

BULANIK ARAS (B-ARAS) YÖNTEMİNİN SİSTEMATİK BİR İNCELEMESİ VE META-ANALİZİ

A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS OF FUZZY ARAS (ARAS-F) METHOD

Dr. Hüseyin Fatih ATLI

İskenderun Teknik Üniversitesi, Üretim Yönetimi ve Pazarlama,
hfatih.atli@iste.edu.tr

Hatay / Türkiye

ORCID: 0000-0002-1397-1514

Özet

Belirsizlik ortamında problemlerin çözümünde çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri karar vericilere ve uygulayıcılara yardımcı olmaktadır. Bir ÇKKV problemi, niteliksel ve niceliksel kriterlere dayalı olarak bir dizi potansiyel alternatifin değerlendirilmesini içerir. Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri, fayda derecesini belirlemek ve öncelik sırasını belirlemek için etkin bir şekilde uygulanabilir. ARAS yöntemi de bu yöntemlerden biridir. Uzmanlar tarafından ARAS, belirsizliklerin üstesinden gelebilmek ve daha net çözümler elde edebilmek için bulanık mantık yaklaşımı ve ARAS yöntemi birlikte kullanılmaktadır. Bu problemlerin çözümü, büyük ölçüde karar vericilerin değerlendirmelerine ve tercihlerine bağlı olmaktadır. Bulanık ARAS (B-ARAS) yöntemi, alternatiflerin sıralanmasında yüksek doğruluk ve tutarlılığa sahip olması nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada ÇKKV yöntemlerinden bulanık ARAS (B-ARAS) metodolojisinin pratik bir uygulamasını sunmak amacıyla ele alınmıştır. Bununla ilgili olarak Web of Science, Scopus ve Google Scholar gibi önemli veri tabanları aday gösterilerek "PRISMA" adı verilen sistematik ve meta-analiz yöntemi önerilmiştir. Bu çalışmada karar vericilere ve uygulayıcılara bulanık ARAS (B-ARAS) yöntemi metodolojisinin pratik bir uygulama rehberi oluşturulmuştur. Çalışma, doğrulanmış anahtar kelimeler kullanılarak çeşitli literatür platformlarından alınan tam metin makaleleri içerir. Makaleler, bulanık yöntemle ARAS (ARAS-F) metodolojisinin araştırma sonuçlarını ortaya koymak için gözden geçirilir. Çalışma, bulanık yöntemle ARAS (ARAS-F) metodolojisi ile karar vericilerin daha fazla sektörel uygulamalara odaklanması gerektiğini önermektedir. Çalışma, bulanık ARAS (B-ARAS) metodolojisinin pratik bir uygulamasına karar vericilerin ve ilgililerin dikkatini çekmeyi sağlar. Bulanık ARAS (B-ARAS) metodolojisi ve temel prensiplerine genel bir bakış; akademisyenler ve karar vericiler için yol göstericidir.

Anahtar Kelimeler: Pazarlama, ÇKKV, Bulanık ARAS, B-ARAS, PRISMA.

Abstract

Multi-criteria decision making (MCDM) methods help decision makers and practitioners in solving problems in an environment of uncertainty. Solving an MCDM problem involves evaluating a set of potential alternatives based on qualitative and quantitative criteria.

Multi-criteria decision making (MCDM) methods can be effectively applied to determine the degree of benefit and prioritize. ARAS method is one of these methods. ARAS, fuzzy logic approach and ARAS method are used together by experts to overcome uncertainties and obtain clearer solutions. The solution to these problems largely depends on the evaluations and preferences of decision makers. Fuzzy ARAS (ARAS-F) method is widely used due to its high accuracy and consistency in ranking alternatives. In this study, it is discussed in order to present a practical application of the fuzzy ARAS (ARAS-F) methodology, one of the MCDM methods. Regarding this, important databases such as Web of Science, Scopus and Google Scholar were nominated and a systematic and meta-analysis method called "PRISMA" was proposed. In this study, a practical application guide of the fuzzy ARAS (ARAS-F) method methodology has been created for decision makers and practitioners. The study includes full-text articles retrieved from various literature platforms using verified keywords. Articles are reviewed to reveal the research results of the fuzzy ARAS (ARAS-F) methodology. The study suggests that decision makers should focus more on sectoral applications with the fuzzy ARAS (ARAS-F) methodology. The study allows to draw the attention of decision makers and stakeholders to a practical application of the fuzzy ARAS (ARAS-F) methodology. an overview of the fuzzy ARAS (ARAS-F) methodology and its basic principles; It is a guide for academics and decision makers.

Keywords: Marketing, MCDM, fuzzy ARAS, ARAS-F, PRISMA.

1. GİRİŞ

Tipik ÇKKV problemi, her biri aynı anda dikkate alınması gereken farklı karar kriterleri açısından açıkça tanımlanan sınırlı sayıda karar alternatifini sıralama görevi ile ilgilidir (Zavadskas ve Turskis, 2010: 163). Bulanık mantıktan üretilebilen veya bu mantıktan uyarlanabilen ÇKKV teknikleri bulunmaktadır (Sabaei vd., 2015; Siksnelyte vd., 2018; Saaty ve Ergu, 2015; Scott vd., 2012; Kaya vd., 2019; Liu vd., 2019; Mathew ve Sahu, 2018; Vafaei vd., 2016; Greening ve Bernow, 2004; Xu ve Yang, 2001; Ishizaka ve Siraj, 2018; Yannis vd., 2020; Keshavarz-Ghorabae vd., 2018; Jamwal vd., 2021; Yazdani-Chamzini vd., 2013; Krohling vd., 2012; Ustinovichius vd., 2007; Gavade, 2014; Zare vd., 2016; Ghorabae vd., 2017; Medineckiene vd., 2015; Penadés-Plà vd., 2016; Peng vd., 2011; de Brito ve Evers, 2016; Ghorabae vd., 2016; Lee ve Chang, 2018; Vafaeipour vd., 2014; Tahri vd., 2015; Khosravi vd., 2019; Agarwal ve Garg, 2016). ARAS (Additive Ratio ASsesment) yöntemi, ÇKKV problemlerinin çözümünde yeni bir yaklaşım olarak Zavadskas ve Turskis (2010) tarafından sunulmuştur. ARAS yöntemi öznel yargı ve eksik veri nedeniyle belirsizliği yakalayamayabilir (Bayramoğlu, 2022: 58). Buna göre, bulanık mantık mevcut belirsizliği dikkate almaya yarar. B-ARAS lojistik merkez yer seçimi için Zavadskas ve Turskis (2010) tarafından geliştirilmiş bir yöntemdir.

B-ARAS, son yıllarda ekonomi, ulaşım, teknoloji, inşaat ve sürdürülebilir kalkınma alanlarında başarıyla uygulanmakta olan etkili olduğu kanıtlanmış bir bulanık ayrık ÇKKV yöntemidir (Nguyen vd., 2016). Örneğin, B-ARAS'ın önemli uygulamaları arasında, Chatterjee ve Bose (2013b) tarafından önerilen rüzgar çiftliği için tedarikçi seçimi, bir baş muhasebe yetkilisinin seçimi (Keršulienė ve Turskis, 2014a; Keršulienė ve Turskis, 2014b), Zamani vd. tarafından önerilen bir markanın genişletilmesi, İran şirketlerinin mali performansının değerlendirilmesi (Ghadikolaei ve Esbouei, 2014; Ghadikolaei, Esbouei ve Antucheviciene, 2014) ve Doğu Baltık Denizi'nde bir derin su limanının seçimi (Zavadskas, Turskis ve Bagočius, 2015), konveyör ekipmanı değerlendirmesi ve seçimi (Nguyen vd., 2016) sayılabilir. Literatürde yaygın olarak incelenen bulanık kümeler ile genişletilerek oluşturulan ARAS yönteminin bulanık uzantıları da vardır (Karagöz vd., 2021; Büyüközkan ve Güler, 2020a, 2020b; Yıldırım ve Adiguzel Mercangoz, 2020; Gül, 2021; Aydoğdu ve Gül, 2022; Jin vd., 2021; Zagorskas ve Turskis, 2020; Mishra vd., 2022; Rani vd., 2020; Büyüközkan ve Göçer, 2018; Dahooie vd., 2018; Iordache vd., 2019).

