

# Dış Kaynak Kullanım Stratejisi Kapsamında Alt Yüklenicilerin Bulanık SWARA ve Bulanık MOORA Yöntemleriyle Değerlendirilmesi

## Evaluation of Subcontractors with Fuzzy SWARA and Fuzzy MOORA Methods under Outsourcing Strategy

Halil Savaş<sup>1</sup>, İrfan Yacan<sup>2</sup>

### Öz

Dış kaynak kullanımı, tedarik zinciri yönetimi stratejilerinden biridir. İşletmeler bu strateji ile, temel yetenekleriyle ilgili faaliyetlere odaklanırlar. Diğer faaliyetleri ise dış tedarikçilere yaptırırlar. Böylece organizasyonlar yalınlaşır, odaklandıkları faaliyetleri daha iyi yapabilirler ve stratejik konulara daha fazla zaman ayırabilirler. Dış kaynak kullanımı birçok yönden rekabet avantajı sağlayabilir. Ancak, doğru kararlar verilmezse işletmeler için dezavantaja da dönüşebilir. Bu strateji ile rekabet avantajı sağlamak için anahtar faktörlerden biri, dış kaynak kullanımı için hangi tedarikçinin tercih edileceği konusunda doğru karar vermektir. Bu çalışma, üretim tesislerinin inşası, kurulumu ve modernizasyonu alanında faaliyet gösteren bir işletme için, alternatif alt yüklenicilerin değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Örnek çalışmada değerlendirme kriterleri, az sayıda ikili karşılaştırma gerektirmesi nedeniyle pratik bir yöntem olan Bulanık SWARA ile ağırlıklandırılmıştır. Alt yüklenicilerin değerlendirilmesinde ise, güvenilir ve kolay uygulanabilir bir yöntem olarak öne çıkan Bulanık MOORA kullanılmıştır. Değerlendirme sonucunda en uygun alt yüklenici alternatifinin A<sub>1</sub> olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Dış Kaynak Kullanım Stratejisi, Alt Yüklenicilerin Değerlendirilmesi, Çok Kriterli Karar Verme, Bulanık Kümeler, Bulanık SWARA, Bulanık MOORA.

### Abstract

Outsourcing is one of the supply chain management strategies. With this strategy, enterprises focus on activities related to their core abilities. Other activities are outsourced to external suppliers. In this way, organizations become leaner, they can do better their activities they focus on, and they can spend more time on strategic issues. Outsourcing can provide competitive advantage in many aspects. However, if the right decisions are not made, it can also turn into a disadvantage for enterprises. One of the key factors to achieve competitive advantage with this strategy is to make the right decision about which supplier to choose for outsourcing. This study aims to evaluate alternative subcontractors for an enterprise operating in the field of construction, establishment, and modernization of production facilities. In the case study, the evaluation criteria were weighted with Fuzzy SWARA, which is a practical method because it requires few pairwise comparisons. Fuzzy MOORA, which stands out as a reliable and easily applicable method, was used in the evaluation of subcontractors. As a conclusion of the evaluation, it was determined that the most suitable subcontractor alternative was A<sub>1</sub>.

**Keywords:** Outsourcing strategy, Evaluation of Subcontractors, Multi-Criteria Decision Making, Fuzzy Sets, Fuzzy SWARA, Fuzzy MOORA.

### Araştırma Makalesi [Research Paper]

**JEL Codes:** C44, C02, D81, L23, M10, M11

**Submitted:** 21 / 10 / 2021

**Accepted:** 22 / 02 / 2022

<sup>1</sup> Prof. Dr., Pamukkale Üniversitesi, İ.İ.B.F., İşletme Bölümü, Denizli, Türkiye, hsavas@pau.edu.tr, Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7942-5527>

<sup>2</sup> Bilim Uzmanı, Pamukkale Üniversitesi, S.B.E. İşletme Anabilim Dalı, Denizli, Türkiye, irfanyacann@outlook.com, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1640-2317>

## Giriş

Üretim yapan işletmelerin maliyetlerinin büyük bölümü satın alma kalemlerinden oluştuğundan tedarikçilerle kurulan ilişkiler giderek daha fazla önem arz etmektedir. İşletmelerin benimsedikleri stratejiler doğrultusunda yenilik, hız ve düşük maliyeti hedefleyen bütünleşik faaliyetlerle günümüzde daha fazla karşılaşmaktayız. Tedarikçilerle yürütülen bu faaliyetler, tedarik zincirindeki tüm paydaşlara rekabet avantajı sağlayabilmektedir. Bu nedenle tedarikçi yönetiminde paydaşlar arasındaki entegrasyon, tedarik zinciri yönetimini daha önemli hale getirmektedir. “Hammaddeden başlayarak, tatmin olmuş bir müşteri ile sonlanan tüm tedarik zinciri faaliyetlerinin koordinasyonu” olarak tanımlanan tedarik zinciri yönetiminin amacı, bahsi geçen bütünleşik faaliyetlerin paydaşlara rekabet avantajı ve son müşterilere fayda sağlamasıdır (Heizer ve Render, 2017: 432). İşletmelerin bu amaca ulaşabilmek için, tedarikçilerle kurulan ilişkilere ve yürütülen bütünleşik faaliyetlere önem vermeleri, tedarik zinciri sistemleri ile ilgili yeni stratejiler geliştirmeleri gerekmektedir.

Son yıllarda ortaya çıkan yeni gelişmelerle birlikte rekabet ortamı da değişmektedir. İşletmelerin bu değişime ayak uydurabilmeleri için yenilikleri sürekli takip etmesi gerekmektedir. Günümüzde işletmelere etki eden gelişmelerden biri de, faaliyetlerini temel yeteneklerin etrafında toplama yaklaşımıdır (Koçel, 2020: 396). Bu bağlamda, işletmelerin rekabet avantajı sağlama hedefi doğrultusunda, “değişime ve değişkenliğe uyum sağlayabilmek, dalgalanmalardan daha az etkilenmek, güncel ve en son teknolojilerden, bilgi birikiminden hızla yararlanabilmek amacıyla dış kaynak kullanımını (Sevim vd., 2008: 2-3)” bir yönetim stratejisi olarak uyguladıkları görülmektedir.

İşletmelerin odaklanacakları temel yetenekleri belirlemeleri ve hangi alanlarda dış kaynak kullanacaklarına karar vermelerinden sonra, üzerinde çalışılması gereken en önemli konulardan biri dış kaynakların değerlendirilmesi ve seçimidir. Bu çalışmada ilk olarak, dış kaynak kullanım stratejisi hakkında bilgi verilmiştir. Ardından, üretim tesislerinin inşası, kurulumu ve modernizasyonu alanında faaliyet gösteren bir işletme için, dış kaynak kullanımını kapsamında alt yüklenici değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi için yapılan literatür araştırması sunulmaktadır. Daha sonra, alternatif alt yüklenicilerin değerlendirilmesi için kullanılan metodoloji açıklanmaktadır. Uygulama bölümünde, belirlenen kriterler Bulanık SWARA Yöntemi ile ağırlıklandırıldıktan sonra, alt yükleniciler Bulanık MOORA Yöntemi ile değerlendirilmiştir. Son olarak sonuç ve öneriler sunulmaktadır.

## 1. Dış Kaynak Kullanım Stratejisi

İşletmeler, sürdürülebilir rekabet avantajına sahip olmak için yeni stratejilere ihtiyaç duymaktadır ve dış kaynak kullanımını birçok firmaya bu konuda katkı sağlayan önemli stratejik araçlardan biri haline gelmiştir. (Sreedevi R. & Tanwar, 2018). Dış kaynak kullanımını tanımlarken, öncelikle bu konuda önemli bir kavram olan temel yetenek kavramının açıklanması gerekir. Zira, temel yeteneklere odaklanma ve dış kaynak kullanım stratejilerinin, işletme yönetimi açısından birbirini tamamlayan teknikler olduğu söylenebilir (Turan, 2014). Bu bağlamda, “temel yetenek, işletmeleri iyi bildikleri işleri yapmaya; bazı işleri diğer işletmelerden iyi bilir hale gelmeye; iyi bildikleri iş dışında yapılması gereken tüm işleri başkalarına yaptırmaya ve sürekli olarak yenilik yapmaya odaklanmaya sevk etmektedir.” (Koçel, 2020: 397). İşletmelerin kendine özgü temel yeteneklere odaklanmaları onlara rekabet avantajı sağlayabilmektedir. Çünkü işletmeler temel yetenekleri ile ilgili faaliyetleri kendisi yürütürken, diğer işler için dış kaynak kullanırlar, böylece organizasyonları yalınlaşır ve üst yöneticiler stratejik konulara daha fazla zaman ayırabilirler (Koçel, 2020: 396). Dış kaynak kullanımı ise, “işletmelerin temel yeteneklerine odaklanmasına ve temel yeteneklerinden olmayan faaliyetlerini ise alanında uzmanlaşmış başka işletmelere devretmesine dayalı bir yönetim stratejisidir.” Önceleri daha çok maliyet avantajı sağlamada kullanılan dış kaynak kullanımı, daha sonraları daha farklı yararlar sağlamak için kullanılan bir yönetim stratejisi haline gelmiştir. İşletmeleri dış kaynak kullanımına yönelten nedenler ve dış kaynak kullanımı sonucu ortaya çıkabilecek olası riskler, özetle Tablo 1’deki gibi sıralanabilir (Erer, 2018: 6114-6124).

**Tablo 1: Dış Kaynak Kullanım Nedenleri ve Olası Riskler**

| İşletmeleri dış kaynak kullanımına yönelten nedenler  | Dış kaynak kullanımı sonucu ortaya çıkabilecek olası riskler   |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Maliyetleri azaltmak</li> <li>Temel yeteneklere odaklanmak</li> <li>Küçülme</li> <li>Esnekliği artırmak</li> <li>Riski azaltmak</li> <li>Maliyetleri önceden belirlemek</li> <li>Performans geliştirmek</li> <li>Verimlilik artışı sağlamak</li> <li>Kaliteyi arttırmak</li> <li>Teknolojik yenilikleri takip etmek</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Yanlış tedarikçi firma seçimi</li> <li>Esnekliğin kaybedilmesi</li> <li>Tedarikçi firmaya karşı bağımlılığın artması ve kontrolün kaybedilmesi</li> <li>İşletmelerin temel yeteneklerini kaybetmesi</li> <li>Gizli maliyetlerin ortaya çıkması</li> <li>Bilgi gizliliğinin sağlanmaması</li> <li>Çalışanlar üzerindeki olumsuz etkileri</li> <li>Kısa vadeli ekonomik amaçlara odaklanma</li> </ul> |

- Süreç yenilemek
- Kaynak dağılımını sağlamak

Dış kaynak kullanımı işletmelere her zaman fayda sağlamayabilir. Dış kaynak kullanımı ile ilgili doğru kararlar verilmezse ve süreçler doğru yönetilmezse, işletmeler için dezavantaja dönüşebilir. Bu yüzden işletmeler, dış kaynak kullanım kararı verirken, elde edecekleri faydaları ve karşılaşılabilecekleri riskleri birlikte değerlendirmelidir.

Dış kaynak kullanımından yarar sağlamak için ilgili süreçlerin doğru yönetilmesi gerekmektedir. Doğru kararların verilebilmesi için üç kilit faktör bulunmaktadır. Embleton ve Wright (1998), bu faktörleri aşağıdaki şekilde açıklamaktadır.

**“Stratejik analiz:** Öncelikle işletmenin hangi faaliyetlerinin temel yetenekleri olmadığı belirlenmelidir. Daha sonra dışarıdan sağlanacak işler için maliyet analizi yapılmalıdır. Dış kaynak sağlayıcısının vereceği hizmetin düzeyi ve türü iyi anlaşılmalıdır. Ayrıca dış kaynak kullanımının işletmeye etkisi olup olmadığı incelenmelidir. Eğer bu konu işletme için önemli bir faaliyet ise olumsuz etkileri olabilecektir. Dış kaynak kullanımı ile nelerin hedeflendiği iyi belirlenmelidir. Maliyetler ve diğer faktörler ilgili süreye bağlı olarak değişebilmektedir. Bu nedenle kısa ve uzun vadeli maliyetler belirlenmelidir. **Tedarikçilerin belirlenmesi:** Dış kaynak kullanım kararının verilmesinden sonraki aşama dış kaynak sağlayıcısının seçimidir. Burada ilk aşama uygun tedarikçi profillerinin belirlenmesidir. İşletme kültürüne uygun tedarikçilerle çalışmak faydalı sonuçlar verebilmektedir. İkincisi, potansiyel tedarikçilerden bilgi talebinde bulunmaktır. Bu durum onların ilgi düzeyleri, yetenekleri ve stratejilerini ortaya koyacaktır. Tedarikçilerden teklif talebinde bulunmak dış kaynak kullanımının kapsamı ve hedefleri hakkında genel bilgiler edinilmesini sağlayacaktır. Aynı zamanda tedarikçileri yerinde ziyaret etmek onlar hakkında daha fazla bilgi edinme imkânı sunar. Son olarak karşılıklı fayda sağlayan bir anlaşma üzerinde görüşmeler yapılmalıdır. **İlişkiyi yönetmek:** Tedarikçi ile ilişkileri yönetebilmek dış kaynak kullanımından elde edilecek faydalara katkı sağlayacak bir faktördür. Mevcut duruma bakılmaksızın dış kaynak kullanımının yönetimi yeni yönetim becerileri ile gerçekleştirilmelidir. Aynı zamanda yönetim dış kaynak kullanım sözleşmelerine bağlılığın izlenmesi ve değerlendirilmesi için bir prosedür oluşturmalıdır.” (Embleton ve Wright, 1998: 100-102; Çağlayan ve Acar, 2019: 131).

