

Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile ERP Yazılım Programı Seçimi*

(Araştırma Makalesi)

ERP Software Program Selection with Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Methods

Doi: 10.29023/alanyaakademik.1474663

Ayşe Kübra KANMAZ¹, İrfan ERTUĞRUL²

¹ Dr. Öğrencisi, Pamukkale Üniversitesi, akilic121@pau.edu.tr, Orcid No: 0000-0002-6194-115X

² Prof. Dr., Pamukkale Üniversitesi, iertugrul@pau.edu.tr, Orcid No: 0000-0002-5283-191X

ÖZET

Anahtar Kelimeler:

Kurumsal Kaynak Planlama (ERP),
Planlama (ERP),
Bulanık SWARA,
Bulanık CoCoSo,
Yapay Zekâ

Makale geliş tarihi:

27.04.2024

Kabul tarihi:

14.02.2025

Kurumsal Kaynak Planlama (ERP) sistemleri, işletmelerin başarısında belirleyici rol oynayan temel unsurlardan biridir. Bu çalışmanın amacı, işletmelerin ERP yazılımı seçerken ISO/IEC 25010 yazılım kalite standartları çerçevesinde hangi kriterleri öncelikli olarak değerlendirdiğini ve buna göre hangi ERP yazılımını tercih ettiğini belirlemektir. Araştırmada, ERP yazılımı seçim sürecinde belirleyici olan kriterler bulanık SWARA yöntemi ile ağırlıklandırılmış ve bu kriterler bulanık CoCoSo yöntemiyle analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, işletmelerin ERP yazılımı seçiminde en önemli kriterlerin fonksiyonel uygunluk, güvenilirlik ve kullanılabilirlik olduğunu ortaya koymaktadır. Değerlendirmeler sonucunda, Türkiye'de yaygın olarak kullanılan beş ERP yazılımı arasında DİA ve SAP en uygun seçenekler olarak belirlenmiştir. Bu bulgular, işletmelerin ERP yazılımı seçiminde stratejik önceliklerini doğru belirlemelerinin ne kadar önemli olduğunu vurgulamaktadır.

ABSTRACT

Keywords:

Enterprise Resource
Planning (ERP),
Fuzzy SWARA,
Fuzzy CoCoSo,
Artificial Intelligence

Enterprise Resource Planning (ERP) systems are fundamental elements that play a decisive role in the success of businesses. The aim of this study is to identify which criteria businesses prioritize when selecting ERP software within the framework of ISO/IEC 25010 software quality standards, and accordingly, which ERP software they prefer. In the research, the criteria that are decisive in the ERP software selection process were weighted using the fuzzy SWARA method, and these criteria were analyzed using the fuzzy CoCoSo method. The findings reveal that the most important criteria for businesses in ERP software selection are functional suitability, reliability, and usability. As a result of the evaluations, DİA and SAP have been identified as the most suitable options among the five ERP software commonly used in Turkey. These findings emphasize how important it is for businesses to correctly determine their strategic priorities when selecting ERP software.

* Bu makale için Pamukkale Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'nun 01.04.2024 tarihli ve 7-01 nolu kararınca etik kurul onayı alınmıştır.

1. GİRİŞ

Günümüzde, küreselleşmenin getirdiği artan rekabet koşulları, işletmeleri daha dinamik, esnek ve verimli olma yönünde zorlamaktadır. İşletmelerde birçok fonksiyon aynı anda yönetilmeye çalışılmakta olup bu da işletmeler açısından zorlu bir durumu ortaya çıkarmaktadır. Bu bağlamda, işletmeler için en önemli hususlardan biri zaman olmaktadır. Zamanı etkili şekilde kullanabilmek için işletmenin kaynaklarını doğru bir şekilde yönetmesi gerekmektedir. Buna bağlı olarak işletmeler yükselen müşteri beklentilerini karşılamak için üretim sürelerinin kısaltılması, stok yönetiminin yapılması ve tedarik sürecinin hızlandırılması gibi koordineli bir yapıya sahip olmalıdır.

Değişimin hızlı yaşandığı iş dünyasında işletmelerin ayakta kalabilmeleri için devamlı gelişim içinde olmaları gerekmektedir. Bu da işletme içindeki tüm fonksiyonların ve iş süreçlerinin planlamasıyla mümkün olmaktadır. Kurumsal kaynak planlaması ERP (Enterprise Resource Planning) sistemleri, işletmenin içinde sahip olduğu tüm fonksiyonları ve işletmenin dış bağlantılarının koordinasyonunu sağlamasında önemli bir yere sahiptir (Keçek ve Yıldırım, 2010: 194).

Bu günlerde, birçok işletme ERP sistemlerinden yararlanarak işletmelerinin verimliliği artırmaya çalışmaktadır. ERP sistemlerinin sahip olduğu yazılımlar (modüller) vasıtasıyla işletmelerin içinde bulunan farklı fonksiyonlar bir araya getirilebilmektedir. ERP sistemleri ile üretimden finansa, satın almadan tedarik zinciri yönetimine birçok fonksiyon veri tabanları kullanılarak entegre edilebilmektedir. ERP sistemlerinin tüm yönetim ve üretim süreçlerini dijital veriler aracılığıyla barındırması işletmenin içsel kontrol mekanizmasında etkili bir rol oynamasına ve süreçleri daha doğru bir şekilde yönetmesine imkân tanımaktadır. Ayrıca birbirinden bağımsız bir şekilde çalışabilen modüller (finans yönetimi, stok yönetimi, proje yönetimi gibi.) işletmede departmanlar arası koordinasyonun sağlanmasına olumlu yönde katkı sağlamaktadır (Ecer, 2016: 90)

ERP sistemlerinin tarihsel geçmişi 1960'lı yıllara dayanmakla birlikte ilk olarak Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP- Materials Requirement Planning) olarak ortaya çıkmıştır. Fakat MRP sistemleri yetersiz teknolojik gelişmeler ve bu sebepten maliyetli olması nedeniyle döneminde fazla ilgi görememiştir (Miller ve Sparague, 1975: 83). 80 yılların sonunda üretim kaynak planlama (MRP II)'nin ortaya çıkışıyla işletmelerin üretim süreçlerindeki gelişimi oldukça dikkat uyandırmış ve ERP sistemlerinin temelini atılmasını sağlamıştır. 1990'da bir araştırma şirketi olan "Gartner" kurumsal kaynak planlaması terimi ilk kez kullanarak birçok işletmenin bugün sahip olduğu ERP sistemlerinin yolunu açmıştır (Chen, 2001: 376). Bilgi teknolojisinin en önemli gelişmelerinden biri olan ERP sistemleri en genel tanımıyla; kurumsal kaynak planlamasında kaynakların etkin ve verimli kullanılmasını sağlayan bunu yanında işletmenin sahip olduğu tüm fonksiyonlarını yöneten ve fonksiyonlar arasında koordinasyonu bilgi akışına göre düzenleyen gelişmiş yazılım sistemleridir (Chang vd., 2008:92).

İşletmeler kendileri için en uygun ERP sistemini seçerken çeşitli alternatifler içerisinde en yüksek fayda elde edebileceği yazılım sistemini bulmayı hedefler. ERP sistemlerinin seçiminde bazı kriterler göz önünde bulundurulmalı ve uygun ERP yazılımı bu kriterlerden faydalanılarak seçilmelidir. Bununla ilgili ISO/IEC 25010 yazılım kalite standartları kriterleri ISO 9126-1'in geliştirilmiş hali olarak karşımıza çıkmaktadır.

Literatürde, ERP seçim sürecine yönelik çeşitli araştırmalar yapılmış olup, bu sürecin karmaşıklığını ve önemini vurgulayan pek çok çalışma bulunmaktadır. Ancak, işletmelerin karar verme sürecindeki belirsizlikleri ve subjektif değerlendirmeleri dikkate alan, aynı zamanda kriterler arası ilişkileri ve ağırlıkları objektif bir şekilde belirleyebilen yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, bulanık mantık tabanlı Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri, ERP seçim sürecinde ön plana çıkmaktadır. Bulanık mantık, belirsizlik ve subjektiflik içeren karar verme süreçlerinde kullanılacak matematiksel bir temel sunarken, ÇKKV yöntemleri, birden fazla kriterin dikkate alınması gereken karar verme süreçlerinde etkili bir çözüm sunmaktadır.

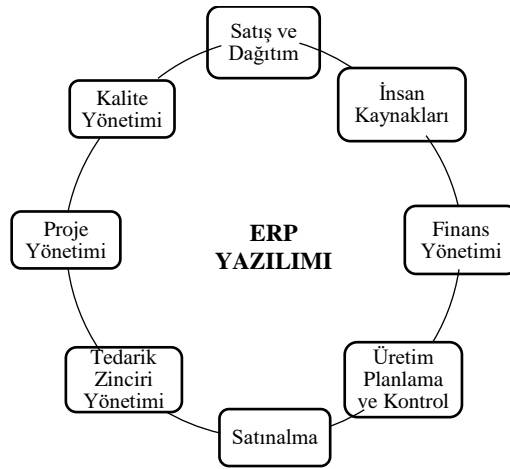
Bu çalışmanın amacı; işletmelerin ERP yazılımı seçerken ISO/IEC 25010 yazılım kalite standartlarından hangi kriteri daha önemli bulduğunu ve bununla birlikte ERP yazılım programları arasından hangisini seçtiğini bulmaya yöneliktir. Bu verilerin elde edilebilmesi için kriter ağırlıklandırma bulanık SWARA yönteminden yararlanılacak olup elde edilen kriter ağırlıkları bulanık CoCoSo yöntemiyle bütünleştirilerek ERP yazılım modelleri sıralanacaktır. Mevcut çalışma 5 bölüme ayrılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ERP kavramı incelenmiş ve ERP yazılım programlarını seçmede kullanılan Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin literatür taraması yapılmış ve buna ek olarak ISO/IEC 25010 yazılım kalite standartları kriterlerine değinilmiştir. Üçüncü bölümde ise, çalışmada kullanılacak bulanık ÇKKV yöntemleri anlatılmıştır. Dördüncü bölüm, çalışmanın uygulama kısmını oluşturmakta olup son bölümde sonuç ve önerilere yer verilmiştir.

2. ERP KAVRAMI

Son yüzyılım teknolojik ilerlemeleri, iş dünyasında derin ve kalıcı dönüşümler yaratmıştır. Bu dönüşüm, özellikle işletmelerin üretim süreçlerinde kullanılan kaynakların ve yönetim süreçlerinin dijital platformlara entegrasyonunu hızlandırmıştır. Bu bağlamda, Kurumsal Kaynak Planlama (ERP) kavramı, işletmelerin kaynaklarını daha etkili

ve verimli bir şekilde yönetebilmelerine olanak tanıyan teknolojik bir çözüm olarak ön plana çıkmaktadır. ERP, orijinal olarak İngilizce "Enterprise Resource Planning" teriminin Türkçe karşılığı olup, işletmelerin finans, insan kaynakları, üretim, tedarik zinciri yönetimi gibi çeşitli işlevsel alanlarındaki süreçleri bütünlük bir yazılım platformu üzerinden yönetmelerini sağlayan kapsamlı bilgi sistemlerini ifade etmektedir.