1.1. Literatür incelemesi

Menekşe ve Camgöz Akdağ (2021) sismik kırılgenlik değerdendirmesi, karmaşık niteliksel kriterler seti içeren ve uzmanların değerdendirmelerini nicel, sistematik ve ölçülebilir bir biçimde sunabilen ve sürecin belirsiz ve bulanık yapısını modele yansıtan bir model önermiştir. Fu, Wu ve Liao (2021) havayolu endüstrisinde uçuş sırasında gümrüksüz ürün için en iyi tedarikçiyi seçmek için yeni bir entegrasyon B-AHP, B-ARAS ve çok bölümlü hedef programlama yöntemleri önermektedir. Akpınar (2022) ÇKKV yöntemine dayalı olarak B-SWARA ve B-ARAS yöntemleri ile bir firmanın makine alımının uygulaması yapmıştır.

Akpınar (2022) kriter ağırlıklarını B-SWARA yöntemi ile alternatif makinelerin değerdendirilmesinde ise B-ARAS yöntemi ile uygulanmıştır. Heidary Dahooie vd. (2022) B-DEA ve B-ARAS yöntemlerini birleştirerek yenilik odaklı yüksek performanslı insan kaynakları uygulamalarına öncelik vermek için bir çerçeve önermektedir. Baki (2022) yeşil tedarikçi seçim sürecinde dikkate alınacak kriterleri belirlemek, uygun tedarikçileri sıralamak için yapısal eşitlik modellemesi ve bulanık ARAS (B-ARAS) tekniklerini kullanarak entegre bir karar verme yaklaşımı önermiştir.

Rüzgâr çiftlikleri, tüketicilere minimum fiyata güç sağlamak için tasarlanmıştır. Bir rüzgâr çiftliğinin, tatmin edici tedarikçiler olmadan düşük maliyetle başarılı bir şekilde elektrik üretmesi imkânsızdır. Bir rüzgâr çiftliği için doğru satıcı, yani rüzgâr türbini üreticisinin seçimi, yalnızca müşteri gereksinimlerini karşılama ve çiftliğe kar getirme için değil, aynı zamanda maliyet, teslimat, kalite hedefleri ve teknik özellikler gibi farklı kriterlerin yerine getirilmesine de yardımcı olmalıdır (Chatterjee ve Bose, 2013b). Rüzgar enerjisi üretiminin maliyeti doğrudan veya dolaylı olarak doğru tedarikçi seçimine bağlıdır. Chatterjee ve Bose (2013b) kriter ağırlıklarını belirlemek için bulanık küme teorisine ve kriter değerlerini analiz etmek için ARAS yöntemine dayanan bir rüzgar çiftliği için tedarikçilerin seçimi ve sıralaması için bir modeli vurgulamaktadır. Modellerin etkili ve uygulanabilir olduğunu gösteren ve karar vericilere karar vermede daha iyi çözümler sağladığını gösteren bir başka popüler ÇKKV tekniği olan COPRAS ile doğrulanmıştır (Chatterjee ve Bose, 2013b).

Bir finans departmanı, standartlara uymak için ihtiyaç duyduğu şekilde özeldir. Muhasebe personelinin seçiminde organizasyon yetenekleri, yaratıcılık, kişilik ve liderlik gösterimi gibi birçok bireysel özellik göz önünde bulundurulur (Kerşulienė ve Turskis, 2014b). Muhasebe şefi seçiminde örgütsel beceriler, kişilik, liderlik vb. gibi birçok bireysel özellik göz önünde bulundurulur. Kerşulienė ve Turskis (2014a) baş muhasebe yetkilisinin seçiminde ARAS ve AHP yöntemlerini bütünleştiren bir bulanık ÇKKV algoritmasına odaklanmaktadır. Mali yönetim özel bir departmandır; standartlara olan ihtiyaçları diğer departmanlardan farklıdır. Bu nedenle Kerşulienė ve Turskis (2014b) en uygun baş muhasebeciyi bulmak ve teşvik etmek için bir bulanık ÇKKV algoritması, B-ARAS ve AHP kullanılmıştır.

Zamani vd. (2014)'e göre marka genişletme, pazarlamadaki en popüler stratejilerden biridir. Bunun nedeni, tüketicilerin tasarım, kalite ve işlevleri dolaylı olarak yansıttığı için genellikle ilk olarak markayı dikkate almasıdır. Yeni bir ürün için fayda yaratmada ve riski azaltmada markanın önemli rolüne göre, Zamani vd. (2014) marka yayılımında en uygun stratejiyi seçmek için yeni bir model geliştirmeyi amaçlamıştır. Bununla birlikte, olası stratejileri etkileyen bir dizi kriter vardır ve bunlar genellikle birbirine bağlıdır. Zamani vd. (2014) marka yayılımının değerdendirme kriterleri arasındaki birbirine bağlı ilişkileri sistematik olarak netleştirmek ve ardından uygulanabilir stratejileri bilimsel olarak değerdendirmek ve marka genişletme stratejilerinin önceliklerini sıralamak için ANP ve ARAS yöntemlerine dayalı çok kriterli bir karar verme modeli geliştirilmiştir. Önerilen modelin sonuçları, "Üretim maliyetinin" en önemli faktör olduğunu, bunu "Ana markanın kalitesi" ve "Algılanan risk" in takip ettiğini ve "Dondurma" nın marka genişlemesinden en yüksek memnuniyet olduğunu göstermektedir (Zamani vd., 2014).

Zavadskas, Turskis ve Bagočius (2015)'e göre deniz limanları, modern bir ekonominin gelişmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Baltık Denizi, Doğu ve Batı Avrupa arasında bir arteriyel ulaşım koridorudur. Ekonomik ihtiyaçları karşılamak için Klaipeda bölgesinde bir derin deniz limanının geliştirilmesine ihtiyaç vardır (Zavadskas, Turskis ve Bagočius, 2015). Bu problem, aynı anda dikkate alınması gereken çok sayıda gereksinimi ve belirsiz koşulu içerir. Zavadskas, Turskis ve Bagočius (2015) sorunu çözmek için AHP ve B-ARAS yöntemlerine dayalı bütünleşmiş bir ÇKKV modeli önermektedir. Bu model, belirli bir liman veya benzeri bir yer seçimi ile ilgili olarak uygulanabilecek bir karar yardımcı biçimi olarak sunulmaktadır (Zavadskas, Turskis ve Bagočius, 2015).

Mavi (2015)'e göre günümüzün yoğun rekabet ortamında uygun tedarikçilerin seçimi, etkin ve verimli tedarik zinciri yönetimi için oldukça önemli bir karardır. Geçtiğimiz on yıllarda artan çevresel kaygılar göz önüne alındığında, endüstriyel gelişmeye eşlik eden çevre kirliliği sorunlarının tedarik zinciri yönetimi ile birlikte ele alınması gerektiği ve böylece yeşil tedarik zinciri yönetimine katkıda bulunulması gerektiği konusunda bir fikir birliği ortaya çıkıyor (Mavi, 2015). Bu nedenle uzman görüşlerine dayalı olarak yeşil TZY'nin en önemli kriterlerini ortaya koymak ve yeşil tedarikçileri seçmek önemlidir. Mavi (2015) tedarikçi seçim kararları yüksek derecede belirsizlikle karakterize edildiğinden, tanımlanan kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için B-AHP yöntemini, yeşil tedarikçileri sıralamak için de B-ARAS yöntemini uygulamıştır. Sonuçlar, kaynak tüketiminin yeşil tedarikçi seçiminde en önemli özellik olduğunu göstermektedir (Mavi, 2015).

Rostamzadeh vd. (2017) çalışmalarında küçük-orta ölçekli işletmelerin (KOBİ) belirsizlik altında tedarik zinciri yönetimi performans ölçümünü B-ARAS yöntemi ile değerlendirmek için yeni bir çerçeve sunmuştur. Rostamzadeh vd. (2020) B-ARAS kullanan üçüncü taraf tersine lojistik sağlayıcısının değerlendirilmesi ve seçimi için bulanık bir karar verme yaklaşımı sunmuştur. Jovčić (2020) yük dağıtım konsepti seçim problemini çözmek için ARAS yönteminin gelişmiş bir uzantısı geliştirilmiştir.

