde daha doğru sonuçlar elde etmek için bu yöntemler daha yoğun bir şekilde kullanılmıştır.

2020-2022 Dönemi:

Bu dönemde kullanılan anahtar kelimeler, daha sofistike ve gelişmiş fuzzy set teorisi metodolojilerine odaklanmaktadır. Pythagorean fuzzy set, spherical fuzzy set, picture fuzzy set, aggregation operators ve rough set gibi kavramlar, daha karmaşık belirsizlikleri ve ÇKKV problemlerini ele almayı amaçlamaktadır.

- Pythagorean fuzzy set: Fuzzy set teorisi içinde belirsizliğin iki düzeyde bir arada olduğu, yani karar vericinin belirli bir olasılıkla doğruluğu ve yanlışlığı ile ifade edilen bir yapı sunar. Bu, karar vericilerin karmaşık duygusal veya mantıksal tercihlerde bulunmasını daha doğru bir şekilde modelleyebilir.
- Spherical fuzzy set: Bu, fuzzy set teorisinin daha geniş bir versiyonudur ve daha yüksek derecede belirsizlik içeren karar süreçlerine adapte olabilen bir yapı sunar.
- Picture fuzzy set: Fuzzy set teorisinin bir başka türevidir ve özellikle görsel verilerle ilişkili belirsizlikleri modellemek için kullanılır.
- Aggregation operators: Bu, birden fazla alternatifi ve kriteri birleştirmek için kullanılan matematiksel araçlardır. Fuzzy çok kriterli karar verme süreçlerinde karar vericiler farklı alternatifler arasında bir seçim yapmak için bu araçları kullanır.
- Rough set: Fuzzy setlerin bir türü olan bu yaklaşım, veri kümesindeki belirsizlikleri ve eksiklikleri ele almak için kullanılır. Fuzzy ve rough set teorilerinin birleşimi, karar verme sistemlerinde daha güçlü analizler yapma imkânı sunar.

Bu dönemde, karmaşık belirsizlik durumlarını modellemek, daha geniş veri küme setlerini işlemek ve alternatiflerin entegrasyonunu optimize etmek adına daha gelişmiş ve entegre yöntemler öne çıkmaktadır.

2022-... Dönemi:

Bu dönemde kullanılan anahtar kelimeler, daha ileri düzey fuzzy set teorisi yaklaşımlarına işaret etmektedir. m-polar, hypersoft set, neutrosophic fuzzy set, complex spherical fuzzy set ve q-rung orthopair fuzzy set gibi kavramlar, ÇKKV alanında yeni nesil ve daha esnek yöntemlerin kullanılmasına olanak tanımaktadır.

- m-polar fuzzy set: Karar vericilerin belirsizliğini daha fazla dereceye kadar modelleyen bir fuzzy set türüdür. Bu, çok boyutlu belirsizliği dikkate alarak daha doğru analizler sağlar.
- Hypersoft set: Bu yöntem, belirsizliğin daha fazla boyutta ele alınmasını sağlayarak çoklu belirsizliğin çözülmesine katkı sağlar.
- Neutrosophic fuzzy set: Fuzzy set teorisinin çok daha geniş bir versiyonudur ve doğru, yanlış ve belirsizlik durumlarını aynı anda modelleyebilir.

- Complex spherical fuzzy set: Bu, çok daha karmaşık belirsizlik modellerinin oluşturulmasına olanak tanır ve çok kriterli karar verme alanında yeni nesil karar destek sistemlerine olanak tanır.
- q-rung orthopair fuzzy set: Bu kavram, fuzzy set teorisinin çok daha geniş ve derin bir versiyonunu ifade eder ve çoklu değerli belirsizliği ele almak için kullanılır.

Bu dönemdeki gelişmeler, fuzzy set teorisinin daha soyut ve ileri düzey modellerle entegrasyonunu göstermektedir ve bu, daha karmaşık, çok boyutlu karar verme sistemlerinde kullanılmaktadır. Bu tür modeller, özellikle yapay zeka ve makine öğrenmesi gibi alanlarda, daha fazla doğruluk ve esneklik sağlar. Bu tarihsel dönemde kullanılan anahtar kelimeler, "fuzzy set" ve "MCDM" yöntemlerinin nasıl evrildiğini ve daha karmaşık, esnek sistemlere doğru yöneldiğini göstermektedir. İlk dönemdeki yöntemler daha temel ve klasik modelleri temsil ederken, sonraki dönemlerde daha karmaşık ve ileri düzey teknikler öne çıkmaktadır. Bu da belirsizliklerin daha doğru modellenmesi, çoklu kriterlerin entegrasyonu ve daha büyük veri küme setlerinin işlenmesi için bu yöntemlerin gücünü arttırmaktadır.