ERP sistemlerinin temel amacı, işletme içindeki tüm iş süreçlerinin ve işlevlerin birbiri ile entegre bir şekilde çalışmasını sağlayarak, veri ve bilgi akışının etkin bir şekilde yönetilmesidir. Bu sistemler, işletmelere ait kaynakların (insan, finans, makine, malzeme vb.) daha verimli kullanılmasını, süreçler arası koordinasyonun sağlanmasını ve karar destek mekanizmalarının güçlendirilmesini hedefler. Bu şekilde, ERP sistemleri, işletmelerin iç ve dış süreçlerinde meydana gelen bilgi akışını optimize eder, bu bilgilerin farklı departmanlar ve işlevsel alanlar arasında etkili bir şekilde paylaşılmasını ve işlenmesini sağlar. ERP sistemleri, işletmelere ait tüm kaynakların verimli bir şekilde kullanılmasını sağlayan ve bu verileri işletmelerin iç ve dış süreçlerinde, farklı departmanlarında kullanılması için işleyerek etkin bir bilgi akışı sunan yazılım sistemleridir (Keskinçelik ve İpkin, 2023:55). Ayrıca ERP sistemlerinin sağladığı hızlı bilgi paylaşımı müşteri memnuniyetinin arttırmasına ve işletmelerin maliyet avantajına sahip olmasına imkân tanır (Vatansever ve Uluköy 2013:275). ERP yazılım sistemlerinin bileşenleri şekil 1'deki gibidir.



Şekil 1. ERP Yazılım Sisteminin Bileşenleri

Kaynak: *Bir İşletme İçin Topsis ve AHP ile ERP Yazılımı Seçimi, (2006)*

İşletmelerin ERP sistemlerini tercih etme nedeni; işletmeye ait finansal bilgilerin, sipariş oranı ve sipariş bilgilerinin, stok kontrolünün, imalat aşamasında geçen sürenin işletme sahibi tarafından kolaylıkla elde edilebilir olmasıdır. Böylelikle işletmelerin sahip olduğu kaynakların uçtan uca yönetilmesi ERP sistemleri ile mümkün olmaktadır (Moon, 2007:236). ERP yazılımları modüllerden oluşmakta olup bu modüller birden çok ve birbirinden bağımsız olarak çalışabilmektedir. Bu sayede işletmelerin bütün fonksiyonları üzerinde etkisi artar aynı zamanda işletmeler zamandan ve maliyetten tasarruf sağlar.

2.1. ISO/IEC 25010 Yazılım Kalite Standartları

ISO (International Organization for Standardization) kalite standartları, dünya çapında kabul gören, işletmelerin kalite yönetim sistemlerini tasarlamaları, uygulamaları, denetlemeleri ve sürekli iyileştirmeleri için kılavuzluk eden bir dizi yönerge ve şartları içerir. Bu standartlar, küresel pazarda rekabet edebilirlik, müşteri memnuniyetinin artırılması, operasyonel verimliliğin iyileştirilmesi ve hukuki uygunluğun sağlanması gibi çok çeşitli hedeflere ulaşmak için tasarlanmıştır. ISO kalite modelleri, sadece ürün ve hizmet kalitesini değil, aynı zamanda iş süreçlerinin optimizasyonunu, risk yönetimini ve tedarik zinciri yönetimini de kapsar, böylece işletmelerin hem iç hem de dış operasyonlarında kapsamlı iyileştirmeler sağlamalarına olanak tanır. (İnal ve Avunduk, 2023:10).

Son yıllarda teknolojik ilerlemelerin hız kazanması ve yazılım uygulamalarının işletmeler ve bireyler için vazgeçilmez araçlar haline gelmesi, yazılım kalitesine yönelik standartların geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. Bu bağlamda, ISO/IEC 9126 ve ISO/IEC 25010 gibi yazılım kalite değerlendirme standartları, yazılım ürünlerinin planlanması, geliştirilmesi, dağıtımı ve bakımı süreçlerinde uygulanabilir kalite kriterlerini ve ölçütlerini belirlemek için ortaya çıkmıştır. Bu standartlar, yazılımın işlevselliği, güvenilirliği, kullanılabilirliği ve performansı gibi temel kalite özelliklerinin yanı sıra, güvenlik, bakım kolaylığı ve uyumluluk gibi daha geniş kapsamlı özellikleri de değerlendirir.

ISO/IEC 9126, ilk olarak 1991 yılında yayımlanarak yazılım kalitesinin temel boyutlarını tanımlamıştır. Ancak, yazılım endüstrisindeki hızlı gelişmeler ve artan kullanıcı beklentileri, bu modelin bazı yönlerden yetersiz kalmasına neden olmuştur. Bu eksiklikleri gidermek ve yazılım kalite standartlarını güncel ihtiyaçlara uygun hale

getirmek amacıyla ISO/IEC 25010 modeli geliştirilmiştir. ISO/IEC 25010, yazılım ürün kalitesi ve kullanım kalitesi olmak üzere iki ana kategoride genişletilmiş kalite özellikleri sunar. Bu model, yazılımın kullanıcılar ve diğer paydaşlar tarafından nasıl algılandığını ve değerlendirildiğini daha iyi anlamak için kullanılabilirlik, güvenlik ve uyumluluk gibi kriterleri detaylı bir şekilde ele alır.

ISO/IEC 25010 modeli, yazılım kalitesinin kapsamlı bir değerlendirilmesini sağlayarak, geliştiricilere ve proje yöneticilerine yazılım projelerinin her aşamasında kaliteyi göz önünde bulundurma ve sürekli iyileştirme fırsatı sunar. Bu standart, yazılımın fonksiyonel ve performans gereksinimlerini karşılamasının ötesinde, kullanıcı memnuniyetini maksimize etmeyi, güvenlik risklerini minimize etmeyi ve yazılımın farklı sistemler ve platformlarla uyumlu olmasını hedefler. Ayrıca, yazılımın bakımı ve güncellenmesi süreçlerinde karşılaşılabilecek zorlukları azaltmayı amaçlayarak, yazılımın uzun vadeli sürdürülebilirliğine katkıda bulunur., bu özellikleriyle, yazılım geliştirme sürecindeki kalite yönetimine bütünsel bir yaklaşım sunar ve yazılımın yaşam döngüsü boyunca karşılaşılan zorluklarla başa çıkılmasına yardımcı olur (<https://iso25000.com>). Aşağıda, bu ISO/IEC 25010 modelin temel bileşenlerinden özellikleri daha detaylı bir şekilde incelenmiştir:

Fonksiyonel Uygunluk: Bu özellik, bir yazılım sisteminin belirlenen gereksinimleri ve kullanıcı beklentilerini ne derecede karşıladığını ifade eder. Fonksiyonel uygunluk, yazılımın amacına hizmet eden özellikleri, doğru ve beklenen çıktıları sağlama kabiliyeti ve kullanıcıların ihtiyaç duyduğu görevleri yerine getirme kolaylığı üzerinden değerlendirilir. Fonksiyonel uygunluk, yazılımın temel amaçlarını yerine getirme kapasitesini ölçer ve bu kapasitenin yüksek olması, yazılımın kullanıcı ihtiyaçlarını doğrudan karşılayabileceğinin bir göstergesidir.

Güvenilirlik: Yazılımın zaman içinde istikrarlı ve kesintisiz bir şekilde çalışma yeteneğini belirler. Güvenilirlik, yazılımın hata durumlarına karşı dirençli olması, beklenmedik durumlarda veri kaybını önleyebilmesi ve kullanımda olduğunda yüksek erişilebilirlik sunabilmesi gibi özelliklerle ölçülür. Güvenilir bir yazılım, kullanıcılarının güvenini kazanır ve uzun vadede yazılımın başarısına katkıda bulunur.

Kullanılabilirlik: Kullanıcıların yazılımı etkili, verimli ve memnuniyetle kullanabilmesini ifade eder. Kullanılabilirlik, kullanıcı arayüzünün anlaşılabilirliği, öğrenme kolaylığı, kullanıcı hatalarına karşı toleranslı olması ve kullanıcı memnuniyeti gibi faktörler üzerinden değerlendirilir. Yüksek kullanılabilirliğe sahip yazılımlar, kullanıcıların işlerini daha hızlı ve daha az eforla tamamlamalarını sağlar, bu da yazılımın kabulünü ve yaygınlaşmasını artırır.

Uyumluluk: Yazılımın diğer sistemler, cihazlar veya yazılımlarla sorunsuz bir şekilde çalışabilme yeteneğini tanımlar. Uyumluluk, yazılımın farklı platformlarda ve çevrelerde entegrasyonunu ve etkileşimini kolaylaştırır, bu da kullanıcıların mevcut teknoloji altyapılarıyla yazılımı sorunsuz bir şekilde kullanabilmelerini sağlar.

Performans Verimliliği: Yazılımın kaynak kullanımının optimize edilmesi ve belirlenen koşullar altında istenen performans seviyelerine ulaşabilmesi yeteneğini ifade eder. Performans verimliliği, işlem süreleri, hafıza kullanımı ve enerji tüketimi gibi kriterler üzerinden değerlendirilir. Optimize edilmiş performans verimliliğine sahip yazılımlar, daha hızlı yanıt süreleri sunar ve donanım kaynaklarını daha etkili kullanır.

Güvenlik: Güvenlik, yazılımın yetkisiz erişim, değişiklik veya kayıp gibi güvenlik tehditlerine karşı korunma yeteneğidir. Güvenlik, veri koruma, erişim kontrolü, işlem güvenliği ve güvenilirlik gibi kriterler üzerinden değerlendirilir. Güçlü güvenlik özellikleri, kullanıcıların ve kurumların verilerinin korunmasını sağlar, yazılımın güvenilir bir şekilde kullanılabilmesi için temel bir unsurdur. Güvenlik özellikleri, yazılımın siber saldırılara karşı dirençli olmasını sağlar ve kullanıcıların güven içinde işlemlerini gerçekleştirmelerine olanak tanır.

Taşınabilirlik: Yazılımın farklı donanım veya işletim sistemleri arasında kolayca aktarılabilmesi ve uyum sağlayabilmesi yeteneğidir. Taşınabilirlik, yazılımın platform bağımsızlığını, adaptasyon kolaylığını ve farklı çevrelerde etkin bir şekilde çalışabilme kabiliyetini ifade eder. Yüksek taşınabilirlik özelliğine sahip yazılımlar, farklı teknolojik altyapılara kolayca entegre olabilir ve geniş bir kullanıcı kitlesine hitap edebilir. Bu, yazılımın pazarda daha geniş bir kabul görme şansını artırır ve kullanıcıların farklı platformlarda tutarlı bir deneyim yaşamasını sağlar.