Jaukovic Jocic vd. (2020)'e göre bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişimi, çeşitli alanlarda iş yapma şeklimizi kökten değiştirmiş ve değiştirmiştir. Çeşitli türlerde e-öğrenme kurslarının organizasyonunun yanı sıra uzaktan öğrenme platformları geliştirilmiştir. E-öğrenme kurslarının hızlı gelişimi, e-öğrenme ders seçimi ve değerlendirilmesi sorununa yol açmıştır (Jaukovic Jocic vd., 2020). E-öğrenme ders seçimi sorunu ÇKKV yöntemleri kullanılarak çözülebilir. Jaukovic Jocic vd. (2020) e-öğrenme ders seçimi için ÇKKV yöntemlerine ve simetri ilkelerine dayalı kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde PIPRECIA yöntemi, alternatiflerin sıralanması için ise B-ARAS yönteminden oluşan entegre bir yaklaşım önermektedir.

Ulutas (2020)'a göre tedarikçilerin performansı doğrudan ya da dolaylı olarak ilişki içinde oldukları firmaların performansını etkilediğinden, firmalar için en uygun tedarikçi ile çalışmak başarının anahtarı haline gelmiştir. Tedarikçi seçim problemi çözlürken niteliksel ve niceliksel kriterleri içeren birçok farklı kriter dikkate alınmaktadır. Ulutas (2020) en iyi tedarikçiyi seçmek için B-SWARA ve B-ARAS içeren bir entegre modeli önermiştir. B-ARAS tekniğine dayalı çalışmalar Tablo (1)'de gösterilmiştir.

Tablo 1: B-ARAS Tekniğine Dayalı Çalışmalar

Yazarlar	Teknik	Araştırma Amacı
Baki (2022)	Yapısal eşitlik modellemesi ve B-ARAS	Yeşil Tedarikçi Seçimi
Heidary Dahooie vd. (2022)	B-DEA ve B-ARAS	İnovasyon Odaklı Uygulama
Akpınar (2022)	B-SWARA ve B-ARAS	Makine Seçimi
Fu, Wu ve Liao (2021)	B-AHP ve B-ARAS ve çok bölümlü hedef programlama	Tedarikçi seçimi
Menekşe ve Camgöz Akdağ (2021)	Küresel B-ARAS	Sismik Güvenlik Açığı Değerlendirmesi
Ulutas (2020)	B-SWARA ve B-ARAS	Tedarikçi seçim probleminin çözümü
Jaukovic Jovic vd. (2020)	PIPRECIA ve B-ARAS	E-Öğrenim Kursu Seçimi
Jovčić (2020)	Picture B-ARAS	Yük Dağıtım Konsept Seçimi
Rostamzadeh vd. (2020)	B-ARAS	Lojistik sağlayıcılarının değerlendirilmesi ve seçimi
Rostamzadeh vd. (2017)	B-ARAS	Performans ölçümü
Nguyen vd. (2016)	B-AHP ve B-ARAS	Konveyör Ekipmanı
Mavi (2015)	B-AHP ve B-ARAS	Değerlendirmesi ve Seçimi
Zavadskas, Turskis ve Bagočius (2015)	AHP ve B-ARAS	Yeşil tedarikçi seçimi
Keršulienė ve Turskis (2014a); Keršulienė ve Turskis (2014b)	B-AHP ve B-ARAS	Liman seçimi
Zamani vd. (2014)	ANP ve B-ARAS	Muhasebe yetkilisinin seçimi
(Ghadikolaei ve Esbouei (2014)	B-AHP ve B-ARAS	Marka yayılımında en uygun stratejiyi seçmek
Ghadikolaei, Esbouei ve Antucheviciene (2014)	B-VIKOR, B-ARAS ve B-COPRAS	Finansal performans değerlendirilmesi
Chatterjee ve Bose (2013b)	B-ARAS	Finansal performans değerlendirilmesi
Turskis ve Zavadskas (2010)	B-ARAS	Rüzgar çiftliği için tedarikçi seçimi
Turskis vd. (2012)	B-ARAS	Lojistik merkezlerin konumunu seçmek
		Tesis yer seçimi

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

ÇKKV yöntemleri, çeşitli alanların değerini ve fayda derecesini belirlemek ve bunların uygulanmasına öncelik vermek için etkili bir şekilde uygulanabilir (Turskis, 2008). Bulanık mantıktan üretilebilecek veya uyarlanabilecek çok çeşitli MCDM teknikleri vardır (Tablo 2). Literatürde ÇKKV tekniklerinin farklı alanlarda uygulanabileceği birçok çalışma bulunmaktadır. (Taherdoost ve Madanchian, 2023; Kumar vd., 2017; Sánchez-Lozano vd., 2013; Aruldoss vd., 2013; Triantaphyllou ve Triantaphyllou, 2000; Zavadskas ve Turskis, 2011; Ceballos vd., 2016; Villacreses vd., 2017; Kabir vd., 2014; Odu, 2019; Rezaei, 2015; Zavadskas vd., 2014; Jato-Espino vd., 2014; Ananda ve Herath, 2009; Yusop vd., 2015; Keshavarz Ghorabae vd., 2016; Işıklar ve Büyüközkan, 2007; Guo ve Zhao, 2017; Yazdani vd., 2019; Pohekar ve Ramachandran, 2004; Ren vd., 2016).

ARAS (Katkı Oranı Değerlendirmesi) yöntemi, Zavadskas ve Turskis (2010) tarafından ÇKKV problemlerinin çözümünde yeni bir yaklaşım olarak sunulmuştur. Hesaplamalar basit ve kavramlar derin bir mantığa sahip olmasına rağmen ARAS yöntemi öznel yargıların, bilgi eksikliğinin ve eksik verilerin neden olduğu belirsizliği yakalayamamaktadır (Bayramoğlu, 2022: 58). Buna göre bulanık mantık kullanmanın faydası mevcut belirsizliğin dikkate alınmasıdır. Bu nedenle bulanık ortamda B-ARAS yöntemini kullanan ilk çalışma Zavadskas ve Turskis (2010) tarafından paydaşların belirsiz bir ortamda performansı değerlendirmesine yardımcı olmak amacıyla lojistik merkezinin konumunu seçmek amacıyla geliştirilmiştir.

ÇKKV yöntemleri, çeşitli alanların değerini ve fayda derecesini belirlemek ve bunların uygulanmasına yönelik öncelik sırasını belirlemek için etkili bir şekilde uygulanabilir. Bu yaklaşımların sistematik olarak gözden geçirilmesi ve çalışmaların metodolojik pratik uygulamasına ilişkin araştırmalar eksikliği vardır. Bu çalışmada, ÇKKV yöntemlerinden biri olan bulanık ARAS (B-ARAS) metodolojisinin pratik bir uygulamasını sunmak için sistematik ve meta-analiz yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmada karar vericiler ve uygulayıcılar için bulanık ARAS (B-ARAS) metodolojisinin pratik uygulama rehberi oluşturulmuştur.

Bulanık ARAS (B-ARAS), son yıllarda ekonomi, ulaşım, teknoloji, inşaat ve sürdürülebilir kalkınma alanlarında başarıyla uygulanan, kanıtlanmış etkili bir bulanık ayırık ÇKKV yöntemidir (Nguyen vd., 2016). Örneğin, B-ARAS'ın önemli uygulamaları arasında Chatterjee ve Bose (2013b) tarafından önerilen rüzgar çiftliği için tedarikçi seçimi; muhasebe şefinin seçilmesi (Keršulienė ve Turskis, 2014a; Keršulienė ve Turskis, 2014b); Zamani vd. (2014) bir marka genişletme önerdi; İran şirketlerinin finansal performansının değerlendirilmesi (Ghadikolaei ve Esbouei, 2014; Ghadikolaei vd. 2014); doğu Baltık Denizi'nde bir derin su limanının seçimi (Zavadskas vd., 2015); konveyör ekipmanı değerlendirilmesi ve seçimi (Nguyen vd., 2016). Sıralama alternatiflerinin doğruluğunu artırmak ve problem çözmede daha güvenilir sıralamalar sağlamak için ARAS yönteminin birçok bulanık uzantısı önerilmiştir. Literatürde yaygın olarak çalışılan bulanık kümelerle genişletilerek oluşturulan ARAS yönteminin bulanık uzantıları da bulunmaktadır (Mishra ve Rani, 2023; Rostamzadeh vd., 2020; Raj Mishra vd., 2020; (Dorfeshan vd., 2021; Mishra vd., 2021; Petrović vd., 2019; Liao vd., 2016; Karabasevic vd., 2016).