Tartışma

Bu bibliyometrik analiz, ÇKKV ve bulanık mantık konularındaki araştırmaların evrimini kapsamlı bir şekilde sunmaktadır. Çalışma, alanın ne denli hızla geliştiğini ve literatürdeki değişimleri nasıl yansıttığını ortaya koymaktadır. Analiz edilen 3477 doküman, bu alandaki araştırmaların ne kadar geniş bir temele dayandığını ve güvenilir sonuçlar elde etmek açısından önemli bir veri seti oluşturduğunu göstermektedir. Özellikle yıllık büyüme oranının %14,82 olması, bu alandaki artan ilgiyi ve literatürdeki gelişmeleri açıkça ortaya koymaktadır. 2020-2023 yılları arasındaki belirgin artış, özellikle pandemi sonrası dönemde yapılan araştırmaların yoğunluğunu ve ÇKKV ile ilgili çalışmalara olan ilgiyi göstermektedir. Bu dönemdeki artış, pandeminin birçok sektörde dijital dönüşüm ve karar destek sistemlerine duyulan ihtiyacı artırdığını, buna bağlı olarak bu alandaki literatürün hızla büyüdüğünü ortaya koymaktadır. 2024'teki hafif düşüş, yılın henüz tamamlanmamış olmasından ve bu tür yıllık analizlerin tam değerlendirme için daha fazla veri gerektirdiğinden kaynaklanıyor olabilir. Makale başına ortalama 27,45 atıf alması, bu alandaki araştırmaların giderek daha fazla akademik etki yarattığını ve literatürde önemli bir bilgi kaynağı oluşturduğunu göstermektedir. Erken yıllarda yüksek atıf sayılarının gözlemlenmesi, o dönemde yapılan çalışmaların alan üzerindeki etkisini ve bu çalışmaların nasıl referans alındığını açıkça yansıtmaktadır. Ancak, son yıllarda atıf sayılarındaki düşüş, daha yeni çalışmaların henüz zaman içinde yeterince etkili olamadığını ve bu çalışmaların etkisinin zamanla artacağı beklentisini ortaya koymaktadır. Journal of Intelligent and Fuzzy Systems gibi dergilerin öne çıkması, bu alandaki temel yayın platformlarını ve dergilerin hangi konularda yoğunlaştığını göstermektedir. Bu dergilerdeki yoğun yayınlar, belirli bir temaya derinlemesine odaklanıldığını ve araştırmaların çoğunlukla bulanık mantık, çok kriterli karar verme ve yöntemler üzerine yoğunlaştığını ortaya koymaktadır. Bu durum, alanın gelişmeye devam ettiğini ve belirli tekniklerin sürekli olarak güncellendiğini işaret etmektedir. Ayrıca, Yager RR'nin 2014 yılında IEEE Transactions on Fuzzy Systems dergisinde yayımladığı "Pythagorean Membership Grades in Multicriteria Decision Making" başlıklı makale öne çıkmaktadır. Bu makale, ÇKKV ve bulanık mantık uygulamaları üzerine yapılan araştırmalara önemli bir referans kaynağı sunmakta ve alandaki önemli bir dönüm noktası olarak kabul edilmektedir. İstanbul Teknik Üniversitesi'nin bu alandaki en fazla yayına sahip olması, Türkiye'deki mühendislik temelli araştırmaların gücünü ve bu üniversitenin alandaki liderliğini vurgulamaktadır. Çin üniversitelerinin de bu alandaki önemli katkıları, özellikle çok kriterli karar verme ve sürdürülebilirlik gibi konularda küresel boyutta etkili çalışmalar yürütüldüğünü göstermektedir. Bu durum, ÇKKV ve bulanık mantık üzerine yapılan araştırmaların sadece yerel değil, küresel bir düzeyde de önemli etkiler yarattığını ortaya koymaktadır. Kahraman C'nin bu alandaki en etkili yazar olarak öne çıkması, onu alandaki önemli bir referans noktası yapmaktadır. Bu yazarlık etkisi, alandaki temel literatürün şekillenmesine yardımcı olmakta ve gelecekteki araştırmalara ilham vermektedir.