## 2. Literatür

İşletmelerin, dış kaynak kullanımı kapsamında alt yüklenicileri değerlendirebilmeleri için öncelikle değerlendirme kriterlerini belirlemeleri gerekir. Tablo 2’de, literatürdeki bazı alt yüklenici değerlendirme çalışmaları ve kullanılan değerlendirme kriterleri sunulmaktadır.

**Tablo 2: Alt Yüklenici Değerlendirilmesinde Kullanılan Kriterler**

| Yazar                   | Yöntem ve Uygulama  | Değerlendirme Kriterleri   |
|-------------------------|---|--|
| (Lin vd., 2010)         | Tayvan’daki bir yarı iletken şirketinde dış kaynak sağlayıcı seçiminin yapılabilmesi için <b>ISM ve Analitik Ağ Süreci (ANP) yöntemlerinin</b> kullanıldığı bir uygulama yapılmıştır. Çalışmada, dış kaynak kullanımını başarılı bir şekilde gerçekleştirerek tedarikçileri seçmek için kapsamlı bir model oluşturmak amaçlanmıştır. Çalışmanın, diğer endüstriler tarafından da referans alınabileceği belirtilmiştir. | Teslimat yönetimi yeteneği (“teslim edilen içeriğin doğruluğu, zamanında teslimat, teslimat ayarlamaya esnekliği”),<br>Kalite yönetimi yeteneği (“test verilerinin doğruluğu, kalite anomal oranı, tekrarlanan hatayı önleme yeteneği, hata karar oranı”),<br>Entegre hizmet yeteneği (“müşterilerin isteğine yanıt verme süresi, mühendislik desteğinin verimliliği, müşterilerin özel isteklerini yerine getirmek, müşteri bilgi hizmeti platformu”),<br>Fiyat (“test fiyatı, kırık parçalar için tazminat oranı, kabul kriterleri”) |
| Cheng ve Huang (2012)   | Yanlış taşeron seçimi, bir projenin süresi, maliyeti, kalitesi ve güvenliği üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olacağından, inşaat yöneticilerine seçim süreçlerinde taşeron performansının nicel ölçümlerini sağlayan bir model önerilmesi amaçlanmıştır. Uygulamada, inşaat yöneticileri için, <b>evrimsel gauss süreci çıkarım modelini</b> kullanarak alt yüklenici performans değerlendirmesi yapılmıştır.         | İnşaat tekniği, süre kontrol yetenekleri, iş birliği yapmak isteyen yöneticiler, malzeme israfı, işin tamamlanmasından sonra sağlanan hizmetler, diğer taşeronlarla iş birliği, güvenli çalışma ortamı, kendine ait araçlar, temiz çalışma ortamı, etkili yönetim yetenekleri, yönetici kişiliği, ekonomik durum   |
| Rençber ve Kazan (2014) | <b>AHP yöntemi</b> ile büyük çaplı inşaat projesinde taşeron firma seçimi yapılmıştır. Çalışmada, “büyük çaplı bir inşaat projesinde taşeron firma seçiminde dikkat edilmesi gereken en öncelikli kriterler nelerdir?”, “belirlenen kriterlere göre taşeron firmalardan hangisi/hangileri proje için en uygun seçenektir?” sorularına cevap aranmıştır.   | Üretim yeteneği (“hız, kalite, maliyet, güvenilirlik, risk, esneklik” alt kriterleri),<br>Yönetim yeteneği (“liderlik, personel yeterliliği, ekip çalışması, yönetim tipi” alt kriterleri),<br>Organizasyon yeteneği (“kalite belgeleri, teknolojik yeterlilik, finansal yeterlilik, iş deneyimi” alt kriterleri).   |

|                                 |  |  |
|---------------------------------|--|--|
| (Hadipour vd., 2014)            | Bu çalışmada, genel yüklenici kuruluşlarda alt yüklenici seçimi için aralık değerli bulanık kümelerle dayalı olarak geliştirilen <b>ELECTRE yöntemi</b> uygulanmıştır. Belirlenen altı değerlendirme kriteri ile üç alternatif kullanılarak deneysel bir problem tanımlanmış ve çözüme ulaşılmıştır.   | İlgili uygulama geçmiş, mevcut tesisler, teknik ekibin yeterliliği, finansal yetenek, şirketin eskiliği, önceki işveren memnuniyeti.   |
| Aydın vd. (2016)                | Çalışmada, <b>TOPSIS ve VIKOR yöntemi</b> ile alt yüklenici seçim problemi ele alınarak değerlendirme yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Önerilen teknikler, inşaat sektörü alanında faaliyet gösteren ana yüklenici bir firmanın alt yüklenici değerlendirme ve seçim problemlerine uygulanmıştır.   | Evrakların tam olması, bina referansları, teknik kadro yeterliliği, tünel kalıp referansı, teslim süresi, maliyet, finansal durum  |
| Polat (2016)                    | Çalışmada, <b>AHP ve PROMETHEE yöntemleri</b> ile alt yüklenici firma seçim uygulaması yapılmıştır. Önerilen model, uluslararası bir inşaat projesinde en uygun alt yüklenicinin seçilmesi problemlerine uygulanmaktadır. İşletme, önerilen karar yaklaşımını uygulanabilir bulmuştur.   | Teklif fiyatı, mali durum, kilit personel sayısı, finişer sayısı, yol silindiri sayısı, kamyon sayısı, benzer büyüklükte tamamlanan proje sayısı, devam eden proje sayısı, geçmiş projelerdeki işçilik kalitesi, son üç projedeki ölümcül olay sayısı, şirketin inşaat sektöründeki deneyimi   |
| Keshavarz-Ghorabae vd., (2018b) | Çalışmada, inşaat projesinde alt yüklenici değerlendirmesi için <b>EDAS yöntemine dayalı dinamik bulanık yaklaşımı</b> önerilmiştir. Önerilen model ile ilgili alternatiflerin, kriterlerin ve karar vericilerin farklı zaman dilimlerinde değiştirilebilir olduğu belirtilmiştir. Önerilen yaklaşımı açıklamak ve uygulamasını göstermek için sayısal bir örnek kullanılmıştır. Sonuçların, önerilen yaklaşımın verimli ve kullanışlı olduğunu gösterdiği belirtilmektedir. | Güvenilirlik, program kontrol yeteneği, yönetim yeteneği, iş gücü kalitesi   |
| (Bedir vd., 2018)               | Çalışmada, Kırıkkale'de faaliyetlerini sürdüren bir gayrimenkul ve proje firmasının, tadilat işi için taşeron firmanın firma seçim probleminin çözülmesi amaçlanmıştır. Taşeron seçimini etkileyen kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde <b>Analitik Ağ Süreci</b> yöntemi kullanılmış, <b>PROMETHEE</b> yöntemi ile de alternatif taşeron firmaların sıralaması yapılmıştır.   | Maliyet, finansal kapasite, geçmiş performans, iş gücü, güvenlik   |
| Aydın ve Kahraman (2019)        | Çalışmada, <b>Belirsiz Dinamik Sezgisel Karar Verme Yöntemi</b> ile e-ticaret faaliyeti yapan bir mobilya şirketinin alt yüklenicilerinin sipariş karşılama performans değerlendirme için kriterler belirlenmiş, ardından alternatiflerin değerlendirme yapılmıştır.   | Sipariş oluşturun ve iletin, sipariş girin, siparişi işleyin, belgeleri yönetin, siparişi doldurun, siparişi teslim edin, teslimat sonrası etkinlikleri gerçekleştirin.  |
| Ramadhani ve Handayati (2020)   | Çalışmada, <b>AHP yöntemini</b> kullanarak hazır giyim sektöründeki bir konfeksiyon için alt yüklenici seçimi yapılmıştır. Bu araştırma, alt yüklenici seçiminde kullanılan kriter ve alt kriterlerin önem derecesini belirlemek, mevcut ve alternatif alt yüklenicilerin performanslarını değerlendirmek ve alt yüklenici seçimine göre işletmeye öneriler sunmak amacıyla yapılmıştır.   | Kalite ("uygunluk kalitesi, kusur oranı" alt kriterleri)<br>Maliyet ("ürün fiyatı, iç maliyet" alt kriterleri)<br>Teslimat ("çizelge ile uyumluluk, miktar ile uyumluluk" alt kriterleri)<br>Esneklik ("ürün hacmi değişiklikleri, özelleştirme" alt kriterleri)<br>Güvenilirlik ("güvenilir, ürün güvenilirliği" alt kriterleri)  |
| (Septian, 2020)                 | Çalışmada, XYZ yüklenicisinin, çelik konstrüksiyon işi için alt yüklenici seçim problemlerine çözüm aranmıştır. <b>Analitik Ağ Süreci (ANP)</b> yöntemi kullanılarak yapılan uygulamada, öncelikle kriter ağırlıkları belirlenmiş, daha sonra alt yükleniciler değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, taşeron B en yüksek değere sahiptir. Bu sonuç, XYZ Şirketinin çelik konstrüksiyon işi yapmak için bu alt yüklenici ile çalışmasının uygun olduğunu göstermiştir.           | Maliyet ("teklif fiyatı, ödeme şekli")<br>Teknik ("malzeme özellikleri, yapım yöntemi, yapım süreci, tip ve araçlar kapasitesi")<br>İç ("mali yetenek, proje deneyimi, gerçekleştirilen proje sayısı, şirket sertifikası")<br>Organizasyon ("işçi kalifikasyonu, kalite kontrol, şirket yönetimi, sağlık ve güvenlik yeteneği")<br>Teslim ("malzeme ve araçları teslim yöntemi, çalışan yerleştirme stratejisi") |
| (Çakır, 2020)                   | Çalışmada, bir tekstil firması için taşeron seçimi problemini çözümü için <b>Bulanık Tercih Programlama Yöntemi</b> (Fuzzy Preferences Programming (FPP) Method) ve <b>Çizge Teorisi Matris Yaklaşımı</b> (Graph Theoretical Matrix Approach-GTMA) bütünleştirildiği bir metodoloji önerilmiştir. Kriterler arası ilişki ve içsel bağımlılıkları ölçmek için FPP yöntemi, taşeronu seçiminde GTMA yöntemi kullanılmıştır.  | Üretim kabiliyeti, kalite kontrol sistemleri, teslimat, maliyeti, finansal güç, geçmiş performans  |
| (Lahdhiri vd., 2021)            | Çalışmada, konfeksiyon endüstrisinde, <b>bulanık mantık ve AHP</b> yöntemleri kullanılarak taşeron seçim modellerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, öncelikle değerlendirme kriterleri belirlenmiş, ardından alternatifler değerlendirilmiştir.   | Kalite, kapasite, teslim gecikmesi, fiyat.   |

Literatürde, alt yüklenicilerin değerlendirilmesinde kullanılan kriterler, faaliyette bulunulan sektöre ve alt yükleniciye aktarılabilecek faaliyetin çeşidine göre farklılaşabilmektedir. Bu çalışma kapsamında, üretim tesislerinin inşası, kurulumu ve modernizasyonu alanında faaliyet gösteren bir işletmeye, alt yüklenici değerlendirme kriterlerini belirlemeleri için literatürde tespit edilen kriterler sunulmuştur. İşletmenin belirlediği kriterler, örnek uygulama kapsamında kullanılacaktır.

### 3. Metodoloji

Bu çalışmada uygulama yapılırken, Bulanık SWARA ve Bulanık MOORA yöntemlerinin avantajlarının kullanılması amaçlanmıştır. SWARA Yöntemi, AHP'den sonra literatürde genişçe yer bulan bir sübjektif ağırlıklandırma yöntemidir. SWARA'nın, AHP'ye kıyasla çok daha az sayıda ikili karşılaştırmayla sonuca ulaşması, yöntemin en önemli avantajı olarak ön plana çıkmaktadır. Daha az sayıda ikili karşılaştırma hem yöntemin daha kolay uygulanmasını hem de AHP'de tutarlılığı olumsuz etkileyen durumun ortadan kalkmasını sağlamaktadır. Ayrıca, SWARA Yöntemi'nde karar vericilerin ölçek kullanmadan değerlendirme yapmaları, tutumlarını daha özgür şekilde yansıtmalarını sağlamaktadır (Stanujkic vd., 2015: 182). Çalışmada MOORA Yöntemi'nin tercih edilmesinin sebebi ise, literatürde bu yöntemin diğer bazı yöntemlerle karşılaştırıldığında, çok basit, hesaplama zamanının çok az, güvenilirliğinin ise iyi olduğunun ifade edilmesidir (Chakraborty, 2011: 1164-1165; Brauers ve Zavadskas, 2012: 5; Vatanser ve Uluköy, 2013: 282-283). Uygulamanın yapıldığı işletmedeki karar komitesi, belirlenen kriterler ile alternatif alt yüklenicileri değerlendirirken, nicel ve nitel verileri göz önünde bulduklarını, ancak bu verileri genellikle sözel ifadelerle yorumladıklarını ifade etmektedirler. Bu çalışma kapsamında da alt yüklenicilerin, belirlenen tüm kriterler açısından sözel değişkenlerle değerlendirileceği öğrenilmiştir. Karar vericiler, kriterleri değerlendirirken de bulanık sayıların kullanılmasını daha uygun görmüştür. Çünkü, gerçek hayat problemlerinde karar vericilerin, tutumlarını kesin sayılarla ifade etmeleri her zaman mümkün olmayabilir. Bulanık küme teorisi, karar verme süreçlerinde bu tür belirsizliklerin üstesinden gelmek için kullanılabilir. (Keshavarz Ghorabae vd., 2018: 35). Bu bağlamda uygulama kapsamında, SWARA ve MOORA Yöntemleri'nin bulanık küme teorisi ile birleştirildiği, Bulanık SWARA ve Bulanık MOORA Yöntemleri kullanılmaktadır.