2010 yılından bu yana Bulanık ARAS (B-ARAS) yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalar incelenmiş ve bu alanda örneklere rastlanmıştır (Tablo 1). Ancak Bulanık ARAS (B-ARAS) yöntemine ilişkin çalışmaların sistematik olarak gözden geçirilmesi ve metodolojik olarak pratikte uygulanması konusunda araştırma eksikliği bulunmaktadır. Bu çalışma Bulanık ARAS (B-ARAS) metodolojisinin pratik bir uygulamasını içermektedir. Çalışma, karar vericilerin ve paydaşların dikkatini Bulanık ARAS (B-ARAS) metodolojisinin pratik uygulamasına çekmeyi sağlıyor. Bulanık ARAS (B-ARAS) metodolojisine ve temel prensiplerine genel bakış; Akademisyenler ve karar vericiler için bir rehber niteliğindedir.

Tablo 2: ÇKKV Yöntemleri

Method		
(TOPSIS)	(ANP-F)	(AHP)
(QUALIFLEX)	(Multi-MOORA)	(FST)
(VIKOR)	(MAUT)	(TOPSIS-F)
(WASPAS)	(WSM)	(AHP-F)
(TACTIC)	(GAIA)	(DANP)
(PACMAN)	(WPM)	(TODIM)
(RAFSI)	(AIRM)	TACTIC
(ARGUS)	(DEA)	(PAMSSEM)
(DEMATEL)	(MAVT)	(ARAS)
(GRA/GRM)	(IDRA)	(Complex Proportional)
(Interactive MCDM)	(EVAMIX)	(ELECTRE)
(PIPRECIA)	(DRSA)	(Maximax)
(PROMETHEE)	(COMET)	(DEMATEL-based ANP)
(PIPRECIA-F)	(REGIME)	(LM)
(ORESTE)	(SAW)	(CBR)
(MELCHIOR)	(MABAC)	(MIN-MAX)
(PRAGMA)	(CoCoSo)	(ANP)
(NAIADE)	(Multi-Objective Optimization)	(GP)
(REMBRANDT)	(KANO)	(SMART)
(MACBETH)	(MARE)	(COPRAS)
(MAPPAC)	(EDAS)	(UTA)
(MARCOS)	(IOWA)	(BWM)
(SWARA)	(SWARA-F)	(IMF SWARA)

3. YÖNTEM

Bu çalışma sistematik ve meta-analiz “PRISMA” yöntemi ile ÇKKV yöntemlerinden Bulanık ARAS (B-ARAS) metodolojisinin pratik bir uygulamasını sunmak amacıyla ele alınmıştır. Bununla ilgili olarak Web of Science, Scopus ve Google Scholar gibi önemli veri tabanları aday gösterilerek “PRISMA” adı verilen sistematik ve meta-analiz yöntemi önerilmiştir. PRISMA yöntemi meta-analiz ve sistematik incelemeler olmak üzere iki ana bölümden oluşmaktadır. “PRISMA” adı verilen sistematik ve meta-analiz yöntemi akış şeması (Şekil 1)’de gösterilmiştir. Ayrıca seçilen makaleler yazarlara, yayınlanma yılına, araştırma amaçlarına kullanılan teknik ve yöntemlere göre sınıflandırılmıştır (Tablo 1). Bulanık ARAS (B-ARAS) metodolojisi (Şekil 2)’de verilmiştir.

Akış şemasında açıklanan çalışma 4 aşamaya ayrılmıştır:

1. İncelenecek makalelerin belirlenmesi;
2. Makalelerin incelenmek üzere taranması,
3. Çalışmaların uygunluğuna karar verilmesi,
4. Sistematik incelemeye dahil edilecek çalışmaların listesinin sonuçlandırılması.

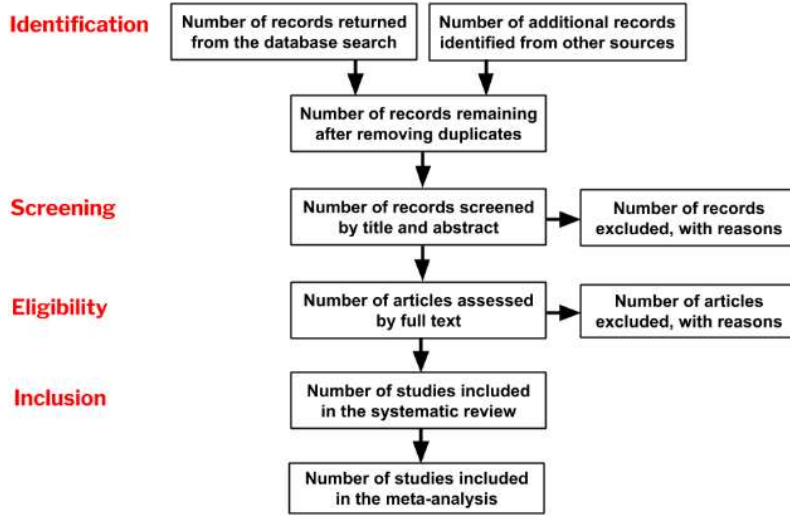
Yeni önerilen Bulanık ARAS (B-ARAS) yönteminde ilk aşama, bulanık karar verme matrisi oluşturmaktır. Bulanık ARAS (B-ARAS) yönteminin işlem aşamaları (Kersulienne ve Turskis 2011: 651; Bayramoğlu, 2022) aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

Aşama 1: Bulanık Karar Matrisinin Oluşturulması

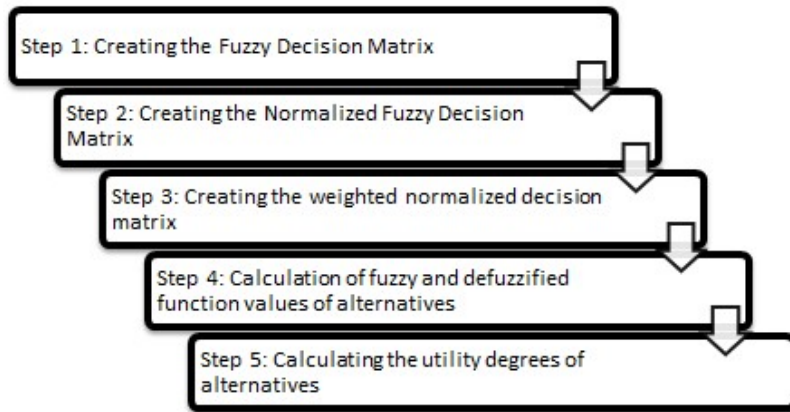
Aşama 2: Normalize Bulanık Karar Matrisinin Oluşturulması

Aşama 3: Ağırlıklı normalize karar matrisinin oluşturulması

Aşama 4: Alternatiflerin bulanık ve durulaştırılmış fonksiyon değerlerinin hesaplanması
Aşama 5: Alternatiflerin fayda derecelerinin hesaplanması



Şekil 1: PRISMA Akış şeması



Şekil 2: Bulanık ARAS metodolojisinin akış şeması
Source: Kersulienne ve Turskis (2011)

4. BULGU ve TARTIŞMALAR

Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri beşeri faaliyetlerin birçok alanında kullanılmaktadır. Çok kriterli karar verme probleminde her alternatif bir dizi kriterle tanımlanabilir ve kriterler niteliksel ve/veya niceliksel olabilir (Zavadskas ve Turskis, 2010). bulanık ARAS (B-ARAS) metodolojisinde kriter ağırlıkları uzmanların tahminlerine dayalı ikili karşılaştırma yöntemiyle belirlenir. Yeni önerilen bulanık ARAS (B-ARAS) yöntemine göre; uygun bir alternatifin karmaşık verimliliğini belirleyen fayda fonksiyonu değeri, bir projede dikkate alınan ana kriterlerin değerlerinin ve ağırlıklarının göreceli etkisi ile doğru orantılıdır (Zavadskas ve Turskis, 2010). Buna göre alternatiflerin öncelikleri, fayda fonksiyonu değerine göre belirlenebilir. Sonuç olarak, bu yöntem kullanıldığında karar alternatiflerinin değerlendirilmesi ve sıralanması uygundur (Zavadskas ve Turskis, 2010). Bulanık ARAS (B-ARAS), son yıllarda etkili olduğu kanıtlanmış, bulanık ayrık bir ÇKKV'dir ve ekonomi, ulaşım, teknoloji, inşaat ile sürdürülebilir kalkınma alanlarında başarıyla uygulanmıştır (Nguyen vd., 2016).