Sürdürülebilirlik: Yazılımın zaman içinde değişen ihtiyaçlara ve teknolojik gelişmelere adaptasyon yeteneğini ifade eder. Sürdürülebilirlik, yazılımın esnekliği, modüler yapısı, güncellenebilirliği ve gelecekteki genişletilebilirliğini kapsar. Sürdürülebilir yazılımlar, uzun vadeli yatırımlar için daha uygun olup, teknolojik değişikliklere ve kullanıcı ihtiyaçlarının evrimine uyum sağlayarak etkinliğini koruyabilir. Bu özellik, yazılımın uzun vadeli başarısını ve kullanıcı memnuniyetini artırır, işletmelerin sürekli yazılım yenileme maliyetlerinden kaçınmasına yardımcı olur.

2.2. Literatür Taraması

ERP yazılım programı üzerine yapılan literatür taramasında ulusal ve uluslararası makaleler incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, ERP yazılım programı seçiminde ÇKKV yöntemlerinden en çok AHP, ANP, bulanık AHP, bulanık ANP, TOPSIS ve bulanık TOPSIS yöntemlerinin kullanılmış olduğu görülmüştür. ERP yazılım programı

seçiminde kullanılan ÇKKV yöntemlerine ilişkin çalışmaların çok sayıda olması nedeniyle Tablo 1’de bu çalışmaların bir kısmına yer verilmiştir.

Tablo 1. ERP Yazılım Programıyla İlgili Çalışmalar

Çalışmanın Konusu	Yazar, Yıl	Yöntem
ERP yazılım programı seçiminde kullanılabilen kriterler	Bueno ve Salmeron (2008)	Bulanık AHP
ERP sistemi seçiminde karar verme kriterlerinin belirlenmesi	Karsak ve Özoğlu (2009)	Delphi ve Shannon Entropi
Bir firma için ERP yazılım programı seçimi	Gürbüz vd. (2012)	ANP, Choquet integrali (CI), MACBETH
Çelik enstitüsü için uygun ERP yazılım programı seçimi	Jafarnejad vd. (2012)	Shannon Entropi, DEMATEL, Bulanık AHP
İzmir’de bulunan bir imalat firmasının ERP yazılım programı seçimi	Kazançoğlu ve Burmaoğlu (2013)	TODIM
Bir üretim sektörü için en uygun KKP sisteminin seçimi	Vatansever ve Uluköy (2013)	Bulanık AHP ve Bulanık MOORA
ERP yazılım programı seçiminde kullanılan ÇKKV yöntemlerinin incelemesi	Brzozowski ve Birfer (2017)	ÇKKV yöntemleri
ERP yazılım programı seçim problemi için belirsizlik altında yeni bir ÇKKV yöntemi önerisi	Temur ve Bolat (2018)	Cloud-Based Design Optimization (CBDO)
Kobiler için bulut tabanlı ERP sisteminin seçimi	Hinduja ve Pandey (2019)	DEMATEL, Bulanık ANP, Bulanık AHP
Bulut ERP yazılım programının başarı faktörlerinin değerlendirilmesi	Naveed (2021)	Grup karar verme tabanlı AHP
Orta ölçekli işletmelerin günlük operasyonlarında kullanmak için ERP yazılım programı seçimi	Şahin ve Karagül (2022)	FUCOM, COPRAS, BWM, SWARA
ERP yazılım programı seçimi	Thanh (2022)	Bulanık AHP, TOPSIS
ERP yazılım programı seçimi	De La Paz (2023)	Bulanık PIPRECIA ve Bulanık MOORA

3. YÖNTEM

3.1 Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Bulanık karar verme, modern karar teorisinde önemli bir yere sahip olan, belirsizlik koşulları altında optimal kararların alınmasını sağlayan bir yöntemdir. Bu yaklaşım, gerçek dünya problemlerinin içerdiği belirsizlik ve karmaşıklıkla başa çıkmak için geliştirilmiştir. Bulanık karar verme, Lotfi A. Zadeh tarafından 1965 yılında geliştirilen bulanık mantık kavramı temel alınarak oluşturulmuştur. Bulanık mantığın temel prensibi, geleneksel ikili mantık sistemlerinin kesin doğru veya yanlış değerlerine alternatif olarak, gerçek dünyanın belirsiz doğasını daha iyi yansıtan ara değerler sunmasıdır. Bu yaklaşım, karar verme süreçlerinde belirsizliği yönetme ve gerçekçi sonuçlar üretme amacını taşır (Dweiri ve Kablan, 2006: 715).

Karar verme süreci, bireylerin veya organizasyonların hedeflerine ulaşmak için mevcut alternatifler arasında seçim yapmalarını gerektiren bir süreçtir. Bireyler, karar verirken genellikle kendi bilgi, tecrübe ve düşüncelerini temel alırken, daha karmaşık karar verme durumlarında matematiksel analizler ve modeller kullanılabılır. Matematiksel yöntemler, problemin tanımlanması, analiz edilmesi ve çözüm yollarından birinin seçilmesi

sürecinde kritik bir role sahiptir. Karar verme sürecinde ilk matematiksel yöntemlerin kullanımı, Vilfredo Pareto tarafından öncülük edilen öncelik ve fayda fonksiyonlarının belirlenmesiyle başlamıştır. Daha sonra, bu yöntemler geliştirilerek Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri ortaya çıkmıştır (Zavadskas vd., 2005: 8).

ÇKKV, birden fazla kriterin göz önünde bulundurulduğu ve bu kriterler ışığında en uygun alternatifin seçilmesi, alternatiflerin sıralanması veya sınıflandırılması sürecini ifade eder. ÇKKV yöntemleri, karar vericilere karmaşık karar verme süreçlerinde yönlendirme ve destek sağlar (Rangel vd., 2011: 236). Bulanık çok kriterli karar verme, bulanık mantık prensiplerini ÇKKV yöntemleri ile bütünleştirerek, net olmayan, eksik veya belirsiz bilgilerin olduğu durumlarda karar verme sürecini iyileştirmeyi amaçlar. Bu yaklaşım, karar vericilerin düşünce tarzına daha yakın, matematiksel analizlerle desteklenen bir karar alma süreci sunar.

Bulanık ÇKKV yöntemleri, belirsizlik ve subjektiviteyi içeren çeşitli gerçek dünya problemlerinde kullanılmaktadır. Bu yöntemler, sağlık, mühendislik, finans, yönetim ve çevresel planlama gibi geniş bir yelpazede uygulama alanlarına sahiptir. Bulanık ÇKKV'nin temel avantajı, belirsiz ve karmaşık durumlarda karar vericilere daha esnek ve gerçekçi karar alma imkânı sunmasıdır. Bu yöntemler, alternatiflerin değerlendirilmesi ve kriterlerin ağırlıklandırılması sürecinde bulanık mantık setlerini kullanarak, karar verme sürecindeki belirsizlik ve subjektif değerlendirmeleri matematiksel bir temele oturtur.

3.2 Bulanık SWARA

Klasik Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri, insan düşünüş tarzına uzak olmaları nedeniyle belirsizlikler ve öznel değerlendirmeler içeren karar süreçlerinde yetersiz kalabilmektedir. Bu zorlukların üstesinden gelmek amacıyla, klasik ÇKKV yöntemlerine bulanık mantığın entegrasyonu ile bulanık ÇKKV yöntemleri geliştirilmiştir (Mavi vd., 2017: 6). SWARA (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis- Kademeli Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi) yöntemi, Kersulienė vd. (2010) tarafından geliştirilmiş bir kriter ağırlıklandırma yöntemidir. SWARA yönteminin basit ve anlaşılır bir yapıya sahip olması, uzman görüşlerini sistematik bir şekilde entegre etmesi ve adım adım değerlendirme süreciyle kriterleri ağırlıklandırılması yöntemin yaygın olarak kullanılmasının temel nedenidir. Bununla birlikte karar problemlerinde çok sayıda kriterin olduğu durumlarda ikili karşılaştırmaların sayısının çok fazla olması uygulamada tutarsızlıklara yol açabilmektedir. (Ayçin, 2020: 258). Diğer yöntemlere kıyasla SWARA yöntemi hem bu tutarsızlığın üstesinden gelmekte hem de araştırmacıların zaman ve maliyet tasarrufu sağlamasına imkân tanımaktadır (Maruf ve Özdemir, 2021: 1519).

SWARA yöntemi; kriterlerin en önemliden başlanarak sıralanması, her bir kriterin görece önemini belirlenmesi, her bir kriter için k_j katsayılarının hesaplanması, ağırlık vektörlerinin belirlenmesi ve kriterlere ait ağırlıkların hesaplanması aşamalarından oluşmaktadır (Çakır, 2016: 882). Bulanık SWARA yönteminde, klasik SWARA yönteminde kullanılan kesin ifadeler yerine bulanık sayılardan yararlanarak kriterlerin görece önem dereceleri belirlenmektedir. Belirsizlik içeren durumlarda, bulanık yöntemlerin kullanılması karar vericiye daha etkin ve gerçeğe yakın sonuçlar sunmaktadır. Bulanık SWARA yöntemi ile karar vericiler mevcut ekonomik ve çevresel koşullar altında kendi önceliklerini belirlemede diğer yöntemlere göre daha güvenilir sonuçlar elde etmektedir (Zolfani ve Sapauskas, 2013: 410). Bulanık SWARA yönteminin aşamaları ve bulanık değerlendirme ölçeği aşağıdaki gibidir (Perçin, 2019: 534-535).

Tablo 2. Bulanık Değerlendirme Ölçeği

Dilsel Değişken	S_{jdl}	S_{jdm}	S_{jdu}
Çok Düşük	0,000	0,000	0,300
Düşük	0,000	0,250	0,500
Orta	0,300	0,500	0,700
Yüksek	0,500	0,750	1,000
Çok yüksek	0,700	1,000	1,000

- Aşama:** Uzman görüşleri alınarak karar problemi için kriterler belirlenir ve bu kriterler ($j=1,2,3,\dots, n$) en önemliden başlanarak uzmanlar tarafından sıralanır.
- Aşama:** İkinci kriterden başlanarak her bir kriterin görece önem düzeyi Tablo 2 ile uzmanlar tarafından belirlenir. Örneğin kriter j bir önceki kriter ($j-1$)' göre değerlendirilir ve s_j değerleri Eşitlik 1, 2 ve 3'teki gibi elde edilir.

$$S_{jdl} = \frac{\sum_{d=1}^D s_{jdl}}{D} \quad (1)$$

$$S_{jdm} = \frac{\sum_{d=1}^D s_{jdm}}{D} \quad (2)$$

$$s_{jdu} = \frac{\sum_{d=1}^D s_{jdu}}{D} \quad (3)$$

$$\tilde{s}_j = (s_{jl}, s_{jdm}, s_{jdu}) \quad (4)$$

3. Aşama: Keršulienė ve ark. (2010) “ortalama değerin karşılaştırmalı önemi” olarak adlandırdıkları s_j değeri ve katsayı k_j değerleri Eşitlik (5)’deki gibi belirlenir.

$$k_j = \begin{cases} 1, & j = 1 \\ s_j + 1, & j > 1 \end{cases} \quad (5)$$

4. Aşama: Önem vektörü q_j Eşitlik (6)’daki gibi hesaplanır.

$$q_j = \begin{cases} 1, & j = 1 \\ \frac{x_j}{k_j}, & j > 1 \end{cases} \quad (6)$$

5. Aşama: Kriterlere ait bulanık değerler (w_j) hesaplanır.

$$w_{jl} = \frac{q_{jl}}{\sum_{k=1}^n q_{ju}}, w_{jm} = \frac{q_{jm}}{\sum_{k=1}^n q_{jm}}, w_j = \frac{q_{ju}}{\sum_{k=1}^n q_{jl}} \quad (7)$$

w_j j. Kriterin bulanık olarak önemini ifade etmektedir. Hesaplamalar boyunca ifadeler üçgensel bulanık sayılar ile $l_1 \leq m_1 \leq u_1$ olacak şekilde $A_1 = (l_1, m_1, u_1)$ şeklinde gösterilecektir.