#### 3.1. Metodoloji Literatürü

Bu çalışmada kullanılan Bulanık SWARA ve Bulanık MOORA Yöntemleri, Zadeh tarafından 1965'te önerilen "klasik bulanık kümeler"i dikkate almaktadır. Bu teoremin temel mantığı, "kümenin elemanlarının kümeye ait olma derecesinin ifade edilmesi"dir (Kabak ve Erdebili, 2021: 6). Literatürde SWARA ve MOORA'nın klasik bulanık kümelerle birleştirildiği birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında, Keshavarz Ghorabae vd. (2018)'nin önerdiği Bulanık SWARA metodolojisi tercih edilmiştir. MOORA Yöntemi için ise, Brauers vd. (2011), Baležentis vd. (2012a) ve Baležentis vd. (2012b) tarafından MULTIMOORA Yöntemi kapsamında klasik bulanık kümelerle önerilen yaklaşımlar ile MOORA yönteminin, Karande ve Chakraborty (2012) tarafından klasik bulanık kümelerle genişletildiği Bulanık MOORA yaklaşımı dikkate alınmıştır.

Son yıllarda bazı araştırmacılar tarafından, "kümenin elemanlarının kümeye ait olmama derecesi veya kümenin elemanlarının kümeye ait olup olmadığı konusunda herhangi bir yargıya sahip olmamanın da derecesinin belirlenmesi ile ilgili çeşitli bulanık küme teorileri geliştirilmiştir" (M. Kabak ve Erdebili, 2021: 6). Literatürde SWARA ve MOORA Yöntemleri'nin, bu yeni bulanık küme uzantıları ile genişletildiği çalışmalar da bulunmaktadır. Bu çalışmalardan bazıları kronolojik olarak şu şekilde özetlenebilir: Pérez-Domínguez vd. (2015) çalışmalarında, sezgisel bulanık MOORA yöntemini kullanmıştır. Büyüközkan ve Göçer (2017) yaptıkları uygulamada, aralık değerli sezgisel bulanık sayılara dayalı grup karar verme için MOORA yaklaşımının genişletilmesini tercih etmiştir. Keshavarz-Ghorabae vd. (2018a), simetrik aralıklı tip-2 bulanık kümeler ile genişletilmiş bir SWARA yaklaşımını uygulamıştır. Sen vd. (2018) çalışmalarında, sezgisel bulanık MOORA yöntemini kullanmıştır. Pérez-Domínguez vd. (2018), pisagor bulanık kümesi altında MOORA yaklaşımına dayanan bir çalışma yapmıştır. Mete (2019) da yaptığı bir çalışmada, pisagor bulanık ortamı altında MOORA'yı kullanmıştır. Rani vd. (2020) yaptıkları uygulamada, kararsız bulanık SWARA - karmaşık orantılı değerlendirme yaklaşımını tercih etmiştir. Mishra vd. (2020) çalışmalarında, sezgisel bulanık SWARA yaklaşımını uygulamıştır. Bera vd. (2020) seçim problemlerinde, aralıklı tip-2 bulanık MOORA'yı kullanmıştır. Narayanamoorthy vd. (2020), tereddütlü bulanık standart sapma ile MOORA yöntemini kullanmıştır. Rani vd. (2020) çalışmalarında, pisagor bulanık SWARA yöntemini kullanmıştır. Ramya vd. (2021) yaptıkları uygulamada, normal kıvrık aralık değerli kararsız pisagor bulanık küme için uyguladıkları bir SWARA yöntemini tercih edilmiştir. Taş vd. (2021) seçim probleminde, küresel bulanık SWARA'yı kullanmıştır. He vd. (2021) çalışmalarında, bir genişletilmiş aralık değerli pisagor bulanık SWARA-MULTIMOORA yaklaşımıyla uygulama yapmıştır. Ecer (2021) kriter ağırlıklandırmada, kararsız bulanık dilsel terimler temelli SWARA yöntemini kullanmıştır. Garg vd. (2022) çalışmalarında, karmaşık sezgisel bulanık soft SWARA yaklaşımını uygulamayı tercih etmiştir.

Bu çalışmanın metodolojisini oluşturan Bulanık SWARA ve Bulanık MOORA Yöntemleri'nde, literatürde hala genişçe yer bulan "klasik bulanık kümeler" yaklaşımının tercih edilmesinin sebebi, bu metodolojinin diğer bulanık küme uzantılarına göre daha pratik şekilde uygulanabilmesidir.

#### 3.2. Bulanık Küme Teorisi

Bulanık küme teorisi, L.A. Zadeh tarafından 1965 yılında ortaya atılmıştır. Zadeh, bulanık küme kavramını, "reel bir doğrudaki aralıklar" şeklinde tanımlamıştır. Diğer bir ifadeyle bulanık kümeler, "üyelik için yeterli kriterlerin olmadığı, yetersiz tanımlanmış nesnel kümesidir." (Paksoy vd., 2013: 5). Karar verme süreçleri, bu tür yetersiz tanımlamalardan ve

belirsizliklerden etkilenebilmektedir. Bulanık küme teorisi, karar verme süreçlerinde bu tür durumların üstesinden gelmek için kullanılabilir. Aşağıda, bulanık kümeler ve bulanık sayılar ile ilgili bazı temel kavramlar ve tanımlar sunulmaktadır. Tanım 1 ve Tanım 2, Chen ve Hwang'den aktarılmıştır (Keshavarz Ghorabae vd., 2018: 35).

**Tanım 1:** Bulanık sayı  $\tilde{A}$ 'nın üyelik fonksiyonu aşağıdaki şekildeyse,  $\tilde{A}$  bir üçgen bulanık sayıdır. Bu bulanık sayı,  $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$  şeklinde bir üçlü ile de tanımlanabilir.

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} (x - a_1)/(a_2 - a_1), & a_1 \leq x \leq a_2 \\ (a_3 - x)/(a_3 - a_2), & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & \text{diğer durumlar} \end{cases} \quad (1)$$

**Tanım 2:**  $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$  ve  $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3)$ 'nin iki pozitif üçgen bulanık sayı olduğunu ( $a_1 \geq 0$  ve  $b_1 \geq 0$ ) ve  $k$ 'nin net bir sayı (crisp number) olduğunu varsayalım. Bu bulanık sayılarla yapılan aritmetik işlemler aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3) \quad (2)$$

$$\tilde{A} + k = (a_1 + k, a_2 + k, a_3 + k) \quad (3)$$

$$\tilde{A} \ominus \tilde{B} = (a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1) \quad (4)$$

$$\tilde{A} - k = (a_1 - k, a_2 - k, a_3 - k) \quad (5)$$

$$\tilde{A} \otimes \tilde{B} \cong (a_1 \times b_1, a_2 \times b_2, a_3 \times b_3) \quad (6)$$

$$\tilde{A} \times k = \begin{cases} (a_1 \times k, a_2 \times k, a_3 \times k), & k \geq 0 \text{ ise} \\ (a_3 \times k, a_2 \times k, a_1 \times k), & k < 0 \text{ ise} \end{cases} \quad (7)$$

$$\tilde{A} \oslash \tilde{B} \cong (a_1/b_3, a_2/b_2, a_3/b_1) \quad (8)$$

$$\tilde{A}/k = \begin{cases} (a_1/k, a_2/k, a_3/k), & k > 0 \text{ ise} \\ (a_3/k, a_2/k, a_1/k), & k < 0 \text{ ise} \end{cases} \quad (9)$$

**Tanım 3:**  $2\sigma$  (bulanıklık değeri =  $\sigma$ ) temelli,  $a$ 'da ortalanmış simetrik üçgen bulanık sayı aşağıdaki şekilde tanımlanır (Ma vd., 2000: 351-356; Keshavarz Ghorabae vd., 2018: 35-36).

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} (x - a + \sigma)/\sigma, & a - \sigma \leq x \leq a \\ (a + \sigma - x)/\sigma, & a \leq x \leq a + \sigma \\ 0, & \text{diğer durumlar} \end{cases} \quad (10)$$

### 3.3. Bulanık SWARA

Kriter ağırlıklandırma yöntemlerinden biri olan SWARA (Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis) Yöntemi, Keršulienė vd. (2010) tarafından tanımlanmıştır. Önerilen yöntemin avantajı olarak, "AHP yöntemi ile kıyaslandığında çok daha az sayıda ikili karşılaştırma yapılması" söylenebilir (Stanujkic vd., 2015: 181).

Literatürde SWARA Yöntemi'nin bulanık ortamlar için genişletildiği ve kullanıldığı farklı çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmada, Keshavarz Ghorabae vd. (2018)'nin önerdiği Bulanık SWARA Yöntemi tercih edilmiştir. Bu yaklaşım daha sonra, Moniri vd. (2020) tarafından yamuk bulanık sayılarla da uygulanmıştır. Bulanık SWARA Yöntemi'nin adımları şu şekilde özetlenebilir (Keshavarz Ghorabae vd., 2018: 36).

**Adım 1:**  $n$  adet birbiriyile ilişkisiz değerlendirme kriteri (Keršulienė vd., 2010: 250) ve  $k$  adet karar verici ( $KV_1, KV_2, \dots, KV_k$ ) olduğunu varsayalım. Karar vericilerin her biri, kriterleri azalan beklenen önem sırasına göre sıralar.  $r_{jp}$ ,  $p$ . karar vericinin ( $p = 1, 2, \dots, k$ ) sıralı listesindeki  $j$ . kriterin sırasını belirtir.

**Adım 2:** Her bir karar verici, her kriterin göreceli önemini ( $S_{r_{jp}}$ ), bir belirsizlik değeri ( $\sigma_{r_{jp}}$ ) ile birlikte ifade eder ve ikinci sıradaki ( $r_{jp} = 2$ ) kriterden başlayarak yazılır.

$S_{r_{jp}}$  ile gösterilen değer, "j. kriterin (j+1). kriterden ne kadar daha önemli olduğunu gösteren oran" şeklinde ifade edilebilir ve "ortalama değerin karşılaştırmalı önemi" olarak tanımlanır (Keršulienė vd., 2010: 243-258; Ayçin, 2020: 257-289).  $\sigma_{r_{jp}}$  ise, karşılık gelen bulanıklık değerini temsil etmektedir. Karar vericilerin simetrik üçgen bulanık sayı (Bkz. Tanım 3) ifadeleri, şu şekilde tanımlanır.

$$\tilde{S}_{r_{jp}} = (S_{r_{jp}} - \sigma_{r_{jp}}, S_{r_{jp}}, S_{r_{jp}} + \sigma_{r_{jp}}) \quad (11)$$

**Adım 3:**  $\tilde{K}_{r_{jp}}$  katsayısı, şu şekilde hesaplanır.

$$\tilde{K}_{r_{jp}} = \begin{cases} (1, 1, 1), & r_{jp} = 1 \\ 1 + \tilde{S}_{r_{jp}}, & r_{jp} > 1 \end{cases} \quad (12)$$

**Adım 4:** Yeniden hesaplanan ağırlıklandırma faktörleri  $\tilde{Q}_{r_{jp}}$ , şu şekilde belirlenir.

$$\tilde{Q}_{r_{jp}} = \begin{cases} (1, 1, 1) & , \quad r_{jp} = 1 \\ \tilde{Q}_{r_{jp}-1} \otimes \tilde{K}_{r_{jp}}, & r_{jp} > 1 \end{cases} \quad (13)$$

**Adım 5:** Kriterlerin p. karar vericiye göre bulanık ağırlıkları şu şekilde belirlenir.

$$\tilde{w}_{jp} = \tilde{Q}_{r_{jp}} \otimes \left( \bigoplus_{r_{jp}=1}^n \tilde{Q}_{r_{jp}} \right) \quad (14)$$

**Adım 6:** Kriterlerin ortalama bulanık ağırlıkları şu şekilde belirlenir.

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{k} \left( \bigoplus_{p=1}^k \tilde{w}_{jp} \right) \quad (15)$$

### 3.4. Bulanık MOORA

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan MOORA (Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis) Yöntemi, Brauers ve Zavadskas (2006) tarafından yapılan bir çalışma ile tanıtılmıştır. Diğer bazı yöntemlerle karşılaştırılan MOORA Yöntemi'nin çok basit, hesaplama zamanının çok az, güvenilirliğinin ise iyi olduğu ifade edilmektedir (Chakraborty, 2011: 1164-1165; Brauers ve Zavadskas, 2012: 5; Vatansver ve Uluköy, 2013: 282-283).