Sistemik incelemeler, araştırma konuları hakkında yazılanların ve öğrenilenlerin objektif özetlerini sağlar (Mardani vd., 2017). Bu, her biri alanın dar bir yönüne odaklanan çok sayıda yayının bulunduğu geniş araştırma alanlarında özellikle değerlidir (Budgen vd., 2006).

Sistemik incelemeler, belirli bir alanda günümüze kadar yapılan araştırmalara tam bir genel bakış sunmayı amaçlamaktadır. Sürecin objektif ve tekrarlanabilir olmasını sağlamak için, incelemenin fiili olarak yürütülmesinden önce tüm araştırma prosedürlerinin açık hale getirilmesi gerekir. Meta-analiz, önceki makalelerden elde edilen çeşitli istatistiksel yaklaşımları kullanarak bulguları matematiksel olarak entegre etmenin bir yolunu sunar. Bu tür bir sentezde kalite düzeyi uyumlu olan birincil çalışmalar seçilir. PRISMA bildiriminin temel amacı, araştırmacılara ve uygulayıcılara net literatür taraması raporunu tamamlamalarında yardımcı olmaktır.

Kapsamlı bir literatür taraması toplamak için çeşitli alanlarda PRISMA bildirisi kapsamında daha önce yapılmış birçok çalışma yapılmıştır (Liberati vd., 2009; Hughes-Morley vd., 2015; Consedine vd., 2015; Mardani vd., 2017). Çalışmada PRISMA yönteminin yürütülmesi için dört ana adım gerçekleştirilmiştir: İncelenecek makalelerin belirlenmesi; Makalelerin incelenmek üzere taranması; çalışmaların uygunluğuna karar verilmesi; Sistemik incelemeye dahil edilecek çalışmaların listesinin sonuçlandırılması.

Mevcut literatürde olan çalışmalar incelendiğinde, bulanık ARAS (B-ARAS) alışmalarının bir bütün olarak ele alınmadığı tespit edilmiş ve eksikliklerin olduğu ortaya konmuştur. Buna ek olarak, tüm bu hizmetlerin bulanık mantık çerçevesinde değerlendirilmesine yönelik de daha önce herhangi bir çalışma yapılmadığı görülmüştür. “PRISMA” adı verilen sistemik ve meta-analiz yöntemi ile yapılan çalışmada ARAS yönteminin genişletilebilmesi, etkinliği ve birçok ortamda ve problemde kullanılabilirliği göz önüne alınarak gelecekte çalışmalarda da daha fazla tercih edilebilecek yöntem olduğu gözlemlenmiştir. Sistemik inceleme sonucunda, bu çalışmanın bulanık mantık çerçevesinde sistemik inceleme değerlendirilmesine yönelik olarak sadece bulanık ARAS (B-ARAS) içeren ilk çalışma olduğu görülmüştür. Bu da çalışmanın literatüre katkı sağlayabilecek özėün bir çalışma olduğunu göstermektedir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu alışma, yeni bir ÇKKV fayda belirleme yaklaşımı olarak bulanık ARAS (B-ARAS)'ın teori ve uygulamalarına kapsamlı bir genel bakış sunmaktadır. Bulanık ARAS (B-ARAS)'ın alternatifleri sıralama ve karşılaştırmalı analiz yapma yeteneği nedeniyle son zamanlarda birçok ÇKKV probleminde ARAS ile ilgili makaleler artmıştır. Seçilen bu makaleler yazarlara, yayınlanma yılına, kullanılan teknik ve yönteme ve araştırma hedeflerine göre sınıflandırılmıştır. Dahası; Bu alışma, Web of Science, Scopus ve Google Scholar gibi üç önemli veri tabanından erişilebilen popüler uluslararası dergilerde ve konferanslarda 2010–2023 döneminde yayınlanan makaleleri incelemektedir. Mevcut makale, gelecekteki akademik akademisyenlere ÇKKV fayda belirleme yaklaşımlarının daha iyi anlaşılmasını sağlayabilir. Bu alışma akademisyenler ve yöneticiler tarafından daha sonraki araştırmalara temel olarak kullanılabilir. Ayrıca uygulayıcıların bu yaklaşımları kullanarak daha uygun kararlar almasına yardımcı olabilir ve tartışılan metodolojileri geliştirerek akademisyenlere yol gösterebilir.

Bu çalışmanın sonuçları karar vericilere belirsizlik ortamı ve araştırma problemi gibi bilgilerin ele alınmasında ve yöntemin uygulanmasında yardımcı olabilir. Ayrıca, bu çalışma uygulayıcılara ve akademisyenlere, bulanık ARAS (B-ARAS) tekniğinin farklı uygulama alanlarında benimsenmesine ve literatüre ışık tutmasına yardımcı olmaktadır. Çalışma, bulanık yöntemle ARAS metodolojisi ile karar vericilerin daha fazla sektörel uygulamalara odaklanması gerektiğini önermektedir. Çalışma, bulanık ARAS (B-ARAS) metodolojisinin pratik bir uygulamasına karar vericilerin ve ilgililerin dikkatini çekmeyi sağlar. Bulanık ARAS (B-ARAS) metodolojisi ve temel prensiplerine genel bir bakış; akademisyenler ve karar vericiler için yol göstericidir.

Bu makalede Web of Science, Scopus ve Google Akademik'teki çeşitli yayıncıların mevcut makaleleri seçilmiştir. Ancak konuyla ilgili bazı yayınlar mevcut çalışmanın kapsamı dışında kaldı. Bu nedenle gelecekteki araştırmacılar mevcut incelemede dikkate alınmayan makaleleri inceleyebileceklerdir.

Diğer bir sınırlama ise makalenin, çeşitli dergilerde ve konferanslarda yayınlanmış, yakın zamanda geliştirilen ÇKKV yaklaşımlarının kullanılması sorunu üzerine çok sayıda çalışmanın bir incelemesini sunması gerçeğiyle ilişkilidir. Ancak bu çalışma kitaplarda tartışılan son yöntemleri kapsamamaktadır.