Kelime bulutu görselleşmesi, araştırma alanındaki en sık kullanılan anahtar kelimeleri vurgulamaktadır. "Karar Verme ve Karar Destek Sistemleri", "Bulanık Mantık ve Kümeler", "Hassasiyet ve Belirsizlik Analizleri" gibi terimler, araştırmaların hangi konulara yoğunlaştığını açıkça göstermektedir. Ayrıca, ÇKKV, Fuzzy Sets, Intuitionistic Fuzzy Sets ve Sustainability gibi terimler, yıllar içinde artan araştırma yoğunluğunu ve bu konuların nasıl popülerleştiklerini göstermektedir. Ülkeler arasındaki iş birliği haritası, belirli ülkeler arasındaki yoğun iş birliğini açıkça ortaya koymaktadır. Örneğin, Pakistan ve Suudi Arabistan arasındaki güçlü iş birliği, bu ülkeler arasındaki araştırma faaliyetlerinin artan bir iş birliğine dayandığını ve bu ülkelerin ÇKKV araştırmalarında birbirlerine olan katkılarını vurgulamaktadır. Ayrıca, ülkeler arasındaki iş birliği sıklığına dair veri, farklı bölgelerdeki araştırma ekiplerinin nasıl küresel bir ağ oluşturduğunu ve alanın çok uluslu bir yapıya dönüştüğünü göstermektedir. Anahtar kelimelerin zaman içindeki popülerliğinin analiz edildiği zaman çizelgesi, araştırma alanındaki

gelişmeleri ve yenilikleri takip etmenin önemini ortaya koymaktadır. 2023 yılı, yeni tanıtılan terimlerin zirve yaptığı yıl olarak öne çıkmaktadır. Bu analiz, araştırma alanındaki önemli gelişmeleri zaman içinde izlemeyi sağlayarak, akademik dünyadaki yenilikçi eğilimleri anlamamıza yardımcı olmaktadır.

Bulgular, bu alandaki araştırmaların artan ilgisini ve etkinliğini açıkça ortaya koymaktadır. ÇKKV, bulanık mantık, sürdürülebilirlik ve çevresel faktörler gibi konular, özellikle son yıllarda daha fazla ilgi görmüş ve bu araştırmaların küresel etkisi giderek artmıştır. Bu çalışma, alandaki araştırma trendlerini takip edenler için zengin bir veri sunmakta ve mevcut çalışmaların hangi konularda yoğunlaştığını, hangi ülkelerin lider olduğunu ve araştırmaların hangi dergilerde yayımlandığını ayrıntılı bir şekilde göstererek gelecekteki çalışmalar için önemli bir kaynak oluşturmaktadır.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, bulanık küme ve ÇKKV alanlarının literatürdeki evrimini inceleyerek bu alanlardaki araştırmaların gelişen eğilimlerini ve metodolojik ilerlemeleri gözler önüne sermiştir. Çalışmanın bulguları, bu alanların karar destek sistemlerinde, özellikle belirsizliklerin yönetilmesinde, önemli bir rol oynadığını ve gelecekteki uygulamalar için geniş bir potansiyel sunduğunu göstermektedir.

Bulanık Küme ve ÇKKV Yöntemlerinin Yaygın Kullanımı: Bulanık küme ve çok kriterli karar verme yöntemleri, son yıllarda daha fazla araştırmacı tarafından benimsenmiş ve farklı uygulama alanlarında kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemler, belirsiz ve karmaşık karar süreçlerini daha iyi modelleme kapasitesine sahip olup, özellikle çevresel, ekonomik ve sosyal faktörlerin değerlendirilmesinde güçlü araçlar sunmaktadır.

Yeni Yöntemlerin Yükselişi: Literatürde interval type-2 fuzzy sets ve t-spherical fuzzy sets gibi yenilikçi yöntemlerin artan kullanımı, karar verme süreçlerindeki belirsizliği daha hassas bir şekilde modelleme ihtiyacını ortaya koymaktadır. Bu yeni yöntemler, özellikle karar vericilerin daha dinamik ve esnek çözümler üretebilmelerini sağlamaktadır.