MOORA Yöntemi'nin bulanık küme teorisiyle birlikte kullanılarak, MULTIMOORA Yöntemi kapsamında bulanık sayılarla geliştirildiği (Brauers vd., 2011: 259-290; Baležentis vd., 2012a: 173-190; Baležentis vd., 2012b: 7961-7967) ve bulanık ortamlar için tek başına bir yöntem olarak da genişletildiği (Karande ve Chakraborty, 2012: 11-22) çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalar çerçevesinde, "Bulanık Oran Sistemi"ne dayalı Bulanık MOORA yönteminin adımları şu şekilde özetlenebilir.

**Adım 1:** m adet alternatif ve k adet karar verici ( $KV_1, KV_2, \dots, KV_k$ ) olduğunu varsayalım. Her bir karar verici, Tablo 3'te verilen ve üçgen bulanık sayılarla ifade edilen sözel değişkenleri (Chen, 2000: 5; Keshavarz Ghorabae vd., 2018: 43) kullanarak alternatifleri değerlendirir.

**Tablo 3: Sözel Değişkenler ve Bulanık Sayılar**

| Sözel Değişkenler | Üçgen Bulanık Sayılar |
|-------------------|-----------------------|
| Çok Düşük (ÇD)    | (0,0 0,0 0,1)         |
| Düşük (D)         | (0,0 0,1 0,3)         |
| Orta Düşük (OD)   | (0,1 0,3 0,5)         |
| Orta (O)          | (0,3 0,5 0,7)         |
| Orta Yüksek (OY)  | (0,5 0,7 0,9)         |
| Yüksek (Y)        | (0,7 0,9 1,0)         |
| Çok Yüksek (ÇY)   | (0,9 1,0 1,0)         |

**Adım 2:** Karar vericilerin alternatifler için değerlendirmeleri Eşitlik 16 ve 17'deki gibi birleştirilir. Böylece, bulanık karar matrisi  $\tilde{X}$  oluşturulur. Burada  $\tilde{x}_{ij}^p$ , p. karar verici tarafından, j. ( $j = 1, \dots, n$ ) kriter için, i. ( $i = 1, \dots, m$ ) alternatifin değerlendirmesini gösterir (Kundakcı, 2019: 5).

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{k} \left( \bigoplus_{p=1}^k \tilde{x}_{ij}^p \right) \quad (16)$$

$$\tilde{x}_{ij} = (x_{ij}^l, x_{ij}^m, x_{ij}^u) \quad \tilde{X} = [\tilde{x}_{ij}]_{n \times m} \quad (17)$$

**Adım 3:** Normalize bulanık karar matrisi  $\tilde{R}$  oluşturulur (Baležentis vd., 2012a: 180; Baležentis vd., 2012b: 7964; Karande ve Chakraborty, 2012: 15).

$$r_{ij}^l = \frac{x_{ij}^l}{\sqrt{\sum_{i=1}^m [(x_{ij}^l)^2 + (x_{ij}^m)^2 + (x_{ij}^u)^2]}} \quad r_{ij}^m = \frac{x_{ij}^m}{\sqrt{\sum_{i=1}^m [(x_{ij}^l)^2 + (x_{ij}^m)^2 + (x_{ij}^u)^2]}} \quad r_{ij}^u = \frac{x_{ij}^u}{\sqrt{\sum_{i=1}^m [(x_{ij}^l)^2 + (x_{ij}^m)^2 + (x_{ij}^u)^2]}} \quad (18)$$

$$\tilde{r}_{ij} = (r_{ij}^l, r_{ij}^m, r_{ij}^u) \quad \tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{n \times m} \quad (19)$$

**Adım 4:** Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi  $\tilde{V}$  elde edilir (Karande ve Chakraborty, 2012: 15; Akkaya vd., 2015: 9568-9569; Kundakcı, 2019: 6). Bu çalışmada Bulanık SWARA Yöntemi ile elde edilen ağırlıklar kullanılmaktadır.

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \otimes \tilde{w}_{ij} \quad (20)$$

$$\tilde{v}_{ij} = (v_{ij}^l, v_{ij}^m, v_{ij}^u) \quad \tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{n \times m} \quad (21)$$

**Adım 5:** Son adım için 2 metod seçeneği bulunmaktadır.

**1. metod:** Maliyet kriterlerinin ( $j = g + 1, \dots, n$ )  $\tilde{v}_{ij}$  değerlerinin toplamı, fayda kriterlerinin ( $j = 1, \dots, g$ )  $\tilde{v}_{ij}$  değerlerinin toplamından Eşitlik 22'deki gibi çıkarılır. Elde edilen  $\tilde{y}_i$  değerleri Eşitlik 23'teki gibi durulaştırılarak, her bir alternatif için en iyi bulanık olmayan performans  $BNP_{i(\tilde{y}_i)}$  değerleri hesaplanır. En yüksek  $BNP_{i(\tilde{y}_i)}$  değerine sahip alternatif en uygun seçim olacaktır (Brauers vd., 2011: 265; Baležentis vd., 2012b: 7964).

$$\tilde{y}_i = (\oplus_{j=1}^g \tilde{v}_{ij}) \ominus (\oplus_{j=g+1}^n \tilde{v}_{ij}) \quad (22)$$

$$BNP_{i(\tilde{y}_i)} = \frac{(y_i^u - y_i^l) + (y_i^m - y_i^l)}{3} + y_i^l \quad \text{Bu eşitlik, daha yalın haliyle; } BNP_{i(\tilde{y}_i)} = \frac{y_i^l + y_i^m + y_i^u}{3} \text{ şeklindedir.} \quad (23)$$

**2. metod:** Her bir alternatif için, fayda kriterlerinin genel derecelendirmelerinin l, m, u değerleri Eşitlik 24'teki gibi, maliyet kriterlerinin genel derecelendirmelerinin l, m, u değerleri Eşitlik 25'teki gibi hesaplanır. Ardından, her bir alternatif için genel performans endeksi  $S_{i(s_i^+, s_i^-)}$  değerleri, vertex metodu (Chen, 2000: 1-9) kullanılarak Eşitlik 26'daki gibi hesaplanır. En yüksek  $S_{i(s_i^+, s_i^-)}$  değerine sahip alternatif en uygun seçim olacaktır (Karande ve Chakraborty, 2012: 15-16).

$$s_i^{+l} = \sum_{j=1}^n v_{ij}^l \mid j \in J^{max} \quad s_i^{+m} = \sum_{j=1}^n v_{ij}^m \mid j \in J^{max} \quad s_i^{+u} = \sum_{j=1}^n v_{ij}^u \mid j \in J^{max} \quad (24)$$

$$s_i^{-l} = \sum_{j=1}^n v_{ij}^l \mid j \in J^{min} \quad s_i^{-m} = \sum_{j=1}^n v_{ij}^m \mid j \in J^{min} \quad s_i^{-u} = \sum_{j=1}^n v_{ij}^u \mid j \in J^{min} \quad (25)$$

$$S_{i(s_i^+, s_i^-)} = \sqrt{\frac{1}{3} [(s_i^{+l} - s_i^{-l})^2 + (s_i^{+m} - s_i^{-m})^2 + (s_i^{+u} - s_i^{-u})^2]} \quad (26)$$

#### 4. Uygulama

Üretim tesislerinin inşası, kurulumu ve modernizasyonu alanında faaliyet gösteren bir işletmeye, alt yüklenici değerlendirme kriterlerini belirlemeleri için, literatürde tespit edilen kriterler (Tablo 2) sunulmuştu. İşletmedeki karar vericiler bu kriterleri göz önünde bulundurarak, faaliyet gösterdikleri alanın ve alt yükleniciye aktarılacak faaliyetlerin gereksinimleri doğrultusunda, alt yüklenici değerlendirme kriterleri listesi hazırlamıştır. İşletmenin örnek uygulama için belirlediği bu liste Tablo 4'te verilmiştir.  $K_1$  ve  $K_8$  kriterleri maliyet, diğer kriterler fayda kriterleridir. Bu kriterler, iki karar verici ( $KV_1$ ,  $KV_2$ ) tarafından değerlendirilmiş ve ağırlıkları Bulanık SWARA Yöntemi ile belirlenmiştir.

**Tablo 4: Alt Yüklenici Değerlendirme Kriterleri**

|                 |  |
|-----------------|--|
| K <sub>1</sub>  | Proje Maliyeti   |
| K <sub>2</sub>  | Genel finansal durumu / Finansal açıdan sağlamlığı                     |
| K <sub>3</sub>  | Referansları / Yaptığı işler / Tecrübesi                               |
| K <sub>4</sub>  | Yöneticilerin işi iyi anlaması ve iş birliği yapma konusunda istekleri |
| K <sub>5</sub>  | Proje zamanını yönetme yeteneği  |
| K <sub>6</sub>  | İşçilik kalitesi   |
| K <sub>7</sub>  | Üretim esnekliği / Değişikliklere tepki hızı                           |
| K <sub>8</sub>  | Çalışan sirkülasyonu / İş gücü devri                                   |
| K <sub>9</sub>  | Teknik kadro yeterliliği   |
| K <sub>10</sub> | Projeye uygun ekipman yeterliliği                                      |
| K <sub>11</sub> | İş güvenliği   |



Karar vericiler, belirlenen kriterler ile alternatifleri değerlendirirken, alt yüklenicilerle ilgili bazı nicel ve nitel verilerden faydalanmaktadır. Daha sonra bu verileri genellikle sözel ifadelerle yorumlamaktadırlar. Bu çalışma kapsamında alt yükleniciler, belirlenen tüm kriterler açısından sözel değişkenlerle değerlendirilmektedir. Bu çerçevede, üç alt yüklenici alternatifi ( $A_1, A_2, A_3$ ), aynı karar vericiler ( $KV_1, KV_2$ ) tarafından değerlendirilmiş ve sonuçlar Bulanık MOORA Yöntemi ile belirlenmiştir.

Bu bölümde, metodolojinin uygulandığı örnek çalışma sunulmaktadır.

#### 4.1. Bulanık SWARA Sonuçları

Bulanık SWARA Yöntemi'nin ilk 5 adımı ve Eşitlik 11-12-13-14 ile belirlenen sonuçlar aşağıda verilmiştir. Tablo 5, kriterlerin birinci karar vericiye göre bulanık ağırlıklarının hesaplanmasını içermektedir. Yöntemin nasıl uygulandığı göstermek amacıyla Tablo 5'teki hesaplamalar açıklanmıştır.

**Tablo 5: 1. Karar Vericiye Göre Bulanık Ağırlıkların Hesaplanması**

| $KV_1$   | $r_{jp}$ | $S_{r_{jp}}$ | $\sigma_{r_{jp}}$ | $\tilde{S}_{r_{jp}}$ | $\tilde{K}_{r_{jp}}$ | $\tilde{Q}_{r_{jp}}$ | $\tilde{w}_{r_{jp}}$ |
|----------|----------|--------------|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| $K_5$    | 1        |              |                   |                      | (1,000 1,000 1,000)  | (1,000 1,000 1,000)  | (0,110 0,116 0,122)  |
| $K_1$    | 2        | 0,090        | 0,010             | (0,080 0,090 0,100)  | (1,080 1,090 1,100)  | (0,909 0,917 0,926)  | (0,100 0,107 0,113)  |
| $K_6$    | 3        | 0,030        | 0,010             | (0,020 0,030 0,040)  | (1,020 1,030 1,040)  | (0,874 0,891 0,908)  | (0,096 0,103 0,111)  |
| $K_{11}$ | 4        | 0,015        | 0,005             | (0,010 0,015 0,020)  | (1,010 1,015 1,020)  | (0,857 0,878 0,899)  | (0,095 0,102 0,110)  |
| $K_7$    | 5        | 0,075        | 0,025             | (0,050 0,075 0,100)  | (1,050 1,075 1,100)  | (0,779 0,816 0,856)  | (0,086 0,095 0,104)  |
| $K_4$    | 6        | 0,015        | 0,005             | (0,010 0,015 0,020)  | (1,010 1,015 1,020)  | (0,764 0,804 0,848)  | (0,084 0,093 0,103)  |
| $K_2$    | 7        | 0,015        | 0,005             | (0,010 0,015 0,020)  | (1,010 1,015 1,020)  | (0,749 0,792 0,839)  | (0,083 0,092 0,102)  |
| $K_3$    | 8        | 0,075        | 0,025             | (0,050 0,075 0,100)  | (1,050 1,075 1,100)  | (0,681 0,737 0,799)  | (0,075 0,086 0,097)  |
| $K_9$    | 9        | 0,050        | 0,010             | (0,040 0,050 0,060)  | (1,040 1,050 1,060)  | (0,642 0,702 0,768)  | (0,071 0,082 0,094)  |
| $K_{10}$ | 10       | 0,175        | 0,025             | (0,150 0,175 0,200)  | (1,150 1,175 1,200)  | (0,535 0,597 0,668)  | (0,059 0,069 0,081)  |
| $K_8$    | 11       | 0,250        | 0,050             | (0,200 0,250 0,300)  | (1,200 1,250 1,300)  | (0,412 0,478 0,557)  | (0,045 0,055 0,068)  |
| $\Sigma$ |          |              |                   |                      |                      | (8,202 8,613 9,068)  |                      |

**Adım 1:** 1. karar verici, kriterleri azalan beklenen önem sırasına göre Tablo 5'teki gibi sıralamıştır.

**Adım 2:** Tablo 5'te  $K_1$  kriterinin bulunduğu 2. satırda  $S_{r_{jp}}$  için yazılan 0,090 değeri, karar vericiye göre  $K_5$  kriterinin  $K_1$  kriterinden %9 daha önemli olduğunu gösterir. Yine bu satırdaki  $\sigma_{r_{jp}}$  için yazılan 0,010 değeri ise, karar verici tarafından belirtilen bulanıklık değerini gösterir. Böylece karar vericinin  $K_1$  kriterine karşılık gelen bulanık sayı ifadesi Eşitlik 11 yardımıyla  $\tilde{S}_{r_{jp}} = (0,080; 0,090; 0,100)$  şeklinde hesaplanır. Benzer şekilde 3. satırdaki  $S_{r_{jp}}$  için verilen 0,030 değeri,  $K_1$  kriterinin  $K_6$  kriterinden %3 daha önemli olduğunu gösterir ve belirtilen  $\sigma_{r_{jp}} = 0,010$  olduğu için  $\tilde{S}_{r_{jp}} = (0,020; 0,030; 0,040)$  şeklinde hesaplanır. Tablo 5 'te tüm  $S_{r_{jp}}, \sigma_{r_{jp}}, \tilde{S}_{r_{jp}}$  değerleri bu şekilde tabloya yerleştirilir.