KAYNAKÇA

Agarwal, R., & Garg, P. K. (2016). Remote sensing and GIS based groundwater potential & recharge zones mapping using multi-criteria decision making technique. *Water resources management*, 30, 243-260. <https://doi.org/10.1007/s11269-015-1159-8>

Akpınar, M. E. (2022). Machine Selection Application in a Hard Chrome Plating Industry Using Fuzzy SWARA and Fuzzy ARAS Methods. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 29(1), 107-119. <https://doi.org/10.18657/yonveek.848811>

Ananda, J., & Herath, G. (2009). A critical review of multi-criteria decision making methods with special reference to forest management and planning. *Ecological economics*, 68(10), 2535-2548. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.05.010>

Aruldoss, M., Lakshmi, T. M., & Venkatesan, V. P. (2013). A survey on multi criteria decision making methods and its applications. *American Journal of Information Systems*, 1(1), 31-43. <https://doi.org/10.12691/ajis-1-1-5>

Aydoğdu, A., & Gül, S. (2022). New entropy propositions for interval-valued spherical fuzzy sets and their usage in an extension of ARAS (ARAS-IVSFS). *Expert Systems*, 39(4), e12898. <https://doi.org/10.1111/exsy.12898>

Baki, R. (2022). An integrated multi-criteria structural equation model for green supplier selection. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 9(4), 1063-1076. <https://doi.org/10.1007/s40684-021-00415-7>

Bayramoğlu, S. (2022). *Bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ile rüzgar santrali yer seçimi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Budgen, D., & Brereton, P. (2006, May). Performing systematic literature reviews in software engineering. In *Proceedings of the 28th international conference on Software engineering* (pp. 1051-1052). <https://doi.org/10.1145/1134285.1134500>

Büyüközkan, G., & Göçer, F. (2018). An extension of ARAS methodology under interval valued intuitionistic fuzzy environment for digital supply chain. *Applied Soft Computing*, 69, 634-654. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.04.040>

Büyüközkan, G., & Güler, M. (2020a). Analysis of companies' digital maturity by hesitant fuzzy linguistic MCDM methods. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 38(1), 1119-1132. <https://doi.org/10.3233/JIFS-179473>

Büyüközkan, G., & Güler, M. (2020b). Smart watch evaluation with integrated hesitant fuzzy linguistic SAW-ARAS technique. *Measurement*, 153, 107353. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.107353>

Ceballos, B., Lamata, M. T., & Pelta, D. A. (2016). A comparative analysis of multi-criteria decision-making methods. *Progress in Artificial Intelligence*, 5, 315-322. <https://doi.org/10.1007/s13748-016-0093-1>

Chatterjee, N., & Bose, G. (2013). Selection of vendors for wind farm under fuzzy MCDM environment. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 4(4), 535-546. <http://dx.doi.org/10.5267/j.ijiec.2013.06.002>

Consedine, N. S., Tuck, N. L., Ragin, C. R., & Spencer, B. A. (2015). Beyond the black box: a systematic review of breast, prostate, colorectal, and cervical screening among native and immigrant African-descent Caribbean populations. *Journal of Immigrant and Minority Health*, 17, 905-924. <https://doi.org/10.1007/s10903-014-9991-0>

Dahooie, J. H., Zavadskas, E. K., Abolhasani, M., Vanaki, A., & Turskis, Z. (2018). A novel approach for evaluation of projects using an interval-valued fuzzy additive ratio assessment (ARAS) method: a case study of oil and gas well drilling projects. *Symmetry*, 10(2), 45. <https://doi.org/10.3390/sym10020045>

de Brito, M. M., & Evers, M. (2016). Multi-criteria decision-making for flood risk management: a survey of the current state of the art. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 16(4), 1019-1033. <https://doi.org/10.5194/nhess-16-1019-2016>

Dorfeshan, Y., Mousavi, S. M., Zavadskas, E. K., & Antucheviciene, J. (2021). A new enhanced ARAS method for critical path selection of engineering projects with interval type-2 fuzzy sets. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 20(01), 37-65. <https://doi.org/10.1142/S0219622020500418>

Fu, Y. K., Wu, C. J., & Liao, C. N. (2021). Selection of in-flight duty-free product suppliers using a combination fuzzy AHP, fuzzy ARAS, and MSGP methods. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021, 1-13. <https://doi.org/10.1155/2021/8545379>

Gavade, R. K. (2014). Multi-Criteria Decision Making: An overview of different selection problems and methods. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 5(4), 5643-5646.

Ghadikolaei, A. S., & Esbouei, S. K. (2014). Integrating FAHP and Fuzzy ARAS for evaluating financial performance. *Bol. Soc. Paran. Mat*, 32(3), 163-174. <https://doi.org/10.5269/bspm.v32i2.21378>

Ghadikolaei, A. S., Khalili Esbouei, S., & Antucheviciene, J. (2014). Applying fuzzy MCDM for financial performance evaluation of Iranian companies. *Technological and Economic Development of Economy*, 20(2), 274-291. <https://doi.org/10.3846/20294913.2014.913274>

Ghorabae, M. K., Amiri, M., Zavadskas, E. K., Hooshmand, R., & Antuchevičienė, J. (2017). Fuzzy extension of the CODAS method for multi-criteria market segment evaluation. *Journal of Business Economics and Management*, 18(1), 1-19. <https://doi.org/10.3846/16111699.2016.1278559>

Ghorabae, M. K., Zavadskas, E. K., Amiri, M., & Turskis, Z. (2016). Extended EDAS method for fuzzy multi-criteria decision-making: an application to supplier selection. *International journal of computers communications & control*, 11(3), 358-371.

Greening, L. A., & Bernow, S. (2004). Design of coordinated energy and environmental policies: use of multi-criteria decision-making. *Energy policy*, 32(6), 721-735. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2003.08.017>

Guo, S., & Zhao, H. (2017). Fuzzy best-worst multi-criteria decision-making method and its applications. *Knowledge-Based Systems*, 121, 23-31. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2017.01.010>

Gül, S. (2021). Fermatean fuzzy set extensions of SAW, ARAS, and VIKOR with applications in COVID-19 testing laboratory selection problem. *Expert Systems*, 38(8), e12769. <https://doi.org/10.1111/exsy.12769>

Heidary Dahooie, J., Estiri, M., Zavadskas, E. K., & Xu, Z. (2022). A novel hybrid fuzzy DEA-fuzzy ARAS method for prioritizing high-performance innovation-oriented human resource practices in high tech SME's. *International Journal of Fuzzy Systems*, 24(2), 883-908. <https://doi.org/10.1007/s40815-021-01162-2>

Hughes-Morley, A., Young, B., Waheed, W., Small, N., & Bower, P. (2015). Factors affecting recruitment into depression trials: systematic review, meta-synthesis and conceptual framework. *Journal of affective disorders*, 172, 274-290. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2014.10.005>

Iordache, M., Schitea, D., Deveci, M., Akyurt, İ. Z., & Iordache, I. (2019). An integrated ARAS and interval type-2 hesitant fuzzy sets method for underground site selection: Seasonal hydrogen storage in salt caverns. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 175, 1088-1098. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2019.01.051>

- Ishizaka, A., & Siraj, S. (2018). Are multi-criteria decision-making tools useful? An experimental comparative study of three methods. *European Journal of Operational Research*, 264(2), 462-471. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.05.041>
- Işıklar, G., & Büyüközkan, G. (2007). Using a multi-criteria decision making approach to evaluate mobile phone alternatives. *Computer Standards & Interfaces*, 29(2), 265-274. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2006.05.002>
- Jamwal, A., Agrawal, R., Sharma, M., & Kumar, V. (2021). Review on multi-criteria decision analysis in sustainable manufacturing decision making. *International Journal of Sustainable Engineering*, 14(3), 202-225. <https://doi.org/10.1080/19397038.2020.1866708>
- Jato-Espino, D., Castillo-Lopez, E., Rodriguez-Hernandez, J., & Canteras-Jordana, J. C. (2014). A review of application of multi-criteria decision making methods in construction. *Automation in construction*, 45, 151-162. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.05.013>
- Jaukovic Jovic, K., Jovic, G., Karabasevic, D., Popovic, G., Stanujkic, D., Zavadskas, E. K., & Thanh Nguyen, P. (2020). A novel integrated piprecia–interval-valued triangular fuzzy aras model: E-learning course selection. *Symmetry*, 12(6), 928. <https://doi.org/10.3390/sym12060928>
- Jin, C., Ran, Y., & Zhang, G. (2021). Interval-valued q-rung orthopair fuzzy FMEA application to improve risk evaluation process of tool changing manipulator. *Applied Soft Computing*, 104, 107192. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107192>
- Jovčić, S., Simić, V., Průša, P., & Dobrodolac, M. (2020). Picture fuzzy ARAS method for freight distribution concept selection. *Symmetry*, 12(7), 1062. <https://doi.org/10.3390/sym12071062>
- Kabir, G., Sadiq, R., & Tesfamariam, S. (2014). A review of multi-criteria decision-making methods for infrastructure management. *Structure and infrastructure engineering*, 10(9), 1176-1210. <https://doi.org/10.1080/15732479.2013.795978>
- Kaya, I., Colak, M., & Terzi, F. (2019). A comprehensive review of fuzzy multi criteria decision making methodologies for energy policy making. *Energy Strategy Reviews*, 24, 207-228. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.03.003>
- Karabasevic, D., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Stanujkic, D. (2016). The framework for the selection of personnel based on the SWARA and ARAS methods under uncertainties. *Informatica*, 27(1), 49-65.
- Karagöz, S., Deveci, M., Simic, V., & Aydin, N. (2021). Interval type-2 Fuzzy ARAS method for recycling facility location problems. *Applied Soft Computing*, 102, 107107. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107107>
- Keršulienė, V., & Turskis, Z. (2011). Integrated fuzzy multiple criteria decision making model for architect selection. *Technological and economic development of economy*, 17(4), 645-666. <https://doi.org/10.3846/20294913.2011.635718>
- Keršulienė, V., & Turskis, Z. (2014a). A hybrid linguistic fuzzy multiple criteria group selection of a chief accounting officer. *Journal of Business Economics and Management*, 15(2), 232-252. <https://doi.org/10.3846/16111699.2014.903201>
- Keršulienė, V., & Turskis, Z. (2014). An integrated multi-criteria group decision making process: selection of the chief accountant. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 110, 897-904. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.935>
- Keshavarz-Ghorabae, M., Amiri, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Antucheviciene, J. (2018). Simultaneous evaluation of criteria and alternatives (SECA) for multi-criteria decision-making. *Informatica*, 29(2), 265-280.
- Keshavarz Ghorabae, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Antucheviciene, J. (2016). A new combinative distance-based assessment (CODAS) method for multi-criteria decision-making. *Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research*, 50(3).