Ülkeler Arası İşbirliğinin Güçlenmesi: Ülkeler arası iş birlikleri, karar verme ve fuzzy set araştırmalarındaki uluslararası katkılarının hızla artmasını sağlamaktadır. Pakistan, Suudi Arabistan ve Çin, bu alandaki lider konumlarını sürdürmekte olup, diğer ülkelerle geliştirdikleri iş birlikleriyle küresel ölçekte daha etkili ve verimli araştırmalar yapmaktadırlar.

Sürdürülebilirlik ve Çevresel Faktörler: Karar destek sistemlerinde çevresel ve sosyal faktörlerin giderek daha fazla dikkate alınması, sürdürülebilirlik konusunun öneminin arttığını ve gelecekte bu alandaki çalışmaların daha fazla bu odak etrafında şekilleneceğini göstermektedir.

Öneriler şu şekildedir:

Yeni Yöntemlerin Uygulama Alanları: Interval type-2 fuzzy sets ve t-spherical fuzzy sets gibi daha gelişmiş yöntemlerin kullanımı, karar destek sistemlerinin doğruluğunu ve güvenilirliğini artıracaktır. Gelecekteki çalışmalar, bu yöntemlerin çeşitli sektörlerde nasıl daha etkili bir şekilde uygulanabileceğini araştırmalıdır.

Çok Disiplinli Araştırmaların Teşviki: Çevresel, ekonomik ve sosyal faktörlerin karar verme süreçlerine entegrasyonunu daha kapsamlı bir şekilde ele alan çok disiplinli araştırmalar önem kazanmaktadır. Bu, karar verme süreçlerinde daha kapsamlı ve sürdürülebilir çözümler üretmeye olanak tanıyacaktır.

Uluslararası İşbirliklerinin Artırılması: Global düzeyde yapılan iş birlikleri, fuzzy set ve ÇKKV alanındaki bilgi paylaşımını hızlandırarak araştırmaların daha geniş bir perspektife sahip olmasına katkı sağlayacaktır. Araştırmacılar, farklı ülkeler arasında ortak projeler geliştirerek, bilimsel bilgi ve deneyimlerini paylaşmalıdır.

Sürdürülebilir Kalkınma ve Yeşil Enerji: Sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin karar süreçlerine entegrasyonu, çevre dostu teknolojilerin ve uygulamaların karar verme süreçlerinde daha fazla yer bulmasını sağlayacaktır. Gelecek çalışmalar, bu alandaki yenilikçi yaklaşımları ve uygulamaları ön plana çıkararak sürdürülebilirlik alanında daha etkin çözümler sunmalıdır.

Bu bulgular, “fuzzy set” ve “MCDM” yöntemlerinin karar destek sistemlerindeki rolünü derinlemesine anlamamıza yardımcı

olmakta ve bu metodolojilerin gelecekteki uygulamalarına yönelik önemli rehberlik sağlamaktadır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

Finansal Destek: Yazar, bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: The author have no conflicts of interest to declare.

Financial Disclosure: The author declared that this study has received no financial support.