**Adım 3:**  $\tilde{K}_{r_{jp}}$  sütunundaki değerler, Eşitlik 12 ile belirlenir. Formül gereği 1. satırdaki  $\tilde{K}_{r_{jp}}$  değeri her zaman (1,000; 1,000; 1,000) olarak yazılır ve diğer tüm satırlar  $1 + \tilde{S}_{r_{jp}}$  şeklinde hesaplanır.

**Adım 4:**  $\tilde{Q}_{r_{jp}}$  değerleri Eşitlik 13 ile belirlenir. Formül gereği 1. satırdaki  $\tilde{Q}_{r_{jp}}$  değeri her zaman (1,000; 1,000; 1,000) olarak yazılır. Diğer tüm satırlar, bir önceki satırdaki  $\tilde{Q}_{r_{jp}}$  değerinin (yani  $\tilde{Q}_{r_{jp-1}}$ ), hesaplama yaptığımız satırın  $\tilde{K}_{r_{jp}}$  değerine bölünmesi ile hesaplanır. Örneğin hesaplamalar şöyle yapılır:

$K_1$  kriterine karşılık gelen 2. satır için  $\tilde{Q}_{r_{jp}}$  değeri:

$$(1,000; 1,000; 1,000) \oslash (1,080; 1,090; 1,100) = (0,909; 0,917; 0,926)$$

$K_6$  kriterine karşılık gelen 3. satır için  $\tilde{Q}_{r_{jp}}$  değeri:

$$(0,909; 0,917; 0,926) \oslash (1,020; 1,030; 1,040) = (0,874; 0,891; 0,908)$$

Diğer tüm  $\tilde{Q}_{r_{jp}}$  değerleri benzer şekilde hesaplanır.

**Adım 5:** Son olarak, kriterlerin bulanık ağırlıklarını ifade eden  $\tilde{w}_{r_{jp}}$  değerleri Eşitlik 14 ile hesaplanır. Bu hesaplama, her  $\tilde{Q}_{r_{jp}}$  değerinin  $\tilde{Q}_{r_{jp}}$  değerlerinin toplamına bölünmesinden ibarettir. Hesaplama şu şekilde yapılır:

$K_5$  kriterine karşılık gelen 1. satır için  $\tilde{w}_{r_{jp}}$  değeri:

$$(1,000; 1,000; 1,000) \oslash (8,202; 8,613; 9,068) = (0,110; 0,116; 0,122)$$

$K_1$  kriterine karşılık gelen 2. satır için  $\tilde{w}_{r_{jp}}$  değeri:

$$(0,909; 0,917; 0,926) \oslash (8,202; 8,613; 9,068) = (0,100; 0,107; 0,113)$$

$K_6$  kriterine karşılık gelen 3. satır için  $\tilde{w}_{r_{jp}}$  değeri:

$$(0,874; 0,891; 0,908) \oslash (8,202; 8,613; 9,068) = (0,096; 0,103; 0,111)$$

Diğer tüm  $\tilde{w}_{r_{jp}}$  değerleri benzer şekilde hesaplanır.

Aşağıda verilen Tablo 6 ise, kriterlerin ikinci karar vericiye göre bulanık ağırlıklarının hesaplanmasını içermektedir.

**Tablo 6: 2. Karar Vericiye Göre Bulanık Ağırlıkların Hesaplanması**

| KV <sub>2</sub> | r <sub>jp</sub> | S <sub>r<sub>jp</sub></sub> | σ <sub>r<sub>jp</sub></sub> | $\tilde{S}_{r_{jp}}$ | $\tilde{K}_{r_{jp}}$ | $\tilde{Q}_{r_{jp}}$ | $\tilde{w}_{r_{jp}}$ |
|-----------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| K <sub>5</sub>  | 1               |                             |                             |                      | (1,000 1,000 1,000)  | (1,000 1,000 1,000)  | (0,102 0,105 0,108)  |
| K <sub>1</sub>  | 2               | 0,035                       | 0,005                       | (0,030 0,035 0,040)  | (1,030 1,035 1,040)  | (0,962 0,966 0,971)  | (0,098 0,101 0,105)  |
| K <sub>6</sub>  | 3               | 0,030                       | 0,010                       | (0,020 0,030 0,040)  | (1,020 1,030 1,040)  | (0,925 0,938 0,952)  | (0,094 0,098 0,103)  |
| K <sub>11</sub> | 4               | 0,015                       | 0,005                       | (0,010 0,015 0,020)  | (1,010 1,015 1,020)  | (0,906 0,924 0,942)  | (0,092 0,097 0,102)  |
| K <sub>4</sub>  | 5               | 0,035                       | 0,005                       | (0,030 0,035 0,040)  | (1,030 1,035 1,040)  | (0,872 0,893 0,915)  | (0,088 0,093 0,099)  |
| K <sub>2</sub>  | 6               | 0,050                       | 0,010                       | (0,040 0,050 0,060)  | (1,040 1,050 1,060)  | (0,822 0,850 0,880)  | (0,083 0,089 0,095)  |
| K <sub>3</sub>  | 7               | 0,015                       | 0,005                       | (0,010 0,015 0,020)  | (1,010 1,015 1,020)  | (0,806 0,838 0,871)  | (0,082 0,088 0,094)  |
| K <sub>10</sub> | 8               | 0,005                       | 0,005                       | (0,000 0,005 0,010)  | (1,000 1,005 1,010)  | (0,798 0,834 0,871)  | (0,081 0,087 0,094)  |
| K <sub>9</sub>  | 9               | 0,055                       | 0,005                       | (0,050 0,055 0,060)  | (1,050 1,055 1,060)  | (0,753 0,790 0,830)  | (0,076 0,083 0,089)  |
| K <sub>7</sub>  | 10              | 0,025                       | 0,005                       | (0,020 0,025 0,030)  | (1,020 1,025 1,030)  | (0,731 0,771 0,813)  | (0,074 0,081 0,088)  |
| K <sub>8</sub>  | 11              | 0,020                       | 0,010                       | (0,010 0,020 0,030)  | (1,010 1,020 1,030)  | (0,710 0,756 0,805)  | (0,072 0,079 0,087)  |
| Σ               |                 |                             |                             |                      |                      | (9,284 9,560 9,850)  |                      |

**Adım 6:** Karar vericilerin belirlediği bulanık ağırlıkların Eşitlik 15'teki gibi ortalaması alınır. Hesaplanan ortalama bulanık ağırlıklar Tablo 7'de verilmiştir.

**Tablo 7: Ortalama Bulanık Ağırlıklar**

| Ağırlıklar      | $\tilde{w}_j$       |
|-----------------|---------------------|
| K <sub>1</sub>  | (0,099 0,104 0,109) |
| K <sub>2</sub>  | (0,083 0,090 0,099) |
| K <sub>3</sub>  | (0,078 0,087 0,096) |
| K <sub>4</sub>  | (0,086 0,093 0,101) |
| K <sub>5</sub>  | (0,106 0,110 0,115) |
| K <sub>6</sub>  | (0,095 0,101 0,107) |
| K <sub>7</sub>  | (0,080 0,088 0,096) |
| K <sub>8</sub>  | (0,059 0,067 0,077) |
| K <sub>9</sub>  | (0,074 0,082 0,092) |
| K <sub>10</sub> | (0,070 0,078 0,088) |
| K <sub>11</sub> | (0,093 0,099 0,106) |

#### 4.2. Bulanık MOORA Sonuçları

**Adım 1:** Alt yüklenici alternatifleri, karar vericiler tarafından Tablo 3'teki sözel değişkenler kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler Tablo 8'de verilmiştir.

**Tablo 8: Alternatiflerin Karar Vericiler Tarafından Değerlendirilmesi**

| KV <sub>1</sub> | A <sub>1</sub> | A <sub>2</sub> | A <sub>3</sub> | KV <sub>2</sub> | A <sub>1</sub> | A <sub>2</sub> | A <sub>3</sub> |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| K <sub>1</sub>  | OY             | ÇY             | O              | K <sub>1</sub>  | Y              | ÇY             | OD             |
| K <sub>2</sub>  | OY             | ÇY             | OD             | K <sub>2</sub>  | Y              | ÇY             | D              |
| K <sub>3</sub>  | ÇY             | ÇY             | OY             | K <sub>3</sub>  | ÇY             | ÇY             | OY             |
| K <sub>4</sub>  | ÇY             | ÇY             | Y              | K <sub>4</sub>  | ÇY             | Y              | OD             |
| K <sub>5</sub>  | Y              | O              | O              | K <sub>5</sub>  | ÇY             | OY             | O              |
| K <sub>6</sub>  | Y              | OY             | O              | K <sub>6</sub>  | ÇY             | ÇY             | OD             |
| K <sub>7</sub>  | ÇY             | O              | OY             | K <sub>7</sub>  | ÇY             | OY             | OD             |
| K <sub>8</sub>  | ÇD             | O              | OD             | K <sub>8</sub>  | ÇD             | OD             | O              |
| K <sub>9</sub>  | O              | Y              | O              | K <sub>9</sub>  | ÇY             | Y              | ÇD             |
| K <sub>10</sub> | OY             | ÇY             | O              | K <sub>10</sub> | ÇY             | ÇY             | OD             |
| K <sub>11</sub> | OY             | OY             | O              | K <sub>11</sub> | Y              | Y              | OD             |

**Adım 2:** Karar vericilerin alternatifler için yaptıkları değerlendirmeler Eşitlik 16 ve 17 ile birleştirilmiştir ve oluşturulan bulanık karar matrisi Tablo 9'da verilmiştir. Tablo 9'daki hesaplamalar şu şekilde yapılmıştır. Örneğin, karar vericiler tarafından A<sub>1</sub> alternatifinin K<sub>1</sub> kriteri açısından değerlendirmesi, Tablo 8'de gösterildiği gibi "OY" ve "Y" şeklinde yapılmıştır. Tablo 3'e göre bu sözel ifadeler karşılık gelen değerler, (0,5; 0,7; 0,9) ve (0,7; 0,9; 1,0)'dir. Karar vericilerin değerlendirmelerinin ortalaması Eşitlik 16 ile hesaplanır ve (0,600; 0,800; 0,950) şeklinde bulunur. Diğer tüm hesaplamalar benzer şekilde yapılarak Eşitlik 17'de gösterildiği gibi bulanık karar matrisi oluşturulmuştur.

**Tablo 9: Bulanık Karar Matrisi**

| $\tilde{X}$     | A <sub>1</sub>      | A <sub>2</sub>      | A <sub>3</sub>      |
|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| K <sub>1</sub>  | (0,600 0,800 0,950) | (0,900 1,000 1,000) | (0,200 0,400 0,600) |
| K <sub>2</sub>  | (0,600 0,800 0,950) | (0,900 1,000 1,000) | (0,050 0,200 0,400) |
| K <sub>3</sub>  | (0,900 1,000 1,000) | (0,900 1,000 1,000) | (0,500 0,700 0,900) |
| K <sub>4</sub>  | (0,900 1,000 1,000) | (0,800 0,950 1,000) | (0,400 0,600 0,750) |
| K <sub>5</sub>  | (0,800 0,950 1,000) | (0,400 0,600 0,800) | (0,300 0,500 0,700) |
| K <sub>6</sub>  | (0,800 0,950 1,000) | (0,700 0,850 0,950) | (0,200 0,400 0,600) |
| K <sub>7</sub>  | (0,900 1,000 1,000) | (0,400 0,600 0,800) | (0,300 0,500 0,700) |
| K <sub>8</sub>  | (0,000 0,000 0,100) | (0,200 0,400 0,600) | (0,200 0,400 0,600) |
| K <sub>9</sub>  | (0,600 0,750 0,850) | (0,700 0,900 1,000) | (0,150 0,250 0,400) |
| K <sub>10</sub> | (0,700 0,850 0,950) | (0,900 1,000 1,000) | (0,200 0,400 0,600) |
| K <sub>11</sub> | (0,600 0,800 0,950) | (0,600 0,800 0,950) | (0,200 0,400 0,600) |

**Adım 3:** Eşitlik 18 ve 19 ile oluşturulan normalize bulanık karar matrisi Tablo 10'da verilmiştir. Burada Eşitlik 18'deki formül şu şekilde uygulanır. Örneğin Tablo 9'da K<sub>1</sub>'in alternatiflere karşılık gelen değerleri dikkate alarak, 1. satır için Eşitlik 18'in paydası şu şekilde oluşturulur:

$$\sqrt{[(0,60)^2 + (0,80)^2 + (0,95)^2] + [(0,90)^2 + (1,00)^2 + (1,00)^2] + [(0,20)^2 + (0,40)^2 + (0,60)^2]} = 2,296$$

Tablo 9'daki K<sub>1</sub> satırındaki A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> ve A<sub>3</sub>'e karşılık gelen tüm değerler, bulduğumuz 2,296 paydasına bölünerek normalizasyon işlemi yapılır.