Khosravi, K., Shahabi, H., Pham, B. T., Adamowski, J., Shirzadi, A., Pradhan, B., ... & Prakash, I. (2019). A comparative assessment of flood susceptibility modeling using multi-criteria decision-making analysis and machine learning methods. *Journal of Hydrology*, 573, 311-323. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.03.073>

Krohling, R. A., & de Souza, T. T. (2012). Combining prospect theory and fuzzy numbers to multi-criteria decision making. *Expert Systems with Applications*, 39(13), 11487-11493. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.04.006>

Kumar, A., Sah, B., Singh, A. R., Deng, Y., He, X., Kumar, P., & Bansal, R. C. (2017). A review of multi criteria decision making (MCDM) towards sustainable renewable energy development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 596-609. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.191>

Lee, H. C., & Chang, C. T. (2018). Comparative analysis of MCDM methods for ranking renewable energy sources in Taiwan. *Renewable and sustainable energy reviews*, 92, 883-896. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.007>

Liao, C. N., Fu, Y. K., & Wu, L. C. (2016). Integrated FAHP, ARAS-F and MSGP methods for green supplier evaluation and selection. *Technological and Economic Development of Economy*, 22(5), 651-669. <https://doi.org/10.3846/20294913.2015.1072750>

Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P., ... & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Annals of internal medicine*, 151(4), W-65. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00136>

Liu, H. C., Chen, X. Q., Duan, C. Y., & Wang, Y. M. (2019). Failure mode and effect analysis using multi-criteria decision making methods: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 135, 881-897. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.06.055>

Mardani, A., Nilashi, M., Zakuan, N., Loganathan, N., Soheilrad, S., Saman, M. Z. M., & Ibrahim, O. (2017). A systematic review and meta-Analysis of SWARA and WASPAS methods: Theory and applications with recent fuzzy developments. *Applied soft computing*, 57, 265-292. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2017.03.045>

Mathew, M., & Sahu, S. (2018). Comparison of new multi-criteria decision making methods for material handling equipment selection. *Management Science Letters*, 8(3), 139-150.

Mavi, R. K. (2015). Green supplier selection: a fuzzy AHP and fuzzy ARAS approach. *International Journal of Services and Operations Management*, 22(2), 165-188. <https://doi.org/10.1504/IJSOM.2015.071528>

Medineckiene, M., Zavadskas, E. K., Björk, F., & Turskis, Z. (2015). Multi-criteria decision-making system for sustainable building assessment/certification. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 15(1), 11-18. <https://doi.org/10.1016/j.acme.2014.09.001>

Mishra, A. R., & Rani, P. (2023). A q-rung orthopair fuzzy ARAS method based on entropy and discrimination measures: An application of sustainable recycling partner selection. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 14(6), 6897-6918. <https://doi.org/10.1007/s12652-021-03549-3>

Mishra, A. R., Rani, P., Cavallaro, F., & Mardani, A. (2022). A similarity measure-based Pythagorean fuzzy additive ratio assessment approach and its application to multi-criteria sustainable biomass crop selection. *Applied Soft Computing*, 125, 109201. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2022.109201>

Mishra, A. R., Rani, P., Krishankumar, R., Ravichandran, K. S., & Kar, S. (2021). An extended fuzzy decision-making framework using hesitant fuzzy sets for the drug selection to treat the mild symptoms of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *Applied soft computing*, 103, 107155. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107155>

Menekşe, A., & Camgöz Akdağ, H. (2022). Seismic vulnerability assessment using spherical fuzzy aras. In *Intelligent and Fuzzy Techniques for Emerging Conditions and Digital Transformation: Proceedings of the INFUS 2021 Conference, held August 24-26, 2021. Volume 2* (pp. 733-740). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85577-2_86

Nguyen, H. T., Md Dawal, S. Z., Nukman, Y., P. Rifai, A., & Aoyama, H. (2016). An integrated MCDM model for conveyor equipment evaluation and selection in an FMC based on a fuzzy AHP and fuzzy ARAS in the presence of vagueness. *PloS one*, *11*(4), e0153222. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153222>

Odu, G. O. (2019). Weighting methods for multi-criteria decision making technique. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, *23*(8), 1449-1457. <https://doi.org/10.4314/jasem.v23i8.7>

Penadés-Plà, V., García-Segura, T., Martí, J. V., & Yepes, V. (2016). A review of multi-criteria decision-making methods applied to the sustainable bridge design. *Sustainability*, *8*(12), 1295. <https://doi.org/10.3390/su8121295>

Peng, Y., Zhang, Y., Tang, Y., & Li, S. (2011). An incident information management framework based on data integration, data mining, and multi-criteria decision making. *Decision Support Systems*, *51*(2), 316-327. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2010.11.025>

Petrović, G., Mihajlović, J., Čojbašić, Ž., Madić, M., & Marinković, D. (2019). Comparison of three fuzzy MCDM methods for solving the supplier selection problem. *Facta Universitatis, Series: Mechanical Engineering*, *17*(3), 455-469. <https://doi.org/10.22190/FUME190420039P>

Pohekar, S. D., & Ramachandran, M. (2004). Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning—A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, *8*(4), 365-381. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2003.12.007>

Raj Mishra, A., Sisodia, G., Raj Pardasani, K., & Sharma, K. (2020). Multi-criteria IT personnel selection on intuitionistic fuzzy information measures and ARAS methodology. *Iranian Journal of Fuzzy Systems*, *17*(4), 55-68. <https://doi.org/10.22111/ijfs.2020.5406>

Rani, P., Mishra, A. R., Krishankumar, R., Ravichandran, K. S., & Gandomi, A. H. (2020). A new Pythagorean fuzzy based decision framework for assessing healthcare waste treatment. *IEEE Transactions on Engineering Management*, *69*(6), 2915-2929. <https://doi.org/10.1109/TEM.2020.3023707>

Ren, P., Xu, Z., & Gou, X. (2016). Pythagorean fuzzy TODIM approach to multi-criteria decision making. *Applied soft computing*, *42*, 246-259. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2015.12.020>

Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, *53*, 49-57. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.11.009>

Rostamzadeh, R., Esmaeili, A., Nia, A. S., Saparaukas, J., & Ghorabae, M. K. (2017). A fuzzy ARAS method for supply chain management performance measurement in SMEs under uncertainty. *Transformations in Business & Economics*, *16*.