6. Aşama: Hesaplanan ağırlıklar bulanık yapıda olduğu için durulaştırma işlemi Kiani vd. (2017)’nin çalışmasındaki gibi yapılmaktadır.

$$w_j = \frac{(w_j^u - w_j^l) + (w_j^m - w_j^l)}{3} + w_j^l \quad (8)$$

Bulanık SWARA yöntemi tedarik zinciri belirlemede, yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesinde, şehir ve bölge planlamasında olmak üzere birçok çalışmada kullanılmıştır. Yöntemin, subjektif kriter ağırlıklandırma yöntemleri içerisinde kolay bir kullanım sağlaması ve diğer ÇKKV yöntemleri ile kullanılarak anlamlı veriler elde edilmesi yöntemin tercih edilmesinin sebeplerindedir. Bulanık SWARA yöntemine ait çeşitli alanlarda yapılan çalışmalar Tablo 3’teki gibi gösterilmiştir.

Tablo 3. Bulanık SWARA Yöntemi Literatür Taraması

Çalışmanın Konusu	Yazar, Yıl	Yöntem
Sürdürülebilir üretim tedarik zincirinde bulunan risklerin azaltılması için çözümlerin değerlendirilmesi	Ansari vd. (2020)	Bulanık SWARA ve Bulanık COPRAS
Havayolu firmalarının kabin memuru seçimindeki kriterlerin değerlendirilmesi	Özdağoğlu vd. (2021)	Bulanık SWARA ve Bulanık MARCOS
Bulanık SWARA yönteminin Chang ölçeği kullanımından doğan yanlışların incelenmesi	Stević vd. (2022)	Bulanık SWARA
Bir işletme yapılan her işin değerini belirleyerek adil bir ücret sistemi için iş değerlemesi	Şengül ve Çağıl (2020)	Bulanık SWARA ve Bulanık AHP
Sürdürülebilir havaalanı tasarımının değerlendirilmesi	Kaya ve Erginel (2020)	Kararsız bulanık SWARA
Lojistik merkezi için uygun yer seçiminin belirlenmesi	Ulutaş vd. (2020)	Bulanık SWARA ve CoCoSo
Sürdürülebilir tedarikçi seçimi	Rani vd. (2020)	Tereddütlü Bulanık SWARA ve COPRAS

İnsani tedarik zinciri yönetimde karşılaşılan engellerin üstesinden gelinmesi için çözümlerin değerlendirilmesi	Agarwal vd. (2020)	Bulanık SWARA ve Bulanık WASPAS
Elektrikli otomobiller için şarj istasyonu yer seçiminin değerlendirilmesi	Ren vd. (2019)	Bulanık SWARA ve WASPAS
Askeri teçhizat edarikçisi seçimin değerlendirilmesi	Peng vd. (2024)	Bulanık SWARA ve MARCOS
Blockchain tekonojisi seçimini etkileyen faktörlerin değerlendirilmesi	Yarlıkaş ve Pak (2024)	Bulanık SWARA
Dağıtım merkezi yer seçim probleminin değerlendirilmesi	Puşka vd. (2023)	Bulanık SWARA ve Bulanık CRADİS

3.3. Bulanık CoCoSo

CoCoSo (Combined Compromise Solution- Kombine Uzlaşmacı Çözüm) yöntemi, 2019 yılında Yazdani vd. tarafından üssel olarak ağırlıklandırılmış çarpım yaklaşımı ile basit toplamsal ağırlıkları bütünleştirerek yeni bir ÇKKV yöntemi olarak önerilmiştir (Ecer ve Pamucar, 2020: 7). Yöntemin önemli bir avantajı negatif değerlerin olduğu karar matrisinde özel bir dönüşüme ihtiyaç duymamasıdır. Ayrıca yönteme yeni bir alternatif eklemek veya mevcut alternatiflerden birini çıkarmak elde edilen nihai sonuçları etkilememektedir (Demir vd., 2022: 9). CoCoSo yönteminde karar alternatiflerinin fayda değeri, toplama ve birleştirme operatörleri aracılığıyla bulunmaktadır. Elde edilen fayda değerleri bir araya getirilerek birleştirme fonksiyonu sağlanır (Yenilmez ve Ertuğrul, 2022: 256). Bu çalışmada bulanık CoCoSo yönteminin tercih edilmesinin nedeni, yöntemin sağladığı avantajların yanı sıra, güncel bir yaklaşım olması ve daha önce ERP yazılım seçiminde kullanılmamış olmasıdır; bu da yöntemin yenilikçi ve etkili bir çözüm sunmasına olanak tanımaktadır.

Bulanık CoCoso yönteminde ise, dilsel değişkenler yardımıyla kriterler ve alternatifler değerlendirilir. Bulanık CoCoSo yönteminde kullanılan dilsel değişkenler Tablo 4'teki gibidir.

Tablo 4. Bulanık CoCoSo Yönteminde Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Bulanık Değerlendirme Ölçeği

Dilsel Değişkenler	Bulanık Karşılıkları		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
Kesinlikle Daha Az Önemli	0,222	0,250	0,286
Ağırlıklı Olarak Daha Az Önemli	0,250	0,286	0,333
Çok Daha Az Önemli	0,286	0,333	0,400
Gerçekten Daha Az Önemli	0,333	0,400	0,500
Daha Az Önemli	0,400	0,500	0,667
Orta Derecede Daha Az Önemli	0,500	0,667	1,000
Zayıf Olarak Daha Az Önemli	0,667	1,000	1,000

Bulanık CoCoSo yönteminin aşamaları aşağıdaki gibidir (Ulutaş vd., 2021: 1235-1237).

1. Aşama: Bulanık karar matrisinin oluşturulması

$$\tilde{Z} = [\tilde{z}_{ij}]_{k \times n} = \begin{bmatrix} \tilde{z}_{11} & \cdots & \tilde{z}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{z}_{k1} & \cdots & \tilde{z}_{kn} \end{bmatrix} \quad (9)$$

2. Aşama: Bulanık karar matrisi fayda-maliyet özelliklerine göre normalize edilir.

$$\text{Faydalı Kriter} \quad \tilde{r}_{ij} = [(r_{ij}^l, r_{ij}^m, r_{ij}^u)] = \frac{\tilde{z}_{ij} - \min(\tilde{z}_{ij})}{\max(\tilde{z}_{ij}) - \min(\tilde{z}_{ij})}$$

$$= \left(\frac{z_{ij}^u - \min(z_{ij}^l)}{\max(z_{ij}^u) - \min(z_{ij}^l)}, \frac{z_{ij}^m - \min(z_{ij}^l)}{\max(z_{ij}^m) - \min(z_{ij}^l)}, \frac{z_{ij}^u - \min(z_{ij}^l)}{\max(z_{ij}^u) - \min(z_{ij}^l)} \right) \tag{10}$$

Faydasız Kriter $\tilde{r}_{ij} = [(r_{ij}^l, r_{ij}^m, r_{ij}^u)] = \frac{\max(\tilde{z}_{ij}) - \tilde{z}_{ij}}{\max(\tilde{z}_{ij}) - \min(\tilde{z}_{ij})}$

$$= \left(\frac{\max(z_{ij}^u) - z_{ij}^u}{\max(z_{ij}^u) - \min(z_{ij}^l)}, \frac{\max(z_{ij}^u) - z_{ij}^m}{\max(z_{ij}^u) - \min(z_{ij}^l)}, \frac{\max(z_{ij}^u) - z_{ij}^l}{\max(z_{ij}^u) - \min(z_{ij}^l)} \right) \tag{11}$$

3. Aşama: Bulanık ağırlıklı karşılaştırılabilirlik dizisi toplamı $(\tilde{S}_i(S_i^l, S_i^m, S_i^u))$ ve her bir alternatif için karşılaştırılabilirlik dizilerinin güç ağırlığı toplamı $\tilde{P}_i(P_i^l, P_i^m, P_i^u)$ hesaplanır. Burada \tilde{S}_i ve \tilde{P}_i değerleri WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product Assessment) yönteminin çarpımsal özelliğinden yararlanılarak elde edilir. WASPAS yöntemi, ÇKKV problemlerinde kullanılan bir teknik olup, ağırlıklı toplam ve ağırlıklı çarpım modellerini birleştirerek alternatiflerin değerlendirilmesini sağlar. Bu yöntem, her bir alternatifin performansını hem toplam (aritmetik) hem de çarpımsal (geometrik) olarak değerlendirir, bu sayede karar verme sürecinde daha dengeli ve esnek sonuçlar elde edilir. Çarpım modeli ile kriterlerin etkilerini geometrik olarak birleştirilmektedir böylelikle düşük performans gösteren bir kriterin genel değerlendirme üzerindeki etkisi daha belirgin hale gelmektedir (Senapati vd., 2021: 8826).

$$\tilde{S}_i = (S_i^l, S_i^m, S_i^u) = \sum_{j=1}^n \tilde{w}_{jc} \tilde{r}_{ij} = (\sum_{j=1}^n w_{jc}^l r_{ij}^l, \sum_{j=1}^n w_{jc}^m r_{ij}^m, \sum_{j=1}^n w_{jc}^u r_{ij}^u) \tag{12}$$

$$\tilde{P}_i = (P_i^l, P_i^m, P_i^u) = \sum_{j=1}^n (\tilde{r}_{ij})^{\tilde{w}_{jc}} = (\sum_{j=1}^n (r_{ij}^l)^{w_{jc}^u}, \sum_{j=1}^n (r_{ij}^m)^{w_{jc}^m}, \sum_{j=1}^n (r_{ij}^u)^{w_{jc}^l}) \tag{13}$$