A<sub>1</sub> için l, m, u değerleri:

$$0,600/2,296 = 0,261 \quad 0,800/2,296 = 0,348 \quad 0,950/2,296 = 0,414$$

A<sub>2</sub> için l, m, u değerleri:

$$0,900/2,296 = 0,392 \quad 1,000/2,296 = 0,436 \quad 1,000/2,296 = 0,436$$

A<sub>3</sub> için l, m, u değerleri:

$$0,200/2,296 = 0,087 \quad 0,400/2,296 = 0,174 \quad 0,600/2,296 = 0,261$$

Yukarıdaki sonuçlar Tablo 10'un 1. satırını oluşturur. Diğer satırlar da benzer şekilde hesaplanarak Eşitlik 19'daki gibi normalize bulanık karar matrisi oluşturulmuştur.

**Tablo 10: Normalize Bulanık Karar Matrisi**

| $\tilde{R}$     | A <sub>1</sub>      | A <sub>2</sub>      | A <sub>3</sub>      |
|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| K <sub>1</sub>  | (0,261 0,348 0,414) | (0,392 0,436 0,436) | (0,087 0,174 0,261) |
| K <sub>2</sub>  | (0,271 0,361 0,429) | (0,406 0,451 0,451) | (0,023 0,090 0,180) |
| K <sub>3</sub>  | (0,336 0,373 0,373) | (0,336 0,373 0,373) | (0,187 0,261 0,336) |
| K <sub>4</sub>  | (0,355 0,394 0,394) | (0,315 0,374 0,394) | (0,158 0,237 0,296) |
| K <sub>5</sub>  | (0,376 0,446 0,470) | (0,188 0,282 0,376) | (0,141 0,235 0,329) |
| K <sub>6</sub>  | (0,350 0,416 0,438) | (0,306 0,372 0,416) | (0,088 0,175 0,263) |
| K <sub>7</sub>  | (0,411 0,456 0,456) | (0,183 0,274 0,365) | (0,137 0,228 0,320) |
| K <sub>8</sub>  | (0,000 0,000 0,094) | (0,188 0,376 0,564) | (0,188 0,376 0,564) |
| K <sub>9</sub>  | (0,293 0,366 0,415) | (0,342 0,440 0,489) | (0,073 0,122 0,195) |
| K <sub>10</sub> | (0,299 0,363 0,406) | (0,384 0,427 0,427) | (0,085 0,171 0,256) |
| K <sub>11</sub> | (0,287 0,383 0,455) | (0,287 0,383 0,455) | (0,096 0,191 0,287) |

**Adım 4:** Eşitlik 20 ve 21 ile oluşturulan ağırlıklandırılmış normalize bulanık karar matrisi Tablo 11'de verilmiştir. Bu adımda Tablo 10'daki değerler, Bulanık SWARA Yöntemi ile elde edilen ve Tablo 7'de verilen ağırlıklar ile çarpılmıştır. Örnek olarak, K<sub>1</sub> satırındaki A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> ve A<sub>3</sub>'e karşılık gelen değerler Eşitlik 20 ile şu şekilde hesaplanır.

$$A_1 \text{ için: } (0,261; 0,348; 0,414) \otimes (0,099; 0,104; 0,109) = (0,026; 0,036; 0,045)$$

$$A_2 \text{ için: } (0,392; 0,436; 0,436) \otimes (0,099; 0,104; 0,109) = (0,039; 0,045; 0,047)$$

$$A_3 \text{ için: } (0,087; 0,174; 0,261) \otimes (0,099; 0,104; 0,109) = (0,009; 0,018; 0,028)$$

Yukarıdaki sonuçlar Tablo 11'in 1. satırını oluşturur. Diğer satırlar da benzer şekilde hesaplanarak Eşitlik 21'deki gibi ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi oluşturulmuştur.

**Tablo 11: Ağırlıklandırılmış Normalize Bulanık Karar Matrisi**

| $\tilde{V}$     | A <sub>1</sub>      | A <sub>2</sub>      | A <sub>3</sub>      |
|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| K <sub>1</sub>  | (0,026 0,036 0,045) | (0,039 0,045 0,047) | (0,009 0,018 0,028) |
| K <sub>2</sub>  | (0,022 0,033 0,042) | (0,034 0,041 0,044) | (0,002 0,008 0,018) |
| K <sub>3</sub>  | (0,026 0,032 0,036) | (0,026 0,032 0,036) | (0,015 0,023 0,032) |
| K <sub>4</sub>  | (0,031 0,037 0,040) | (0,027 0,035 0,040) | (0,014 0,022 0,030) |
| K <sub>5</sub>  | (0,040 0,049 0,054) | (0,020 0,031 0,043) | (0,015 0,026 0,038) |
| K <sub>6</sub>  | (0,033 0,042 0,047) | (0,029 0,037 0,044) | (0,008 0,018 0,028) |
| K <sub>7</sub>  | (0,033 0,040 0,044) | (0,015 0,024 0,035) | (0,011 0,020 0,031) |
| K <sub>8</sub>  | (0,000 0,000 0,007) | (0,011 0,025 0,044) | (0,011 0,025 0,044) |
| K <sub>9</sub>  | (0,022 0,030 0,038) | (0,025 0,036 0,045) | (0,005 0,010 0,018) |
| K <sub>10</sub> | (0,021 0,028 0,036) | (0,027 0,033 0,037) | (0,006 0,013 0,022) |
| K <sub>11</sub> | (0,027 0,038 0,048) | (0,027 0,038 0,048) | (0,009 0,019 0,030) |

**Adım 5:** Son adımda **2 ayrı metot** karşılaştırılmaktadır. Bu adımda dikkat edilmesi gereken en önemli husus, **K<sub>1</sub> ve K<sub>8</sub>'in maliyet kriteri, diğer kriterlerin fayda kriteri** olmasıdır. 1. metot için, her bir alternatif için en iyi bulanık olmayan performans  $BNP_{i(\tilde{y}_i)}$  değerleri Eşitlik 22 ve 23 ile hesaplanmıştır. İlgili değerler Tablo 12'de verilmiştir. 2. metot için, her bir alternatif için genel performans endeksi  $S_{i(s_i^+, s_i^-)}$  değerleri Eşitlik 24, 25 ve 26 ile hesaplanmıştır. İlgili değerler Tablo 13'te verilmiştir.

**1. metot:** Tablo 12 şu şekilde oluşturulmuştur: Tablo 11'deki her alternatif için fayda kriterlerinin değerleri toplamı  $(\oplus_{j=1}^g \tilde{v}_{ij})$  ve maliyet kriterlerinin değerleri toplamı  $(\oplus_{j=g+1}^n \tilde{v}_{ij})$  ayrı ayrı yazılır. Ardından bu bulanık sayıların Eşitlik 22'deki gibi farkı alınır. Daha sonra Eşitlik 23'teki gibi  $BNP_{i(\tilde{y}_i)}$  değerleri hesaplanır. Örnek olarak A<sub>1</sub> için hesaplamalar aşağıdaki şekildedir.

A<sub>1</sub> için Tablo 11'deki fayda kriterlerinin (K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub>, K<sub>4</sub>, K<sub>5</sub>, K<sub>6</sub>, K<sub>7</sub>, K<sub>9</sub>, K<sub>10</sub>, K<sub>11</sub>) değerleri toplanır ve (0,255; 0,329; 0,384) bulunur, maliyet kriterlerinin (K<sub>1</sub> ve K<sub>8</sub>) değerleri toplanır ve (0,026; 0,036; 0,052) bulunur.

$$\tilde{y}_i = (0,255; 0,329; 0,384) \ominus (0,026; 0,036; 0,052) = (0,203; 0,293; 0,358)$$

$$BNP_{i(\tilde{y}_i)} = \frac{(0,358-0,203)+(0,293-0,203)}{3} + 0,203 = 0,285 \text{ şeklinde hesaplanır.}$$

Diğer alternatifler için de hesaplamalar benzer şekilde yapılarak Tablo 12 oluşturulmuştur.

**Tablo 12: En İyi Bulanık Olmayan Performans Değerlerinin Hesaplanması**

| 1. metot                                 | A <sub>1</sub> |       |       | A <sub>2</sub> |       |       | A <sub>3</sub> |       |       |
|--|----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|
|  | l              | m     | u     | l              | m     | u     | l              | m     | u     |
| $(\oplus_{j=1}^g \tilde{v}_{ij})$        | 0,255          | 0,329 | 0,384 | 0,230          | 0,308 | 0,373 | 0,085          | 0,159 | 0,247 |
| $(\oplus_{j=g+1}^n \tilde{v}_{ij})$      | 0,026          | 0,036 | 0,052 | 0,050          | 0,071 | 0,091 | 0,020          | 0,043 | 0,072 |
| $\tilde{y}_i$                            | 0,203          | 0,293 | 0,358 | 0,139          | 0,238 | 0,323 | 0,013          | 0,115 | 0,227 |
| <b><math>BNP_{i(\tilde{y}_i)}</math></b> | <b>0,285</b>   |       |       | <b>0,233</b>   |       |       | <b>0,118</b>   |       |       |

**2. metot:** Tablo 13 şu şekilde oluşturulmuştur: Her bir alternatif için, Tablo 11'deki fayda kriterlerinin l, m, u değerleri  $(s_i^{+l}, s_i^{+m}, s_i^{+u})$  Eşitlik 24'teki gibi, maliyet kriterlerinin l, m, u değerleri  $(s_i^{-l}, s_i^{-m}, s_i^{-u})$  Eşitlik 25'teki gibi ayrı ayrı toplanır. Daha sonra Eşitlik 26'da verilen vertex metodu ile  $S_{i(s_i^+, s_i^-)}$  değerleri hesaplanır. Örnek olarak A<sub>1</sub> için hesaplamalar aşağıdaki şekildedir.

A<sub>1</sub> için Tablo 11'deki fayda kriterlerinin (K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub>, K<sub>4</sub>, K<sub>5</sub>, K<sub>6</sub>, K<sub>7</sub>, K<sub>9</sub>, K<sub>10</sub>, K<sub>11</sub>) değerleri toplanır ve (0,255; 0,329; 0,384) bulunur, maliyet kriterlerinin (K<sub>1</sub> ve K<sub>8</sub>) değerleri toplanır ve (0,026; 0,036; 0,052) bulunur.

$$S_{i(s_i^+, s_i^-)} = \sqrt{\frac{1}{3}[(0,255 - 0,026)^2 + (0,329 - 0,036)^2 + (0,384 - 0,052)^2]} = 0,288 \text{ şeklinde hesaplanır.}$$

Diğer alternatifler için de hesaplamalar benzer şekilde yapılarak Tablo 13 oluşturulmuştur.

**Tablo 13: Genel Performans Endeksi Değerlerinin Hesaplanması**

| 2. metot                                | A <sub>1</sub> |       |       | A <sub>2</sub> |       |       | A <sub>3</sub> |       |       |
|---|----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|
|   | l              | m     | u     | l              | m     | u     | l              | m     | u     |
| $(s_i^{+l}, s_i^{+m}, s_i^{+u})$        | 0,255          | 0,329 | 0,384 | 0,230          | 0,308 | 0,373 | 0,085          | 0,159 | 0,247 |
| $(s_i^{-l}, s_i^{-m}, s_i^{-u})$        | 0,026          | 0,036 | 0,052 | 0,050          | 0,071 | 0,091 | 0,020          | 0,043 | 0,072 |
| <b><math>S_{i(s_i^+, s_i^-)}</math></b> | <b>0,288</b>   |       |       | <b>0,237</b>   |       |       | <b>0,127</b>   |       |       |

**Not:** 2. metodun doğru çalışması için tarafımızca; tüm alternatifler için formüldeki  $(s_i^{+l} - s_i^{-l})$ ,  $(s_i^{+m} - s_i^{-m})$  ve  $(s_i^{+u} - s_i^{-u})$  farklarını gösteren değerlerin tamamının pozitif olması gerektiği kanaati oluşmuştur. Bu çalışmada, bu değerlerin hepsi pozitiftir.

Her iki metot için de en uygun alternatifin **A<sub>1</sub>** olduğu görülmektedir.

### 4.3. Karşılaştırma Analizi

Bu çalışmadaki uygulama kapsamında, Bulanık MOORA Yöntemi'nin 2 farklı yaklaşımıyla sonuçlar elde edilmiştir. Son olarak, bulunan sonuçların güvenilirliğini test etmek amacıyla, literatürde yaygın olarak kabul gören Bulanık TOPSIS Yöntemi ile sonuçlar tekrar hesaplanmıştır. Bulanık TOPSIS Yöntemi ile de aynı sıralama elde edilmiştir. Bulanık MOORA'nın iki yaklaşımı için karşılaştırmalı sonuçlar ve bu sonuçların Bulanık TOPSIS Yöntemi ile yapılan karşılaştırması, Tablo 14'te verilmiştir.