Rostamzadeh, R., Esmaeili, A., Sivilevičius, H., & Nobard, H. B. K. (2020). A fuzzy decision-making approach for evaluation and selection of third party reverse logistics provider using fuzzy ARAS. *Transport*, *35*(6), 635-657. <https://doi.org/10.3846/transport.2020.14226>

Sánchez-Lozano, J. M., Teruel-Solano, J., Soto-Elvira, P. L., & García-Cascales, M. S. (2013). Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain. *Renewable and sustainable energy reviews*, *24*, 544-556. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.03.019>

Sabaei, D., Erkoyuncu, J., & Roy, R. (2015). A review of multi-criteria decision making methods for enhanced maintenance delivery. *Procedia CIRP*, *37*, 30-35. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.08.086>

- Saaty, T. L., & Ergu, D. (2015). When is a decision-making method trustworthy? Criteria for evaluating multi-criteria decision-making methods. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 14(06), 1171-1187. <https://doi.org/10.1142/S021962201550025X>
- Sen, B., Hussain, S. A. I., Gupta, A. D., Gupta, M. K., Pimenov, D. Y., & Mikołajczyk, T. (2020). Application of type-2 fuzzy AHP-ARAS for selecting optimal WEDM parameters. *Metals*, 11(1), 42. <https://doi.org/10.3390/met11010042>
- Scott, J. A., Ho, W., & Dey, P. K. (2012). A review of multi-criteria decision-making methods for bioenergy systems. *Energy*, 42(1), 146-156. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.03.074>
- Siksnyte, I., Zavadskas, E. K., Streimikiene, D., & Sharma, D. (2018). An overview of multi-criteria decision-making methods in dealing with sustainable energy development issues. *Energies*, 11(10), 2754. <https://doi.org/10.3390/en11102754>
- Taherdoost, H., & Madanchian, M. (2023). Multi-criteria decision making (MCDM) methods and concepts. *Encyclopedia*, 3(1), 77-87. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia3010006>
- Tahri, M., Hakdaoui, M., & Maanan, M. (2015). The evaluation of solar farm locations applying Geographic Information System and Multi-Criteria Decision-Making methods: Case study in southern Morocco. *Renewable and sustainable energy reviews*, 51, 1354-1362. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.054>
- Triantaphyllou, E., & Triantaphyllou, E. (2000). *Multi-criteria decision making methods* (pp. 5-21). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3157-6_2
- Turskis, Z. (2008). Multi-attribute contractors ranking method by applying ordering of feasible alternatives of solutions in terms of preferability technique. *Technological and Economic Development of Economy*, 14(2), 224-239. <https://doi.org/10.3846/1392-8619.2008.14.224-239>
- Turskis, Z., Lazauskas, M., & Zavadskas, E. K. (2012). Fuzzy multiple criteria assessment of construction site alternatives for non-hazardous waste incineration plant in Vilnius city, applying ARAS-F and AHP methods. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 20(2), 110-120. <https://doi.org/10.3846/16486897.2011.645827>
- Turskis, Z., & Zavadskas, E. K. (2010). A new fuzzy additive ratio assessment method (ARAS-F). Case study: The analysis of fuzzy multiple criteria in order to select the logistic centers location. *Transport*, 25(4), 423-432. <https://doi.org/10.3846/transport.2010.52>
- Ulutas, A. (2020). Using of fuzzy SWARA and fuzzy ARAS methods to solve supplier selection problem. In *Theoretical and applied mathematics in international business* (pp. 136-148). IGI Global.
- Ustalı, N. K., & Tosun, N. (2019). Bulanık AHP ve Bulanık WASPAS yöntemleri ile yeni ürün seçimi. *Pazarlama İçgörüsü Üzerine Çalışmalar*, 3(2), 25-34.
- Ustinovichius, L., Zavadskas, E. K., & Podvezko, V. (2007). Application of a quantitative multiple criteria decision making (MCDM-1) approach to the analysis of investments in construction. *Control and cybernetics*, 36(1), 251-268.
- Vafaei, N., Ribeiro, R. A., & Camarinha-Matos, L. M. (2016). Normalization techniques for multi-criteria decision making: analytical hierarchy process case study. In *Technological innovation for cyber-physical systems: 7th IFIP WG 5.5/SOCOLNET advanced doctoral conference on computing, electrical and industrial systems, DoCEIS 2016, Costa de Caparica, Portugal, April 11-13, 2016, Proceedings 7* (pp. 261-269). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-31165-4_26
- Vafaeipour, M., Zolfani, S. H., Varzandeh, M. H. M., Derakhti, A., & Eshkalag, M. K. (2014). Assessment of regions priority for implementation of solar projects in Iran: New application of a hybrid multi-criteria decision making approach. *Energy Conversion and Management*, 86, 653-663. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.05.083>

Villacreses, G., Gaona, G., Martínez-Gómez, J., & Jijón, D. J. (2017). Wind farms suitability location using geographical information system (GIS), based on multi-criteria decision making (MCDM) methods: The case of continental Ecuador. *Renewable energy*, 109, 275-286. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.03.041>

Xu, L., & Yang, J. B. (2001). *Introduction to multi-criteria decision making and the evidential reasoning approach* (Vol. 106). Manchester: Manchester School of Management.

Yannis, G., Kopsacheili, A., Dragomanovits, A., & Petraki, V. (2020). State-of-the-art review on multi-criteria decision-making in the transport sector. *Journal of traffic and transportation engineering (English edition)*, 7(4), 413-431. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2020.05.005>

Yazdani-Chamzini, A., Fouladgar, M. M., Zavadskas, E. K., & Moini, S. H. H. (2013). Selecting the optimal renewable energy using multi criteria decision making. *Journal of Business Economics and Management*, 14(5), 957-978. <https://doi.org/10.3846/16111699.2013.766257>

Yazdani, M., Zarate, P., Kazimieras Zavadskas, E., & Turskis, Z. (2019). A combined compromise solution (CoCoSo) method for multi-criteria decision-making problems. *Management Decision*, 57(9), 2501-2519. <https://doi.org/10.1108/MD-05-2017-0458>

Yildirim, B. F., & Adiguzel Mercangoz, B. (2020). Evaluating the logistics performance of OECD countries by using fuzzy AHP and ARAS-G. *Eurasian Economic Review*, 10(1), 27-45. <https://doi.org/10.1007/s40822-019-00131-3>

Yusop, Z. B., Ahmed, K., Shirazi, S. M., & Zardari, N. H. (2015). *Weighting methods and their effects on multi-criteria decision making model outcomes in water resources management*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-12586-2>

Zagorskas, J., & Turskis, Z. (2020). Setting priority list for construction works of bicycle path segments based on Eckenrode rating and ARAS-F decision support method integrated in GIS. *Transport*, 35(2), 179-192. <https://doi.org/10.3846/transport.2020.12478>

Zamani, M., Rabbani, A., Yazdani-Chamzini, A., & Turskis, Z. (2014). An integrated model for extending brand based on fuzzy ARAS and ANP methods. *Journal of Business Economics and Management*, 15(3), 403-423. <https://doi.org/10.3846/16111699.2014.923929>

Zare, M., Pahl, C., Rahnama, H., Nilashi, M., Mardani, A., Ibrahim, O., & Ahmadi, H. (2016). Multi-criteria decision making approach in E-learning: A systematic review and classification. *Applied Soft Computing*, 45, 108-128. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2016.04.020>

Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2010). A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making. *Technological and economic development of economy*, 16(2), 159-172. <https://doi.org/10.3846/tede.2010.10>

Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Bagočius, V. (2015). Multi-criteria selection of a deep-water port in the Eastern Baltic Sea. *Applied Soft Computing*, 26, 180-192. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2014.09.019>

Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2011). Multiple criteria decision making (MCDM) methods in economics: an overview. *Technological and economic development of economy*, 17(2), 397-427. <https://doi.org/10.3846/20294913.2011.593291>

Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Kildienė, S. (2014). State of art surveys of overviews on MCDM/MADM methods. *Technological and economic development of economy*, 20(1), 165-179. <https://doi.org/10.3846/20294913.2014.892037>