4. Aşama: Elde edilen üç bulanık değerlendirme puanı ile değerlendirme stratejileri hesaplanır.

$$\tilde{f}_{ia} = (f_{ia}^l, f_{ia}^m, f_{ia}^u) = \frac{\tilde{P}_i + \tilde{S}_i}{\sum_{i=1}^k (\tilde{P}_i + \tilde{S}_i)}$$

$$= \left(\frac{P_i^l + S_i^l}{\sum_{i=1}^k (P_i^l + S_i^l)}, \frac{P_i^m + S_i^m}{\sum_{i=1}^k (P_i^m + S_i^m)}, \frac{P_i^u + S_i^u}{\sum_{i=1}^k (P_i^u + S_i^u)} \right) \tag{14}$$

$$\tilde{f}_{ib} = (f_{ib}^l, f_{ib}^m, f_{ib}^u) = \frac{\tilde{S}_i}{\min(\tilde{S}_i)} + \frac{\tilde{P}_i}{\min(\tilde{P}_i)} = \left(\frac{S_i^l}{\min(S_i^l)}, \frac{P_i^l}{\min(P_i^l)}, \frac{S_i^m}{\min(S_i^m)} + \frac{P_i^m}{\min(P_i^m)}, \frac{S_i^u}{\min(S_i^u)}, \frac{P_i^u}{\min(P_i^u)} \right) \tag{15}$$

$$\tilde{f}_{ic} = (f_{ic}^l, f_{ic}^m, f_{ic}^u) = \frac{\lambda(\tilde{S}_i) + (1-\lambda)(\tilde{P}_i)}{\lambda \max(\tilde{S}_i) + (1-\lambda) \max(\tilde{P}_i)}$$

$$\left(\frac{\lambda(S_i^l) + (1-\lambda)(P_i^l)}{\lambda \max(S_i^l) + (1-\lambda) \max(P_i^l)}, \frac{\lambda(S_i^m) + (1-\lambda)(P_i^m)}{\lambda \max(S_i^m) + (1-\lambda) \max(P_i^m)}, \frac{\lambda(S_i^u) + (1-\lambda)(P_i^u)}{\lambda \max(S_i^u) + (1-\lambda) \max(P_i^u)} \right) \tag{16}$$

5. Aşama: Bulanık değerlendirme puanlarının $(\tilde{f}_{ia}, \tilde{f}_{ib}, \tilde{f}_{ic})$ net değerlendirme puanlarına dönüştürülür.

$$f_{ia} = \frac{f_{ia}^l + f_{ia}^m + f_{ia}^u}{3} \quad f_{ib} = \frac{f_{ib}^l + f_{ib}^m + f_{ib}^u}{3} \quad f_{ic} = \frac{f_{ic}^l + f_{ic}^m + f_{ic}^u}{3} \tag{17}$$

6. Aşama: Her bir alternatif için nihai puan f_i elde edilmesi için net değerlendirme puanları birleştirilir. En yüksek puana sahip alternatif en iyi alternatiftir.

$$f_i = (f_{ia} f_{ib} f_{ic})^{1/3} + \left(\frac{1}{3}\right) (f_{ia} + f_{ib} + f_{ic}) \tag{18}$$

Bulanık CoCoSo yöntemi güncel bir yöntem olmasına karşın literatürde sıklıkla kullanılmıştır. Özellikle sürdürülebilir tedarikçi seçimi, yer seçim problemleri ve risk değerlendirmede kullanılmıştır. Ayrıca bulanık CoCoSo yöntemi genellikle ÇKKV yöntemlerinden kriter ağırlıklandırma yöntemleri ile bütünleştirilmiş veya farklı ÇKKV yöntemleri ile kıyaslanmıştır.

Tablo 5. Bulanık CoCoSo Yöntemi Literatür Taraması

Çalışmanın Konusu	Yazar, Yıl	Yöntem
Sürdürülebilir tedarik zinciri seçiminin değerlendirilmesi	Ecer ve Pamucar (2020)	Bulanık BWM ve Bulanık CoCoSo
Dış kaynak kullanımı risklerinin değerlendirilmesi	Yazdani vd. (2021)	Bulanık CoCoSo

Sürdürülebilir kentsel hareket planlarının değerlendirilmesi	Demir vd. (2022)	Bulanık FUCOM ve Bulanık CoCoSo
Hisse senedi portföy seçim probleminin değerlendirilmesi	Narang vd. (2022)	Bulanık CoCoSo
Blockchain platformu seçimi	Laı vd. (2022)	Bulanık CoCoSo
Silah sistemleri seçiminde tanksavar güdümlü füze seçimi	Erdal vd. (2023)	Bulanık ENTROPİ ve Bulanık CoCoSo
Konteyner limanı seçim yerinin değerlendirilmesi	Pamucar ve Görçün (2022)	Bulanık LBWA ve Bulanık CoCoSo
Organik tarımın benimsenmesindeki temel engellerin incelenmesi	Portillo vd. (2023)	BWM ve Bulanık CoCoSo

4. UYGULAMA

Araştırmanın uygulama bölümünde, işletmeler için en uygun ERP yazılım programını değerlendirme ve seçme süreci detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Bu süreç, kritik seçim kriterlerinin belirlenmesi, bulanık mantık tabanlı ÇKKV yöntemleri kullanılarak bu kriterlere göre ERP yazılım programlarının değerlendirilmesi ve en uygun yazılımın seçilmesi aşamalarını içermektedir. İlk aşamada, ERP yazılım programı seçiminde önemli olduğu düşünülen kriterler belirlenmiştir. Bu kriterler, ISO/IEC 25010 yazılım kalite standartları temel alınarak seçilmiş ve sekiz ana kriter üzerinden ERP yazılım programlarının değerlendirilmesi planlanmıştır. Bu kriterler, fonksiyonel uygunluk (K1), güvenilirlik (K2), kullanılabilirlik (K3), uyumluluk (K4), performans verimliliği (K5), güvenlik (K6), taşınabilirlik (K7) ve sürdürülebilirlik (K8) olarak ifade edilmiştir.

Araştırmada kullanılan bulanık mantık tabanlı ÇKKV yöntemlerinden ilki, Bulanık SWARA yöntemidir. Bu yöntemle belirlenen kriterlerin önem dereceleri ve ağırlıkları hesaplanmıştır. Bulanık SWARA yönteminin, kriter belirleme aşamasında tercih edilmesinin nedeni hem literatüre katkı sağlamak hem de ERP yazılımı seçimi gibi çok sayıda kriterin değerlendirilmesini gerektiren karmaşık bir karar verme sürecinde, kriter sayısının fazlalığından kaynaklanabilecek tutarsızlıkların önüne geçmektir. ERP yazılımı seçiminde, karar vericilerin değerlendirmeleri genellikle öznel ve belirsizdir. Örneğin, bir yazılımın "güvenilirliği" veya "performansı" gibi kriterler, kesin ölçümlerle değil, karar vericilerin sezgisel yargılarına dayanır. Bulanık SWARA yöntemi, bu tür belirsizlikleri bulanık mantıkla modelleyerek değerlendirmeleri daha gerçekçi ve güvenilir hale getirir.

Kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde, ERP yazılımı seçim süreçlerinde deneyimli dört yazılım uzmanının görüşlerine başvurulmuştur. Bu uzmanlar, farklı sektörlerde ERP uygulamaları ve yazılım geliştirme süreçlerinde uzun yıllara dayanan tecrübeye sahiptir. Uzmanlardan biri üretim sektöründe ERP uygulamaları üzerine çalışırken, bir diğeri lojistik ve tedarik zinciri yönetiminde ERP entegrasyonu konusunda uzmandır. Üçüncü uzman, yazılım kalite standartları ve performans optimizasyonu alanında çalışmaktadır. Son uzman ise küçük ve orta ölçekli işletmelere yönelik ERP çözümlerinde danışmanlık deneyimine sahiptir. Bu uzmanların her biri, kriterlerin kendi uzmanlık alanları açısından önem derecelerini değerlendirerek, daha gerçekçi ve kapsamlı bir ağırlıklandırma sürecine katkıda bulunmuştur. Bulanık SWARA yöntemi, bu uzmanların değerlendirmeleriyle her bir kriterin ERP yazılımı seçim sürecindeki ağırlığını ve önemini netleştirmiştir.

Elde edilen kriter ağırlıkları, ikinci aşamada Bulanık CoCoSo yöntemi ile entegre edilerek, Türkiye'de yaygın olarak kullanılan beş ERP yazılım programı (DİA, SAP, WORKCUBE, NETSUITE, UYUMSOFT) değerlendirilmiştir. Birçok ERP yazılım programı bulunmasına rağmen, bu beş programın seçilmesinin temel nedeni, bu programların bulut tabanlı olmasıdır (<https://mavvo.com.tr/blog/top-5-bulut-erp-programi/>). Bulut tabanlı ERP programları, işletmelerin finans, üretim ve insan kaynakları gibi süreçlerini internet üzerinden yönetmesini sağlayan, düşük maliyetli ve esnek bir sistemdir. Geleneksel ERP'ye kıyasla, fiziksel sunucuya ihtiyaç duymaz, her yerden erişim imkânı sunar ve güncellemeler otomatik olarak yapılır. Buna karşılık, geleneksel ERP, şirket içi sunucularda çalışır, yüksek donanım ve bakım maliyeti gerektirir, erişim genellikle yerel cihazlarla sınırlıdır ve güncellemeler manuel olarak yapılır (Alper, 2021: 27).

Bulanık CoCoSo yöntemi, ERP yazılımı gibi çok kriterli ve karmaşık karar verme süreçlerinde alternatiflerin sıralanması ve karşılaştırılmasında etkili bir araçtır. Bu yöntemin tercih edilmesinin temel nedeni, farklı karar verici grupların bakış açılarını ve kriterlerini entegre ederek karşılıklı uzlaşmaya dayalı bir çözüm sunabilmesidir. CoCoSo yöntemi, basit toplamsal ağırlıklandırma, üstel ağırlıklı ve uzlaşmacı çözüm yaklaşımlarını birleştirerek alternatiflerin fayda değerlerini hesaplar ve alternatifleri sıralar. Ayrıca bu yöntemin, sıra tersine çevirme sorununa sahip olmaması, yani yeni bir alternatif eklenmesi veya mevcut bir alternatifin çıkarılması durumunda sıralamanın

değişmemesi nedeniyle güvenilir sonuçlar sunduğu savunulmaktadır. Buna ek olarak CoCoSo yöntemi alternatiflerin fayda ve maliyet unsurlarını üç farklı toplama stratejisiyle birleştirerek, daha dengeli ve gerçekçi sıralamalar yapar (Yazdani vd., 2019: 2507). ERP yazılımı seçiminde, farklı paydaşların değerlendirme kriterlerinin dikkate alınması gerektiğinden, Bulanık CoCoSo yöntemi, belirsizlikleri yönetme, karmaşık problemleri sadeleştirme ve güvenilir çözümler sunma özellikleriyle bu çalışmada ideal bir yöntem olarak tercih edilmiştir.