**Tablo 14: Karşılaştırmalı Sonuçlar**

| Yöntem   | A <sub>1</sub> | A <sub>2</sub> | A <sub>3</sub> |
|--|----------------|----------------|----------------|
| <b>Bulanık MOORA 1. Metot (<math>BNP_{i(\bar{y}_i)}</math>)</b>  | <b>0,285</b>   | <b>0,233</b>   | <b>0,118</b>   |
| <b>Sıralama</b>  | <b>1</b>       | <b>2</b>       | <b>3</b>       |
| <b>Bulanık MOORA 2. Metot (<math>S_{i(s_i^+, s_i^-)}</math>)</b> | <b>0,288</b>   | <b>0,237</b>   | <b>0,127</b>   |
| <b>Sıralama</b>  | <b>1</b>       | <b>2</b>       | <b>3</b>       |
| <b>Bulanık TOPSIS (<math>CC_i</math>)</b>                        | <b>0,076</b>   | <b>0,067</b>   | <b>0,044</b>   |
| <b>Sıralama</b>  | <b>1</b>       | <b>2</b>       | <b>3</b>       |

### Sonuç ve Değerlendirme

Tedarik zinciri yönetimi stratejilerinden biri olan dış kaynak kullanımı, işletmelerin temel yeteneklerine odaklanarak diğer faaliyetleri dış tedarikçilere devretmelerine dayanır. İşletmeler, bu stratejinin faydalı yönleri ile birlikte karşılaşılabilecekleri olası riskleri de değerlendirmeleri gerekir. Nitekim yanlış kararlar ve doğru yönetilemeyen süreçler, dış kaynak kullanımını dezavantaja dönüştürebilir. Bu bağlamda hangi tedarikçinin tercih edileceğine yönelik doğru karar vermek, dış kaynak kullanım stratejisinin başarıya ulaşması ve rekabet avantajı sağlamak açısından anahtar faktörlerden biridir.

Bu çalışmada üretim tesislerinin inşası, kurulumu ve modernizasyonu alanında faaliyet gösteren bir işletme için, alt yüklenicilerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Örnek çalışma kapsamında, belirlenen değerlendirme kriterleri Bulanık SWARA Yöntemi ile ağırlıklandırılmış ve alt yükleniciler Bulanık MOORA Yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bu çalışmada uygulama yapılırken, Bulanık SWARA ve Bulanık MOORA yöntemlerinin avantajlarının kullanılması amaçlanmıştır. SWARA'nın, AHP'ye kıyasla çok daha az sayıda ikili karşılaştırmayla sonuca ulaşması, yöntemin daha kolay uygulanmasını ve AHP'de tutarlılığı olumsuz etkileyen durumun ortadan kalkmasını sağlamaktadır. Çalışmada MOORA Yöntemi'nin tercih edilmesinin sebebi ise, literatürde bu yöntemin diğer bazı yöntemlerle karşılaştırıldığında, çok basit, hesaplama zamanının çok az, güvenilirliğinin ise iyi olduğunun belirtilmesidir. Uygulamanın yapıldığı işletmedeki karar komitesi, belirlenen kriterler ile alternatif alt yüklenicileri değerlendirirken, nicel ve nitel verileri göz önünde bulduklarını, ancak bu verileri genellikle sözel ifadelerle yorumladıklarını ifade etmektedirler. Bu çalışma kapsamında da alt yüklenicilerin, belirlenen tüm kriterler açısından sözel değişkenlerle değerlendirileceği öğrenilmiştir. Karar vericiler, kriterleri değerlendirirken de bulanık sayıların kullanılmasını daha uygun görmüştür. Çünkü, gerçek hayatta karar vericilerin, değerlendirmelerini kesin sayılarla ifade etmeleri her zaman mümkün olmayabilmektedir. Bu açıdan bulanık küme teorisinin, karar verme süreçlerinde bu tür belirsizliklerin üstesinden gelmek için kullanılması gerekebilmektedir. Bu bağlamda uygulama kapsamında, SWARA ve MOORA yöntemlerinin bulanık küme teorisi ile birleştirildiği, Bulanık SWARA ve Bulanık MOORA Yöntemleri kullanılmaktadır.

Bulanık SWARA Yöntemi ile bulunan, kriterlerin bulanık ağırlıkları durulaştırıldığında, en önemli alt yüklenici değerlendirme kriterinin "proje zamanını yönetme yeteneği (0,110)" olduğu tespit edilmiştir. Daha sonra kriterler ağırlıklarına göre sırasıyla, "proje maliyeti (0,104)", "işçilik kalitesi (0,101)", "iş güvenliği (0,099)", "yöneticilerin işi iyi anlaması ve iş birliği yapma konusunda istekleri (0,093)", "genel finansal durumu/finansal açıdan sağlamlığı (0,091)", "üretim esnekliği/değişikliklere tepki hızı (0,088)", "referansları/yaptığı işler/tecrübesi (0,087)", "teknik kadro yeterliliği (0,083)", "projeye uygun ekipman yeterliliği (0,079)", "çalışan sirkülasyonu/iş gücü devri (0,068)" şeklinde sıralanmaktadır.

Bulanık MOORA Yöntemi ile yapılan değerlendirme sonucunda, en uygun alternatifin A<sub>1</sub> (0,285 ve 0,288) alt yüklenicisi olduğu görülmektedir. Daha sonra sırasıyla A<sub>2</sub> (0,233 ve 0,237) ve A<sub>3</sub> (0,118 ve 0,127) gelmektedir. Son olarak, bulunan

sonuçların güvenilirliğini test etmek amacıyla, literatürde yaygın olarak kabul gören Bulanık TOPSIS Yöntemi ile sonuçlar tekrar hesaplanmıştır. Bulanık TOPSIS Yöntemi ile de aynı sıralama elde edilmiştir:  $A_1$  (0,076),  $A_2$  (0,067) ve  $A_3$  (0,044).

Bu çalışmanın kısıtlılığı, bulunan sonuçların, örnek uygulamanın yapıldığı işletmenin sadece o dönemki stratejileri doğrultusunda olmasıdır. Ayrıca, alt yüklenicilerin veya dış kaynakların değerlendirilmesi, her işletme için farklılıklar gösterebilmektedir. Bir işletme içerisindeki değerlendirme ve karar süreçleri bile, mevcut duruma uygun olarak her defasında tekrar tasarlanmalıdır. Çünkü her çalışmanın ve karar sürecinin kendine özgü özellikleri bulunmaktadır. Bu nedenle, bu alanda çalışma yapacak olan araştırmacılar ve uygulayıcılar, her çalışma öncesinde uygulanan adımları tekrar gözden geçirmeli, belirlenen değerlendirme kriterlerinden kullanılan yöntemlere kadar her detayı en baştan ele almalı, o anki duruma uygun gerekli düzenlemeleri yapmalıdır. Gelecek çalışmalarda, daha fazla işletme, sektör ve karar verici ile çalışılan araştırmalar yapılabilir. Böylece sektör ve işletme bazında elde edilen sonuçlar karşılaştırılabilir. Ayrıca sonraki çalışmalarda, "AHP, ANP, DEMATEL, BWM, FUCOM" gibi kriter ağırlıklandırma yöntemleri ve bunların bulanık yaklaşımları, "WASPAS, EDAS, CODAS, MAIRCA, MABAC, CoCoSO, MARCOS" gibi çok kriterli karar verme yöntemleri ve bunların bulanık yaklaşımları kullanılarak, elde edilen sonuçlar karşılaştırılabilir.

## Kaynakça

- Akkaya, G., Turanoğlu, B., & Öztaş, S. (2015). An Integrated Fuzzy AHP and Fuzzy MOORA Approach to the Problem of Industrial Engineering Sector Choosing. *Expert Systems with Applications*, 42(24), 9565–9573. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.07.061>
- Ayçin, E. (2020). *Çok Kriterli Karar Verme: Bilgisayar Uygulamalı Çözümler* (2. basım). Nobel Akademik Yayıncılık.
- Aydın, H., Okul, B., Ayvaz, B., Kuşakçı, A. O., & Kaçtıoğlu, S. (2016). Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Alt Yüklenici Seçimi: İnşaat Sektöründe Bir Uygulama. *Bartın Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 7(14), 29–44.
- Aydın, S., & Kahraman, C. (2019). Order Fulfillment Performance Evaluation in Supply Chain Management Under Intuitionistic Fuzzy Environment. *Proceedings of the 2019 Conference of the International Fuzzy Systems Association and the European Society for Fuzzy Logic and Technology (EUSFLAT 2019)*, 1, 60–65. <https://doi.org/10.2991/eusflat-19.2019.9>
- Baležentis, A., Baležentis, T., & Brauers, W. K. M. (2012a). MULTIMOORA-FG: A Multi Objective Decision Making Method for Linguistic Reasoning with an Application to Personnel Selection. *Informatica*, 23(2), 173–190. <https://doi.org/10.15388/informatica.2012.355>
- Baležentis, A., Baležentis, T., & Brauers, W. K. M. (2012b). Personnel Selection Based on Computing with Words and fuzzy MULTIMOORA. *Expert Systems with Applications*, 39, 7961–7967. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.01.100>
- Bedir, N., Yalçın, H., Özder, E. H., & Eren, T. (2018). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Taşeron Firma Seçimi: Kırıkkale İlinde Bir Uygulama. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 6(2), 25–33. <https://doi.org/10.21541/apjes.328325>
- Bera, A. K., Jana, D. K., Banerjee, D., & Nandy, T. (2020). Supplier Selection Using Extended IT2 Fuzzy TOPSIS and IT2 Fuzzy MOORA Considering Subjective and Objective Factors. *Soft Computing - A Fusion of Foundations, Methodologies and Applications*, 24(12), 8899–8915. <https://doi.org/10.1007/s00500-019-04419-z>
- Brauers, Willem K. M., Baležentis, A., & Baležentis, T. (2011). Multimoora for the EU Member States Updated with Fuzzy Number Theory. *Technological and Economic Development of Economy*, 17(2), 259–290. <https://doi.org/10.3846/20294913.2011.580566>
- Brauers, Willem Karel M., & Zavadskas, E. K. (2006). The MOORA Method and Its Application to Privatization in a Transition Economy. *Control and Cybernetics*, 35(2), 445–469.
- Brauers, Willem Karel M., & Zavadskas, E. K. (2012). Robustness of MULTIMOORA: A Method for Multi-Objective Optimization. *Informatica*, 23(1), 1–25.
- Büyükoçkan, G., & Göçer, F. (2017). An Extension of MOORA Approach for Group Decision Making Based on Interval Valued Intuitionistic Fuzzy Numbers in Digital Supply Chain. *IFSA-SCIS 2017 - Joint 17th World Congress of International Fuzzy Systems Association and 9th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/IFSA-SCIS.2017.8023358>
- Çağlıyan, V., & Acar, Ö. E. (2019). *Sürdürülebilirlik Çerçevesinde Tedarik Zinciri Yönetimi ve Dış Kaynak Kullanımı* (1. baskı). Billur Yayınevi ve Basımevi.