Kaynaklar

- Atanassov, K. (2016). Intuitionistic fuzzy sets. *International Journal Bioautomation*, 20, 1.
- Atanassov, K. T. (2017). Type-1 fuzzy sets and intuitionistic fuzzy sets. *Algorithms*, 10(3), 106. <https://doi.org/10.3390/a10030106>
- Bhol, S.G. (2025). Applications of multi criteria decision making methods in cyber security. in: choudhury, A., Kaushik, K., Kumar, V., Singh, B.K. (eds) *Cyber-Physical Systems Security. Studies in Big Data*, vol 154. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-5734-3_11
- Blanco-Mesa, F., Merigó, J. M., & Gil-Lafuente, A. M. (2017). Fuzzy decision making: A bibliometric-based review. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 32(3), 2033-2050. <https://doi.org/10.3233/JIFS-161640>
- Castelló-Sirvent, F., Meneses-Eraso, C., Alonso-Gómez, J., & Peris-Ortiz, M. (2022). Three decades of fuzzy AHP: A bibliometric analysis. *Axioms*, 11(10), 525. <https://doi.org/10.3390/axioms11100525>
- Chatterjee, P., & Chakraborty, S. (2014). Investigating the effect of normalization norms in flexible manufacturing sytem selection using multi-criteria decision-making methods. *Journal of Engineering Science & Technology Review*, 7(3). <https://doi.org/10.25103/jestr.073.23>
- Chen, C. T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114(1), 1-9. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(97\)00377-1](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(97)00377-1)
- Demir, G., Chatterjee, P., & Pamučar, D. (2024a). Sensitivity analysis in multi-criteria decision-making: A state-of-the-art research perspective using bibliometric analysis. *Expert Systems with Applications*, 237, 121660. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.121660>
- Demir, G., Chatterjee, P., Kadry, S., Abdelhadi, A., & Pamučar, D. (2024b). Measurement of alternatives and ranking according to Compromise Solution (MARCOS) Method: A Comprehensive bibliometric analysis. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 7(2), 313-336. <https://doi.org/10.31181/dmame7220241137>
- Demir, G., Chatterjee, P., Zakeri, S., & Pamučar, D. (2024c). Mapping the evolution of multi- attributiveborder approximation area comparison (MABAC) method: A bibliometric analysis. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 7(1) 290-314. <https://doi.org/10.31181/dmame7120241037>
- Kahraman, C., Kaya, İ., & Cebi, S. (2009). A comparative analysis for multiattribute selection among renewable energy alternatives using fuzzy axiomatic design and fuzzy analytic hierarchy process. *Energy*, 34(10), 1603-1616. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.07.008>
- Kumar, R. (2025). A Comprehensive review of MCDM methods, applications, and emerging trends. *Decision Making Advances*, 3(1), 185-199. <https://doi.org/10.31181/dma31202569>
- Kumar, R., & Pamučar, D. (2025). A Comprehensive and systematic review of Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) Methods to solve decision-making problems: Two decades from 2004 to 2024. *Spectrum of Decision Making and Applications*, 2(1), 178-197. <https://doi.org/10.31181/sdmap21202524>

- Liao, H., Yang, S., Kazimieras Zavadskas, E., & Škare, M. (2023). An overview of fuzzy multi-criteria decisionmaking methods in hospitality and tourism industries: bibliometrics, methodologies, applications and future directions. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 36(3). <https://doi.org/10.1080/1331677X.2022.2150871>
- Liu, W., & Liao, H. (2017). A bibliometric analysis of fuzzy decision research during 1970–2015. *International Journal of Fuzzy Systems*, 19, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s40815-016-0272-z>
- Mendel, J. M. (2007). Type-2 fuzzy sets and systems: an overview. *IEEE computational intelligence magazine*, 2(1), 20-29. <https://doi.org/10.1109/MCI.2007.380672>
- Moore, R., & Lodwick, W. (2003). Interval analysis and fuzzy set theory. *Fuzzy sets and systems*, 135(1), 5-9. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(02\)00246-4](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(02)00246-4)
- Opricovic, S., & Tzeng, G. H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European journal of operational research*, 156(2), 445-455. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00020-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00020-1)
- 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. <https://doi.org/10.3390/sym10090393>
- Ramot, D., Milo, R., Friedman, M., & Kandel, A. (2002). Complex fuzzy sets. *IEEE transactions on fuzzy systems*, 10(2), 171-186. <https://doi.org/10.1109/91.995119>
- Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation*: McGraw-Hill. New York.
- Sahoo, S. K., Choudhury, B. B., & Dhal, P. R. (2024). A bibliometric analysis of material selection using ÇKKV methods: trends and insights. *Spectrum of Mechanical Engineering and Operational Research*, 1(1), 189-205. <https://doi.org/10.31181/smeor11202417>
- Sahoo, S. K., Choudhury, B. B., Dhal, P. R., & Hanspal, M. S. (2025). A Comprehensive review of Multi-criteria Decision-making (MCDM) toward sustainable renewable energy development. *Spectrum of Operational Research*, 2(1), 268-284. <https://doi.org/10.31181/sor21202527>
- Triantaphyllou, E. (2000). *Multi-Criteria decision making methods: A Comparative Study*. Springer.
- Tzeng, G. H., & Huang, J. J. (2011). *Multiple attribute decision making: methods and applications*. CRC press.
- Valdez, F., Castillo, O., & Melin, P. (2025). A Bibliometric Review of Type-3 Fuzzy Logic Applications. *Mathematics*, 13(3), 375. <https://doi.org/10.3390/math13030375>
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338-353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)