Araştırmanın ilk aşamasında, ERP yazılım programı seçimi için alanında uzman dört kişinin, ISO/IEC 25010 yazılım kalite modelinde bulunması gereken sekiz kriteri değerlendirmesi istenmiştir. Bu değerlendirmelere Bulanık SWARA yöntemi uygulanmış ve Tablo 6’da sunulan kriter değerlendirmeleri doğrultusunda ERP yazılımı seçim süreci şekillendirilmiştir.

Tablo 6. Karar Vericilerin Bulanık SWARA Yöntemine Göre Kriterleri Değerlendirmesi

	Karar Verici-1			Karar Verici-2			Karar Verici-3			Karar Verici-4		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>U</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
K1	0,700	1,000	1,000	0,300	0,500	0,700	0,700	1,000	1,000	0,500	0,750	1,000
K2	0,000	0,250	0,500	0,700	1,000	1,000	0,700	1,000	1,000	0,500	0,750	1,000
K3	0,300	0,500	0,700	0,700	1,000	1,000	0,500	0,750	1,000	0,300	0,500	0,700
K4	0,700	1,000	1,000	0,500	0,750	1,000	0,500	0,750	1,000	0,700	1,000	1,000
K5	0,300	0,500	0,700	0,300	0,500	0,700	0,300	0,500	0,700	0,700	1,000	1,000
K6	0,000	0,250	0,500	0,500	0,750	1,000	0,300	0,500	0,700	0,000	0,250	0,500
K7	0,000	0,000	0,300	0,000	0,250	0,500	0,000	0,250	0,500	0,300	0,500	0,700
K8	0,000	0,000	0,300	0,000	0,000	0,300	0,000	0,000	0,300	0,000	0,000	0,300

Uzmanların kriterleri değerlendirmesi için Tablo 2 bulanık değerlendirme ölçeği kullanılmış olup değerlendirilen kriterlerin ortalaması alınarak birleştirilmiş bulanık karar matrisi elde edilmiştir. Birleştirilmiş bulanık karar matrisi ile “ortalama değer karşılaştırmalı önemi” olarak adlandırılan s_j değeri ve katsayı k_j değerleri denklem (5)’deki gibi elde edilmiştir. Daha sonra önem vektörü q_j ve kriterlere ait bulanık değerler (w_j) değerleri Tablo 7’deki gibi bulunmuştur.

Tablo 7. Bulanık SWARA Yönteminin Sonuçları

	s_j			k_j			q_j			w_j		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
K1				1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,318	0,416	0,465
K2	0,475	0,750	0,875	1,475	1,750	1,875	0,533	0,571	0,678	0,170	0,238	0,315
K3	0,450	0,688	0,850	1,450	1,688	1,850	0,288	0,339	0,468	0,092	0,141	0,217
K4	0,600	0,875	1,000	1,600	1,875	2,000	0,144	0,181	0,292	0,046	0,075	0,136
K5	0,400	0,625	0,775	1,400	1,625	1,775	0,081	0,111	0,209	0,026	0,046	0,097
K6	0,200	0,438	0,675	1,200	1,438	1,675	0,048	0,077	0,174	0,015	0,032	0,081
K7	0,075	0,250	0,500	1,075	1,250	1,500	0,032	0,062	0,162	0,010	0,026	0,075
K8	0,000	0,000	0,300	1,000	1,000	1,300	0,025	0,062	0,162	0,008	0,026	0,075

Tablo 5’te bulunan veriler göz önüne alındığında en önemli kriterlerin sırasıyla fonksiyonel uygunluk (K1), güvenilirlik (K2), kullanılabilirlik (K3) olduğu görülmektedir. En az öneme sahip kriter ise sürdürülebilirlik (K8) ve taşınabilirlik (K7) olmaktadır. Bulanık SWARA yöntemiyle elde edilen bulanık kriter ağırlıkları bulanık CoCoSo yönteminde kullanılmıştır. Bulanık CoCoSo yönteminde değerlendirilen alternatifler; DİA (A1), SAP (A2), WORKCUBE (A3), NETSUİTE (A4) ve UYUMSOFT (A5) olarak belirlenmiş olup, uzman kişilerin değerlendirmesi sonucu elde edilen bulanık karar matrisleri birleştirilmiş ve normalize karar matrisi Eşitlik (10)’a göre hesaplanmıştır. Bulanık CoCoSo yöntemine ait bulanık normalize karar matrisi Tablo 8 ve Tablo 9’deki gibidir.

Tablo 8. Bulanık Cocoso Bulanık Normalize Karar Matrisi

	K1			K2			K3			K4		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
A1	0,173	0,398	0,561	0,237	0,509	0,716	0,419	0,797	1,000	0,326	0,623	0,932
A2	0,248	0,499	1,000	0,077	0,211	0,423	0,243	0,486	0,662	0,421	0,798	1,000
A3	0,073	0,255	0,335	0,339	0,668	1,000	0,098	0,256	0,556	0,032	0,153	0,239
A4	0,000	0,116	0,318	0,000	0,099	0,242	0,103	0,264	0,508	0,127	0,292	0,603
A5	0,130	0,335	0,461	0,165	0,352	0,685	0,000	0,088	0,215	0,000	0,056	0,180

Tablo 9. Bulanık Cocoso Bulanık Normalize Karar Matrisi Devamı

	K5			K6			K7			K8		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
A1	0,393	0,803	1,000	0,037	0,310	0,412	0,001	0,127	0,326	0,201	0,448	0,912
A2	0,219	0,469	0,954	0,172	0,460	1,000	0,241	0,499	1,000	0,220	0,448	1,000
A3	0,051	0,204	0,468	0,132	0,400	0,900	0,204	0,468	0,651	0,221	0,517	0,536
A4	0,000	0,119	0,302	0,000	0,180	0,460	0,038	0,188	0,447	0,082	0,316	0,395
A5	0,094	0,317	0,426	0,140	0,400	0,860	0,000	0,119	0,302	0,000	0,132	0,332

Normalize karar matrisi ile Bulanık SWARA yönteminden elde edilen bulanık ağırlıklar çarpılarak ağırlıklı normalize karar matrisi (S_i) Eşitlik 12 yardımıyla elde edilmiş ve her bir alternatif için karşılaştırılabilirlik dizilerinin güç ağırlığı toplamı P_i değerleri Eşitlik 13 yardımıyla hesaplanmıştır. P_i değerleri Tablo 10 ve Tablo 11'deki gibidir.

Tablo 10. P_i Değerleri

	K1			K2			K3			K4		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
w_j	0,318	0,416	0,465	0,170	0,238	0,315	0,092	0,141	0,217	0,046	0,075	0,136
A1	0,442	0,682	0,832	0,636	0,852	0,945	0,828	0,969	1,000	0,859	0,965	0,997
A2	0,523	0,749	1,000	0,445	0,690	0,864	0,735	0,903	0,963	0,889	0,983	1,000
A3	0,297	0,566	0,707	0,711	0,908	1,000	0,604	0,825	0,948	0,625	0,868	0,937
A4	0,000	0,408	0,694	0,000	0,577	0,786	0,610	0,829	0,940	0,756	0,912	0,977
A5	0,387	0,635	0,782	0,567	0,780	0,938	0,000	0,710	0,869	0,000	0,805	0,924

Tablo 11. P_i Değerleri Devamı

	K5			K6			K7			K8		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
w_j	0,026	0,046	0,097	0,015	0,032	0,081	0,010	0,026	0,075	0,008	0,026	0,075
A1	0,913	0,990	1,000	0,766	0,963	0,986	0,609	0,948	0,989	0,886	0,980	0,999
A2	0,863	0,966	0,999	0,867	0,975	1,000	0,898	0,982	1,000	0,892	0,980	1,000
A3	0,749	0,929	0,981	0,849	0,971	0,998	0,887	0,981	0,996	0,893	0,983	0,995
A4	0,000	0,906	0,970	0,000	0,946	0,988	0,782	0,958	0,992	0,829	0,971	0,993
A5	0,795	0,948	0,978	0,853	0,971	0,998	0,000	0,947	0,988	0,000	0,949	0,991

Elde edilen P_i değerleri ve S_i değerleri kullanılarak Eşitlik 14, Eşitlik 15 ve Eşitlik 16'daki gibi bulanık değerlendirme stratejileri hesaplanmış ve Tablo 12'de gösterilmiştir. Bulanık değerlendirme puanları için λ değeri karar vericiler tarafından 0,5 olarak belirlenmiştir.

Tablo 12. Bulanık Değerlendirme Puanları

	\tilde{f}_{ia}			\tilde{f}_{ib}			\tilde{f}_{ic}		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
A1	0,144	0,215	0,371	12,165	34,043	21,743	0,676	1,068	1,385
A2	0,148	0,210	0,380	11,316	30,260	24,543	0,693	1,024	1,467
A3	0,135	0,202	0,353	8,205	24,840	17,586	0,633	0,959	1,253
A4	0,071	0,182	0,332	2,144	12,049	11,894	0,331	0,799	1,086
A5	0,063	0,192	0,342	5,536	19,425	14,124	0,296	0,884	1,157

Bulanık değerlendirme puanları net değerlere dönüştürmek için Eşitlik 17'den yararlanılmış olup Tablo 13'te net değerler gösterilmiştir.

Tablo 13. Net Değerlendirme Puanları

Alternatifler	f_{ia}	f_{ib}	f_{ic}
A1	0,144	0,215	0,371
A2	0,148	0,210	0,380
A3	0,135	0,202	0,353
A4	0,071	0,182	0,332
A5	0,063	0,192	0,342

Net değerlendirme puanları birleştirilerek nihai puan f_i değerleri Eşitlik 18 yardımıyla hesaplanmış ve alternatifler sıralanmıştır. Burada en yüksek puana sahip alternatif en iyi alternatif olarak belirlenmiştir. Tablo 14'te alternatiflerin performans puanları ve sıralamaları gösterilmiştir.

Tablo 14. Alternatiflerin Performans Puanları ve Sıralama

Alternatifler	f_i	Sıralama	Alternatifler
A1	15,957	1	DİA
A2	15,565	2	SAP
A3	12,037	3	WORKCUBE
A4	6,420	5	NETSUİTE
A5	9,338	4	UYUMSOFT

Araştırmada bulanık CoCoSo yöntemine göre elde edilen sonuçlarda ERP yazılım programlarının arasından en iyi alternatifler sırasıyla DİA (A1) ve SAP (A2) olarak belirlenmiştir. Karar vericilerin tercihlerine göre en kötü alternatif ise NETSUİTE (A4) alternatifi olmaktadır.