- Çakır, S. (2020). Subcontractor Selection in a Textile Company Using an Integrated Fuzzy MCDM Based Approach. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, Prof.Dr.T.*, 1–18. <https://doi.org/10.18092/ulikidince.513503>
- Chakraborty, S. (2011). Applications of the MOORA Method for Decision Making in Manufacturing Environment. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 54(9–12), 1155–1166. <https://doi.org/10.1007/s00170-010-2972-0>
- Chen, C.-T. (2000). Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making Under Fuzzy Environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114, 1–9.
- Cheng, M.-Y., & Huang, C.-C. (2012). Evaluating Subcontractor Performance Using Evolutionary Gaussian Process Inference Model. *Life Science Journal*, 9(2), 527–532.
- Ecer, B. (2021). Kararsız Bulanık Dilsel Terimler Temelli SWARA Yöntemi ile Ülke Değerlendirme Kriterlerinin Ağırlıklandırılması. İçinde P. D. M. Kabak & D. D. B. Erdebilli (Ed.), *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri - MS Excel® ve Software Çözümlü Uygulamalar* (1. basım, ss. 217–230). Nobel Akademik Yayıncılık.
- Embleton, P. R., & Wright, P. C. (1998). A practical guide to successful outsourcing. *Empowerment in Organizations*, 6(3), 94–106.
- Erer, B. (2018). İşletmelerde Dış Kaynak Kullanımının Nedenleri ve Riskleri. *Social Sciences Studies Journal*, 4(27), 6114–6124. <https://doi.org/10.26449/sss.1088>
- Garg, H., Vimala, J., Rajareega, S., Preethi, D., & Perez-Dominguez, L. (2022). Complex Intuitionistic Fuzzy soft SWARA - COPRAS Approach: An Application of ERP Software Selection. *AIMS Mathematics*, 7(4), 5895–5909.
- Hadipour, H., Azizmohammadi, R., Mahmoudabadi, A., & Khoshnoud, M. (2014). Application of ELECTRE Method for Sub-Contractor Selection using Interval-Valued Fuzzy Sets - Case Study. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 713–722.
- He, J., Huang, Z., Mishra, A. R., & Alrasheedi, M. (2021). Developing a New Framework for Conceptualizing the Emerging Sustainable Community-Based Tourism Using an Extended Interval-Valued Pythagorean Fuzzy SWARA-MULTIMOORA. *Technological Forecasting & Social Change*, 171, 120955. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120955>
- Heizer, J., & Render, B. (2017). *Üretim Yönetimi - Sürdürülebilirlik ve Tedarik Zinciri Yönetimi* (11. Baskıdan Çeviri, Çeviri Editörü: Prof Dr. Umut Rifat TUZKAYA). Palme Yayıncılık.
- Kabak, M., & Erdebilli, B. (2021). Bulanık Mantık, Bulanık Kümeler ve Yeni Tip Bulanık Kümeler. İçinde P. D. M. Kabak & D. D. B. Erdebilli (Ed.), *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri - MS Excel® ve Software Çözümlü Uygulamalar* (1. basım, ss. 1–14). Nobel Akademik Yayıncılık.
- Karande, P., & Chakraborty, S. (2012). A Fuzzy-MOORA Approach for ERP System Selection. *Decision Science Letters*, 1(1), 11–22. <https://doi.org/10.5267/j.dsl.2012.07.001>
- 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. <https://doi.org/10.3846/jbem.2010.12>
- Keshavarz-Ghorabae, M., Amiri, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Antucheviciene, J. (2018a). An extended step-wise weight assessment ratio analysis with symmetric interval type-2 fuzzy sets for determining the subjective weights of criteria in multi-criteria decision-making problems. *Symmetry*, 10(4), 91. <https://doi.org/10.3390/sym10040091>
- Keshavarz-Ghorabae, M., Amiri, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Antucheviciene, J. (2018b). A Dynamic Fuzzy Approach Based on the EDAS Method for Multi-Criteria Subcontractor Evaluation. *Information*, 9(3)(68), 1–15. <https://doi.org/10.3390/info9030068>
- Keshavarz Ghorabae, M., Amiri, M., Zavadskas, E. K., & Antucheviciene, J. (2018). A New Hybrid Fuzzy MCDM Approach for Evaluation of Construction Equipment with Sustainability Considerations. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 18(1), 32–49. <https://doi.org/10.1016/j.acme.2017.04.011>
- Koçel, T. (2020). *İşletme Yöneticiliği* (18. Baskı). Beta Basım Yayım Dağıtım.
- Kundakçı, N. (2019). Selection of Maintenance Strategy for a Manufacturing Company with Fuzzy MOORA Method. *Proceedings of 2nd International Conference on Business, Management and Economics*, 1–14. <https://doi.org/10.33422/2nd.icbmeconf.2019.06.1028>



- Lahdhiri, M., Babay, A., & Jmali, M. (2021). Development of Subcontractor Selection Models Using Fuzzy and AHP Methods in the Apparel Industry Supply Chain. *Autex Research Journal*, 21(4), 413–427. <https://doi.org/10.2478/aut-2020-0057>
- Lin, Y.-T., Lin, C.-L., Yu, H.-C., & Tzeng, G.-H. (2010). A Novel Hybrid MCDM Approach for Outsourcing Vendor Selection: A Case Study for a Semiconductor Company in Taiwan. *Expert Systems with Applications*, 37, 4796–4804. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.12.036>
- Ma, M., Kandel, A., & Friedman, M. (2000). A new Approach for Defuzzification. *Fuzzy Sets and Systems*, 111, 351–356.
- Mete, S. (2019). Assessing Occupational Risks in Pipeline Construction Using FMEA-based AHP-MOORA Integrated Approach Under Pythagorean Fuzzy Environment. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 25(7), 1645–1660. <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1546115>
- Mishra, A. R., Rani, P., Pandey, K., Mardani, A., Streimikis, J., Streimikiene, D., & Alrasheedi, M. (2020). Novel Multi-Criteria Intuitionistic Fuzzy SWARA-COPRAS Approach for Sustainability Evaluation of the Bioenergy Production Process. *Sustainability*, 12(10), 4155. <https://doi.org/10.3390/su12104155>
- Moniri, M. R., Alem Tabriz, A., Ayough, A., & Zandieh, M. (2020). Turnaround Project Risk Assessment Using Hybrid Fuzzy SWARA and EDAS Method: Case of Upstream Oil Process Industries in Iran. *Journal of Engineering, Design and Technology*. <https://doi.org/10.1108/JEDT-07-2020-0287>
- Narayanamoorthy, S., Annapoorani, V., Kalaiselvan, S., & Kang, D. (2020). Hybrid Hesitant Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Method: A Symmetric Analysis of the Selection of the Best Water Distribution System. *Symmetry*, 12(12), 2096. <https://doi.org/10.3390/sym12122096>
- Paksoy, T., Yapıcı Pehlivan, N., & Özceylan, E. (2013). *Bulanık Küme Teorisi* (1. baskı). Nobel Akademik Yayıncılık.
- Pérez-Domínguez, L., Alvarado-Iniesta, A., Rodríguez-Borbón, I., & Vergara-Villegas, O. (2015). Intuitionistic Fuzzy MOORA for Supplier Selection. *DYNA*, 82(191), 34–41. <https://doi.org/10.15446/dyna.v82n191.51143>
- Pérez-Domínguez, L., Rodríguez-Picón, L. A., Alvarado-Iniesta, A., Luviano Cruz, D., & Xu, Z. (2018). MOORA under Pythagorean Fuzzy Set for Multiple Criteria Decision Making. *Complexity*, 2018, 2602376. <https://doi.org/10.1155/2018/2602376>
- Polat, G. (2016). Subcontractor Selection Using The Integration of the AHP and PROMETHEE Methods. *Journal of Civil Engineering and Management*, 22(8), 1042–1054. <https://doi.org/10.3846/13923730.2014.948910>
- Ramadhani, M., & Handayati, Y. (2020). Application of Subcontractor Selection Using Analytical Hierarchy Process Method in Ritz Garment. *International Conference on Economics, Business and Economic Education 2019, KnE Social Sciences*, 423–445. <https://doi.org/10.18502/kss.v4i6.6617>
- Ramya, L., Narayanamoorthy, S., Kalaiselvan, S., Kureethara, J. V., Annapoorani, V., & Kang, D. (2021). A Congruent Approach to Normal Wiggly Interval-Valued Hesitant Pythagorean Fuzzy Set for Thermal Energy Storage Technique Selection Applications. *International Journal of Fuzzy Systems*, 23, 1581–1599. <https://doi.org/10.1007/s40815-021-01057-2>
- Rani, P., Mishra, A. R., Krishankumar, R., Mardani, A., Cavallaro, F., Ravichandran, K. S., & Balasubramanian, K. (2020). Hesitant Fuzzy SWARA-Complex Proportional Assessment Approach for Sustainable Supplier Selection (HF-SWARA-COPRAS). *Symmetry*, 12(7), 1152.
- Rani, P., Mishra, A. R., Mardani, A., Cavallaro, F., Štreimikiene, D., & Khan, S. A. R. (2020). Pythagorean Fuzzy SWARA-VIKOR Framework for Performance Evaluation of Solar Panel Selection. *Sustainability*, 12(10), 4278. <https://doi.org/10.3390/su12104278>
- Rençber, Ö. F., & Kazan, H. (2014). Büyük Çaplı Projelerde Taşeron Firma Seçiminde Teklif Değerlendirme : Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi İle Karar Verme. *International Journal of Social Science Research*, 3(4), 11–24.
- Sen, D. K., Datta, S., & Mahapatra, S. S. (2018). Sustainable supplier selection in intuitionistic fuzzy environment: a decision-making perspective. *Benchmarking*, 25(2), 545–574. <https://doi.org/10.1108/BIJ-11-2016-0172>
- Septian, A. (2020). Subcontractor Selection Review Industry XYZ With Analytic Network Process (ANP) Method. *IPTEK Journal of Proceedings Series*, 6, 558–562.
- Sevim, Ş., Akdemir, A., & Vatansever, K. (2008). Lojistik Faaliyetlerinde Dış Kaynak Kullanan İşletmelerin Aldıkları Hizmetlerin Kalitesinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir İnceleme. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi*, 13(1), 1–27.

- Sreedevi R., & Tanwar, T. (2018). Outsourcing – A Review for Research and Practical Applications. *International Journal of Business and Economics Research*, 7(1), 20–24. <https://doi.org/10.11648/j.ijber.20180701.13>
- Stanujkic, D., Karabasevic, D., & Zavadskas, E. K. (2015). A framework for the selection of a packaging design based on the SWARA method. *Engineering Economics*, 26(2), 181–187. <https://doi.org/10.5755/j01.ee.26.2.8820>
- Taş, M. A., Çakır, E., & Ulukan, Z. (2021). Spherical Fuzzy SWARA-MARCOS Approach for Green Supplier Selection. *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme, Mayıs 2021(Special Issue)*, 115–133.
- Turan, A. (2014). Temel Yetenek ve Dış Kaynaklardan Yararlanma Tekniklerine Felsefik Bir Bakış: Dinamik Beceriler ve İş Modeli Yaklaşımlarıyla İlişkilendirme. *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(7), 147–170.
- Vatansever, K., & Uluköy, M. (2013). Kurumsal Kaynak Planlaması Sistemlerinin Bulanık AHP ve Bulanık MOORA Yöntemleriyle Seçimi: Üretim Sektöründe Bir Uygulama. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2), 274–293. <https://doi.org/10.18026/cbusos.34812>

## Extended Abstract

### Aim and Scope

Outsourcing, which is one of the important concepts for supply chain management, is a strategy based on the focus of enterprises on their core competencies and outsourcing other activities to external suppliers. With this strategy, organizations become leaner, they can do the activities they focus on better, and they can spend more time on strategic issues. One of the key factors to achieve competitive advantage with this strategy is to make the right decision about which supplier to choose. This study aims to evaluate alternative subcontractors for an enterprise operating in the field of construction, establishment, and modernization of production facilities.

### Methods

In the case study, evaluation criteria were weighted with Fuzzy SWARA (Fuzzy Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis), which is a practical method because it requires few pairwise comparisons. In this method, firstly, each of the decision makers ranks the determined unrelated evaluation criteria in descending order of expected importance. Each decision maker then expresses the relative importance (Comparative Importance of Average Value ( $S_{r_{jp}}$ )) of each criterion along with a fuzziness value ( $\sigma_{r_{jp}}$ ). Then, coefficient values and recalculated weighting factors are determined. Fuzzy weights containing the views of each decision maker are calculated. Finally, the fuzzy weights for all decision makers are combined.

In the study, Fuzzy MOORA (Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis), which stands out as a reliable and easily applicable method, was used in the evaluation of subcontractors. In this method, firstly, each decision maker evaluates the alternatives using linguistic variables expressed with triangular fuzzy numbers. Then, the decision makers' evaluations for the alternatives are combined, thus forming a fuzzy decision matrix. Then, a normalized fuzzy decision matrix is formed. Then, the weighted normalized decision matrix is obtained. In this step, the weights obtained by the Fuzzy SWARA Method are used.

Evaluation of alternatives in the last step of fuzzy MOORA can be found using two different methods in the literature. One of them is the method in which the best non-fuzzy performance values ( $BNP_{i(\tilde{y}_i)}$ ) are calculated. The other is the method in which the overall performance index values ( $S_{i(s_i^+, s_i^-)}$ ) known as vertex are calculated.

### Findings

In the study, the decision makers in the enterprise determined 11 subcontractor evaluation criteria in line with the requirements of the area in which they operate and the activities to be transferred to the subcontractor. These criteria were evaluated by two decision makers ( $KV_1, KV_2$ ). The fuzzy weights of the criteria were determined by the Fuzzy SWARA Method. The fuzzy weights found are used in the evaluation of alternative subcontractors. In this framework, three subcontractor alternatives ( $A_1, A_2, A_3$ ) were evaluated by the same decision makers ( $KV_1, KV_2$ ) and the results were determined by the Fuzzy MOORA Method.

In the last step of the fuzzy MOORA, the evaluation of alternatives was concluded using two different methods in the literature.  $BNP_{i(\tilde{y}_i)}$  values were found as  $A_1 = 0,285, A_2 = 0,233, A_3 = 0,118$ .  $S_{i(s_i^+, s_i^-)}$  was found as  $A_1 = 0,288, A_2 = 0,237, A_3 = 0,127$ . It is seen that the most suitable subcontractor alternative for both methods is  $A_1$ . To

test the reliability of the results, a comparison analysis was made with the results obtained with the Fuzzy TOPSIS Method. As a result, the same ranking was obtained:  $A_1$  (0,076),  $A_2$  (0,067), and  $A_3$  (0,044).

### **Conclusion**

Enterprises need to evaluate the potential risks they may face along with the benefits of the outsourcing strategy. As a matter of fact, wrong decisions can turn outsourcing into a disadvantage. In this context, making the right decision about which supplier to choose is one of the important factors for the success of the outsourcing strategy.

In this study, it is aimed to evaluate subcontractors for an enterprise operating in the field of construction, *establishment*, and modernization of production facilities. Within the scope of the case study, the determined evaluation criteria were weighted with the Fuzzy SWARA Method, and the subcontractors were evaluated with the Fuzzy MOORA Method.

Evaluation of subcontractors or outsources may differ for each enterprise. In addition, enterprises should review their decision processes each time and redesign them in accordance with the current situation. Because each study and decision process have its own characteristics. For this reason, researchers and practitioners who will work in this field should consider every detail from the determined evaluation criteria to the methods used before each study and make the necessary arrangements according to the current situation.