5. SONUÇ

ERP sistemleri, işletmelerin verimliliğini artırma, maliyetleri düşürme, iş süreçlerini standardize etme ve karar verme mekanizmalarını güçlendirme gibi kritik avantajlar sunmaktadır. Bu sistemler, farklı departmanları bütünleştirerek veri akışını optimize eder ve süreçlerin daha etkin bir şekilde yönetilmesine olanak tanır. Ancak, yanlış bir ERP seçimi, işletmeler için hem zaman kaybına hem de maliyetlerin artmasına yol açabilir. Bu nedenle, ERP seçim süreci, işletmelerin stratejik karar alma süreçlerinde büyük bir önem taşımakta olup, bu süreçte kullanılacak yöntemlerin titizlikle belirlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmadan elde edilen bulgular, ERP yazılım programlarının seçim sürecinde fonksiyonel uygunluk, güvenilirlik ve kullanılabilirlik kriterlerinin ön plana çıktığını ortaya koymaktadır. İşletmelerin bu kriterlere öncelik vermesi, operasyonel süreçlerin verimliliği ve etkinliği açısından bu faktörlerin ne denli önemli olduğunu göstermektedir. Fonksiyonel uygunluk, yazılımın işletmenin gereksinimlerini ne derece karşıladığını ifade ederken; güvenilirlik, yazılımın sürekli ve hatasız bir şekilde çalışabilme kapasitesini yansıtır. Kullanılabilirlik ise, yazılımın kullanıcılar tarafından etkin bir şekilde kullanılabilmesini ve kullanıcı deneyiminin memnuniyet verici olmasını sağlar. Bu kriterlerin yüksek öncelikli olarak değerlendirilmesi, işletmelerin uzun vadede bu yazılımlardan maksimum fayda sağlamayı hedeflediğini göstermektedir.

Çalışmada önem dereceleri değerlendirilen bu kriterler doğrultusunda, DİA ve SAP yazılımlarının geniş fonksiyonel kapsamaları, kullanıcı dostu arayüzleri ve diğer sistemlerle yüksek entegrasyon kabiliyetleri sayesinde rakiplerine kıyasla daha avantajlı bir konumda olduğu belirlenmiştir. Bu yazılımların, işletmelerin karmaşık süreçlerini yönetebilme ve farklı departmanlar arasında koordinasyonu sağlama yetenekleri, tercih sıralamasında üst sıralarda yer almalarını sağlamaktadır. Buna karşılık, bazı yazılımlar esneklik ve özelleştirilebilirlik gibi kritik alanlarda yetersiz kalmış; bu durum, özellikle NETSUİTE yazılımının tercih sıralamasında daha geri planda kalmasına neden olmuştur.

Çalışma kapsamında uygulanan bulanık mantık tabanlı SWARA ve CoCoSo yöntemleri, ERP yazılımı seçim sürecinde karar vericilerin karşılaştığı belirsizliklerin ve subjektif değerlendirmelerin etkisini azaltmak amacıyla kullanılmıştır. Bu yöntemler, karmaşık karar verme süreçlerinde daha nesnel ve güvenilir sonuçlar elde edilmesine olanak tanımış, işletmelerin ihtiyaçlarına en uygun yazılımı belirlemede önemli bir araç olarak işlev görmüştür.

Sonuç olarak, bu çalışma, işletmelerin ERP yazılım programı seçiminde hangi kriterlere öncelik verdiklerini ve bu süreçte nasıl stratejik kararlar aldıklarını detaylı bir şekilde analiz etmektedir. Araştırmanın sonuçları, ERP sistemlerinin seçiminde işletmelere önemli bir rehberlik sağlamakta ve bu süreçlerin daha bilinçli, sistematik ve etkin bir şekilde yönetilmesine katkıda bulunmaktadır.

Gelecekte yapılacak araştırmaların, bu bulguları destekleyecek şekilde daha geniş örneklem gruplarında ve farklı endüstriyel bağlamlarda benzer analizler gerçekleştirilmesi, bu alandaki literatüre önemli katkılar sağlayabilir. Böylece, ERP yazılımı seçim süreçlerinin daha da optimize edilmesi ve işletmelerin uzun vadede rekabet avantajı elde etmesi mümkün olacaktır.

EXTENDED SUMMARY

In today's business world, operations are conducted in an environment dominated by constant change and development. Globalization and technological advancements have increased competition on businesses, forcing them to become more efficient, effective, and innovative. In this context, it is crucial for businesses to manage their resources optimally, ensure coordination between departments, and manage business processes in an integrated manner. Enterprise Resource Planning (ERP) systems play a critical role in meeting these needs. ERP systems enable businesses to integrate various functions through a single system, thereby increasing the efficiency and effectiveness of business processes through real-time data access. However, selecting the right ERP system for a business involves a complex process that requires careful consideration of various factors and criteria.

This study addresses the challenges businesses face in the ERP software program selection process and proposes a model based on the use of fuzzy logic-based Multiple Criteria Decision Making (MCDM) methods to manage

the uncertainties encountered in the selection process and objectively establish inter-criteria relationships. The primary aim of the research is to facilitate the process of identifying critical criteria for the selection of an ERP software program and selecting the most suitable ERP software program based on these criteria.

In the selection of ERP systems, various criteria reflecting the different needs and priorities of businesses are considered. This study evaluates ERP software programs based on eight criteria (functional suitability, reliability, usability, compatibility, performance efficiency, security, portability, sustainability) determined based on the ISO/IEC 25010 software quality standards. These criteria have been selected to objectively evaluate how well ERP systems meet the needs of businesses.

The fuzzy SWARA method used to determine the weights of the criteria takes into account the subjective evaluations of decision-makers and bases these evaluations on a mathematical foundation to determine the importance levels of criteria. This method considers the opinions of decision-makers while quantifying these opinions to contribute to the decision-making process. The criteria weights determined using the fuzzy SWARA method are then integrated using the fuzzy CoCoSo method. The fuzzy CoCoSo method takes into account the weights of different criteria to comprehensively evaluate ERP software programs and select the most suitable one.

In this study, five widely used ERP software programs in Turkey (DIA, SAP, WORKCUBE, NETSUITE, UYUMSOFT) have been evaluated using the fuzzy SWARA and fuzzy CoCoSo methods. According to the evaluation results, the most suitable ERP software programs, based on the selected criteria, have been identified as DIA and SAP, respectively. These results demonstrate the effectiveness of fuzzy logic-based MCDM methods in reducing the challenges and uncertainties faced by businesses in selecting the most suitable ERP system.

An important contribution of this study is highlighting the significance of using fuzzy logic-based MCDM methods in managing uncertainties encountered in the ERP selection process and objectively establishing inter-criteria relationships. The use of advanced decision-support tools such as the fuzzy SWARA and fuzzy CoCoSo methods in selecting ERP systems that meet the diverse needs and expectations of businesses can make the decision-making process more systematic, objective, and efficient.

ERP system selection is a strategic decision for businesses, with long-term implications, thus factors such as system cost, feasibility, scalability, user-friendly interface, technical support, and training services should be considered in the selection process. Fuzzy logic-based MCDM methods comprehensively evaluate these factors, assisting businesses in identifying the most suitable ERP system for their needs.

This study also provides a theoretical and practical framework on how fuzzy logic-based MCDM methods can be an effective tool in overcoming the challenges faced in selecting ERP systems. Successful implementation of ERP systems can enhance the operational efficiency of businesses, improve decision-making processes, and provide a competitive advantage. Therefore, selecting the right ERP system is of vital importance for businesses.

In conclusion, this study highlights the potential of fuzzy logic-based MCDM methods in reducing the challenges and uncertainties faced by businesses in the ERP software program selection process. The integration of fuzzy SWARA and fuzzy CoCoSo methods offers a scientific basis to help businesses select the most suitable ERP system among the options, contributing to the creation of sustainable business processes in the long term. This approach can help businesses overcome the challenges they face, make more informed decisions, and enhance their competitive strength in the dynamic business environment.

KAYNAKÇA

- Agarwal, S., Kant, R., & Shankar, R. (2020). Evaluating solutions to overcome humanitarian supply chain management barriers: A hybrid fuzzy SWARA–fuzzy WASPAS approach. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 46, 101524. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101838>
- Ansari, Z. N., Kant, R., & Shankar, R. (2020). Evaluation and ranking of solutions to mitigate sustainable remanufacturing supply chain risks: A hybrid fuzzy SWARA–fuzzy COPRAS framework approach. *International Journal of Sustainable Engineering*, 13(6), 473–494. <https://doi.org/10.1080/19397038.2020.1758973>
- Avkar İnal, A., & Avunduk, H. (2023). ISO 9001 kalite güvence sistemindeki 2015 revizyonunun yöneticilerin algılamaları üzerine etkisi. *Journal of Business in the Digital Age*, 6(Özel Sayı), 8–14. <https://doi.org/10.46238/jobda.1258477>
- Alper, İ. (2021). *Kurumsal kaynak planlaması (ERP) ve Bulut ERP* [Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi].
- Ayçin, E. (2020). *Çok kriterli karar verme, bilgisayar uygulamalı çözümler*. Nobel Kitabevi.
- Brzozowski, M., & Birfer, I. (2017). Applications of MCDM methods in the ERP system selection process in enterprises. *Handel Wewnętrzny*, 3(368), 40–52.

- Bueno, S., & Salmeron, J. L. (2008). Fuzzy modeling enterprise resource planning tool selection. *Computer Standards & Interfaces*, 30(3), 137–147. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2007.08.001>
- Chang, M. K., Cheung, W., Cheng, C. H., & Yeung, H. Y. J. (2008). Understanding ERP system adoption from the user's perspective. *International Journal of Production Economics*, 113(1), 928–942. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.08.011>
- Chen, I. J. (2001). Planning for ERP systems: Analysis and future trend. *Business Process Management Journal*, 7(5), 374–386. <https://doi.org/10.1108/14637150110406768>
- Çakır, E. (2016). Kentsel dönüşüm kapsamında müteahhit (yüklenici) firmanın bütünleşik SWARA-VIKOR yöntemiyle seçilmesi. In *Proceedings of XVII. International Symposium on Econometrics, Operations Research and Statistics* (pp. 881–896).
- De La Paz, J. V. B. (2023). An approach to select an open-source ERP for SMEs based on Industry 4.0 and digitization considering the SHERPA and WASPAS methods. In *Innovation and Competitiveness in Industry 4.0 Based on Intelligent Systems* (pp. 123–143). Springer International Publishing.
- Demir, G., Damjanović, M., Matović, B., & Vujadinović, R. (2022). Toward sustainable urban mobility by using fuzzy-FUCOM and fuzzy-CoCoSo methods: The case of the SUMP Podgorica. *Sustainability*, 14(9), 5589. <https://doi.org/10.3390/su14094972>
- Dweiri, F. T., & Kablan, M. M. (2006). Using fuzzy decision making for the evaluation of the project management internal efficiency. *Decision Support Systems*, 42(2), 712–726. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2005.04.001>
- Ecer, F. (2016). ARAS yöntemi kullanılarak kurumsal kaynak planlaması yazılımı seçimi. *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 8(1), 89–98.
- Ecer, F., & Pamucar, D. (2020). Sustainable supplier selection: A novel integrated fuzzy best worst method (F-BWM) and fuzzy CoCoSo with Bonferroni (CoCoSo'B) multi-criteria model. *Journal of Cleaner Production*, 266, 121886. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121981>
- Erdal, H., Kurtay, K. G., Dağıstanlı, H. A., & Altundaş, A. (2023). Evaluation of anti-tank guided missiles: An integrated fuzzy entropy and fuzzy Cocoso multi-criteria methodology using technical and simulation data. *Applied Soft Computing*, 137, 110623. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2023.110145>
- Fernández-Portillo, L. A., Yazdani, M., Estepa-Mohedano, L., & Sisto, R. (2023). Prioritisation of strategies for the adoption of organic agriculture using BWM and fuzzy Cocoso. *Soft Computing*, 27, 13871–13902.
- Gürbüz, T., Alptekin, S. E., & Alptekin, G. I. (2021). A hybrid MCDM methodology for ERP selection problem with interacting criteria. *Decision Support Systems*, 54(1), 206–220. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2012.05.006>
- Hinduja, A., & Pandey, M. (2019). An integrated intuitionistic fuzzy MCDM approach to select cloud-based ERP system for SMEs. *International Journal of Information Technology and Decision Making*, 18, 1875–1908. <https://doi.org/10.1142/S0219622019500378>
- İnal, A. A., & Avunduk, H. (2023). Iso 9001 kalite güvence sistemindeki 2015 revizyonunun yöneticilerin algılamaları üzerine etkisi. *Journal of Business in The Digital Age*, 6(Özel Sayı), 8-14. <https://doi.org/10.46238/jobda.1258477>
- Jafarnejad, A., Ansari, M., Youshanlouei, H. R., & Mood, M. (2012). A hybrid MCDM approach for solving the ERP system selection problem with application to steel industry. *International Journal of Enterprise Information Systems*, 8, 54–73.
- Karsak, E. E., & Özoğul, C. O. (2009). An integrated decision making approach for ERP system selection. *Expert Systems with Applications*, 36, 660–667. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.09.016>
- Kaya, S. K., & Ergünel, N. (2020). Futuristic airport: A sustainable airport design by integrating hesitant fuzzy SWARA and hesitant fuzzy sustainable quality function deployment. *Journal of Cleaner Production*, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123880>
- Kazançoğlu, Y., & Burmaoğlu, S. (2013). ERP software selection with MCDM: Application of TODIM method. *International Journal of Information Systems (IJBS)*, 13(4), 435-452. <https://doi.org/10.1504/IJBIS.2013.055300>
- Keçek, G., & Yıldırım, E. (2010). Kurumsal kaynak planlama (ERP) sisteminin analitik hiyerarşi süreci (AHP) ile seçimi: Otomotiv sektöründe bir uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(1), 193-211.

- Keršulienė, V., Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2010). Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA). *Journal of business economics and management*, 11(2), 243-258.
- Keskinkılıç, M., & İpkin, M. (2023). İşletmelerde ERP uygulamalarının dijital dönüşüm sürecine katkıları. *Aurum Journal of Social Sciences*, 8(1), 49-74.
- Lai, H., Liao, H., Long, Y., & Zavadskas, E. K. (2022). A hesitant Fermatean fuzzy CoCoSo method for group decision-making and an application to blockchain platform evaluation. *International Journal of Fuzzy Systems*, 24(6), 2643-2661.
- Mavi, R. K., Goh, M., & Zurbakhshnia, N. (2017). Sustainable third-party reverse logistic provider selection with fuzzy SWARA and fuzzy MOORA in plastic industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 91(5-8), 2401-2418.
- Maruf, M., & Özdemir, K. (2021). Türkiye'deki ticari bankalara ait web sitelerinin performanslarının SWARA ve ARAS yöntemi ile sıralanması. *OPUS International Journal of Society Researches*, 18(Yönetim ve Organizasyon Özel Sayısı), 1514-1537. <https://doi.org/10.26466/opus.888184>
- Miller, G., & Sprague, L. (1975). Behind the growth in materials requirements planning. *Harvard Business Review*, 83-91.
- Moon, Y. B. (2007). Enterprise resource planning (ERP): A review of the literature. *International Journal of Management and Enterprise Development*, 4(3), 235. <https://doi.org/10.1504/IJMED.2007.012679>
- Narang, M., Joshi, M. C., Bisht, K., & Pal, A. (2022). Stock portfolio selection using a new decision-making approach based on the integration of fuzzy CoCoSo with Heronian mean operator. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 5(1), 90-112.
- Naveed, Q. N., Islam, S., Qureshi, M. R. N. M., Aseere, A. M., Rasheed, M. A. A., & Fatima, S. (2021). Evaluating and ranking of critical success factors of cloud enterprise resource planning adoption using MCDM approach. *IEEE Access*, 9, 156880–156893.
- Özdağoğlu, A., Keleş, M. K., & Işıldak, B. (2021). Bulanık SWARA ve bulanık MARCOS yöntemleriyle sivil havacılıkta kabin memuru seçimi. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(2), 284-302.
- Özgül, Ö. (2006). Bir işletme için TOPSIS ve AHP ile ERP yazılımının seçimi [Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi].
- Pamucar, D., & Görçün, Ö. F. (2022). Evaluation of the European container ports using a new hybrid fuzzy LBWA-COCOSO'B techniques. *Expert Systems with Applications*, 203, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.117463> [Get rights and content](#)
- Peng, J. J., Chen, X. G., Tan, H., Sun, J. Y., Long, Q. Q., & Jiang, L. L. (2024). A heterogeneous picture fuzzy SWARA-MARCOS evaluation framework based on a novel cross-entropy measure. *International Journal of Systems Science*, 55(8), 1528-1552. <https://doi.org/10.1080/00207721.2024.2312881>
- Perçin, S. (2019). An integrated fuzzy SWARA and fuzzy AD approach for outsourcing provider selection. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(2), 531-552.
- Puška, A., Štilić, A., & Stević, Ž. (2023). A comprehensive decision framework for selecting distribution center locations: A hybrid improved fuzzy SWARA and fuzzy CRADIS approach. *Computation*, 11(4), 1-18. <https://doi.org/10.3390/computation11040073>
- Rangel, L. A. D., Gomes, L. F. A. M., & Cardoso, F. P. (2011). An application of the TODIM method to the evaluation of broadband internet plans. *Pesquisa Operacional*, 31(2), 235-249. <https://doi.org/10.1590/S0101-74382011000200003>
- Rani, P., Mishra, A. R., Krishankumar, R., Mardani, A., Cavallaro, F., Soundarapandian, K., & Balasubramanian, K. (2020). Hesitant fuzzy SWARA-complex proportional assessment approach for sustainable supplier selection (HF-SWARA-COPRAS). *Symmetry*, 12(7), 1-19. <https://doi.org/10.3390/sym12071152>
- Ren, R. X., Liao, H. C., Al-Barakati, A., & Cavallaro, F. (2019). Electric vehicle charging station site selection by an integrated hesitant fuzzy SWARA-WASPAS method. *Transformations in Business & Economics*, 18(2), 103-123.
- Senapati, T., & Yager, R. R. (2021). Cubic intuitionistic WASPAS technique and its application in multi-criteria decision-making. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 12(8), 8823-8833.

- Stević, Ž., Das, D. K., Tešić, R., Vidas, M., & Vojinović, D. (2022). Objective criticism and negative conclusions on using the fuzzy SWARA method in multi-criteria decision making. *Mathematics*, 10(4), 1-19. <https://doi.org/10.3390/math10040635>
- Şahin, Y., & Karağül, K. (2022). *FUCOM ve COPRAS yöntemleriyle ERP yazılımı seçimi*. 4th International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences (10-13), Konya.
- Şengül, D., & Çağıl, G. (2020). Bulanık SWARA ve bulanık analitik hiyerarşi prosesi yöntemi ile iş değerlemesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 11(3), 965-976. <https://doi.org/10.24012/dumf.715363>
- Thanh, N. V. (2022). Designing a MCDM model for selection of an optimal ERP software in organization. *Systems*, 10, 1-12. <https://doi.org/10.3390/systems10040095>
- Temur, G. T., & Bolat, B. (2018). A robust MCDM approach for ERP system selection under uncertain environment based on worst case scenario. *Journal of Enterprise Information Management*, 31, 405-425.
- Ulutaş, A., Karakuş, C. B., & Topal, A. (2020). Location selection for logistics center with fuzzy SWARA and COCOSO methods. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 38(4), 4693-4709.
- Ulutaş, A., Popović, G., Radanov, P., Stanujkić, D., & Karabasević, D. (2021). A new hybrid fuzzy PSI-PIPRECIA-COCOSO MCDM based approach to solving the transportation company selection problem. *Technological and Economic Development of Economy*, 27(5), 1227-1249. <https://doi.org/10.3846/tede.2021.15058>
- Vatansever, K., & Uluköy, M. (2013). Kurumsal kaynak planlaması sistemlerinin bulanık AHP ve bulanık MOORA yöntemleriyle seçimi: Üretim sektöründe bir uygulama. *CBÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2), 274-293.
- Yarlıkas, S., & Pak, Y. (2023). *Bulanık SWARA yöntemi ile işletmelerin blockchain teknolojisini tercih etmelerinde etkili olan faktörlerin değerlendirilmesi*. *İktisadi-İdari Bilimlerde Araştırma ve Değerlendirmeler*. Gece Kitaplığı Yayınevi.
- Yazdani, M., Mohammed, A., Bai, C., & Labib, A. (2021). A novel hesitant-fuzzy-based group decision approach for outsourcing risk. *Expert Systems with Applications*, 184, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115517>
- Yazdani, M., Zarate, P., Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2019). A combined compromise solution (CoCoSo) method for multi-criteria decision-making problems. *Management Decision*, 57(9), 2501-2519.
- Yenilmez, S., & Ertuğrul, İ. (2022). Çok kriterli karar verme yöntemleri ile bir mermer fabrikası için kesintisiz güç kaynağı seçimi. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(3), 251-266.
- Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Vilutiene, T. (2005). Simulation of multi-criteria selection of buildings maintenance contractor using the game theory. *Computer Modelling and New Technologies*, 9(2), 7-16.
- Zolfani, S. H., & Sapauskas, J. (2013). New application of SWARA method in prioritizing sustainability assessment indicators of energy system. *Engineering Economics*, 24(5), 408-414. <https://doi.org/10.5755/j01.ee.24.5.4526>
- Mavvo. (2025, Ocak 21). *Top 5 bulut ERP programı*. <https://mavvo.com.tr/blog/top-5-bulut-erp-programi/>
- ISO. (2024, Eylül 10). *ISO 25010*. <https://iso25000.com/index.php/en/iso-25000-standards/iso-25010>