

Araştırma Makalesi – Research Article

Yeni Ürün Geliştirme Sürecinde Bulanık AHP & ORESTE Bütünleşik Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi: Savunma Sanayisinde Bir Uygulama

Supplier Selection with Integrated Fuzzy AHP & ORESTE Method at the New Product Development Stage: An Application in Defence Industry

Gülşen Akman^{1*}, Çağlar Pamuk², Çağın Karabıçak³

Geliş / Received: 19/06/2021

Revize / Revised: 07/10/2021

Kabul / Accepted: 14/10/2021

ÖZ

Global rekabetin büyük artış gösterdiği günümüzde, firmalar tedarik zinciri tasarımının daha ürün geliştirme süreci sırasında gerçekleştirilmesinin; yüksek karlılık, verimli üretim yapısı, maliyetlerin düşürülmesi, artan pazar payı gibi hedeflere doğrudan bağlı olduğunun bilincindedirler. Bu çalışmada; yeni ürün geliştirme sürecinde tedarik zinciri tasarımına değinilmiş, yeni ürün geliştirme aşamasında tedarikçi seçiminin nasıl yapılabileceği örneklenmiş, literatürde kullanımına çok az rastlanan ORESTE Yöntemi açıklanmış ve AHP Yöntemi ile bütünleşik olarak kullanılabilceği gösterilmiştir. AHP & ORESTE Bütünleşik Yönteminin ürettiği sonuçların tutarlılığı, aynı örnek problem diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinden PROMETHEE VE TOPSIS ile çözümlenerek karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. AHP & ORESTE Bütünleşik Yöntemi ile elde edilen sonuçların PROMETHEE ve TOPSIS sonuçları ile aynı olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler- *Tedarik Zinciri Tasarımı, Tedarikçi Seçimi, Ürün Geliştirme, Bütünleşik AHP & ORESTE*

ABSTRACT

In today's world where global competition is increasing greatly, companies are aware of that the supply chain design during the product development process is directly dependent on targets such as high profitability, efficient production structure, cost reduction, and increased market share. In this study; supply chain design during the new product development process was mentioned, how to choose a supplier during the new product development phase is exemplified, the ORESTE Method, which is rarely used in the literature, is explained and it is shown that it can be used in integration with the fuzzy AHP Method. The consistency of the results produced by the integrated AHP & ORESTE method was examined comparatively by solving the same problem with the other multi-criteria decision-making methods PROMETHEE and TOPSIS. Findings showed that the results obtained with the AHP & ORESTE Integrated Method were found the same as the PROMETHEE and TOPSIS results.

Keywords- *Supply Chain Design, Supplier Selection, Product Development, Integrated AHP-ORESTE method*

^{1*}Sorumlu yazar iletişim: akmang@kocaeli.edu.tr (<https://orcid.org/0000-0002-5696-2423>)

Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli

²İletişim: caglarpamuk@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0001-9346-3028>)

Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli

³İletişim: cagink@kocaeli.edu.tr (<https://orcid.org/0000-0002-6520-7374>)

Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli

I. GİRİŞ

Ülkemizde büyüme trendinde seyreden ekonomik göstergeler, hedef pazarlar için güçlü bir büyüme ihtiyacının yanı sıra yeni ürün geliştirme faaliyetlerini ve yeni yatırımları da beraberinde getirmekte ve rekabet koşullarını daha zorlu kılmaktadır. Bu nedenle; işletmelerin verecekleri stratejik kararlar sadece iş hacimlerini büyütme için önemli olmayıp, aynı zamanda piyasada mevcudiyetlerini devam ettirebilmeleri açısından da önem taşımaktadır. İşletmeler genellikle karlılığı sağlarken çevresel açıdan sürdürülebilir bir şekilde yeni ürünler geliştirmeyi de hedeflemektedirler. Yeni ürün geliştirme çalışmalarında tedarik zincirinin sorunsuz işlemesi ve tedarikçi katılımının da olması, işletmelerin sürdürülebilir tasarım uygulamalarından fayda sağlamaya yönelik dahili çabalarını tamamlamaktadır.

Tedarik zincirinin tasarlanması aşamasında değerlendirilecek tüm alternatiflerin sayısının çok olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada olduğu gibi birçok alt bileşenden oluşan ürünler için tedarik zinciri tasarım alternatifleri göz önünde bulundurulurken, değerlendirme kriterlerine de bağlı olarak tasarım alternatifi sayısının da oldukça fazla olduğu görülmektedir. Buradan yola çıkarak, geçmiş deneyim ve öngörülerle en olası alternatiflerin belirlenerek, birbirilerine göre değerlendirilmesi doğru olacaktır.

Bu çalışmanın gerçekleştirildiği savunma sanayide ana yüklenici olarak faaliyet gösteren firmalar, ilgili kamu kurumları tarafından ihale edilmiş projeler kapsamında periyodik olarak gerçekleştirilen toplantılarla ziyaret edilmekte, üretim durumu ve üretim ortamı düzenli olarak izlenmektedir. Sadece ana yüklenicilerin üretimleri değil, ana yüklenicilerin alt yüklenicileri de (tedarikçiler), izlenmekte ve alt yüklenicilerde gözlemlenmiş olan herhangi bir probleme dair müzakereler, alt yükleniciyle değil, projenin ana yüklenicisiyle yapılmaktadır. Bu durum, ana yüklenicileri tedarik yönetimi konusunda uzmanlaşmaya zorlamaktadır. Tedarik yönetimini etkin bir biçimde sürdürebilmek, tedarikçi seçimlerine gereken hassasiyetin gösterilmesi ile doğrudan ilişkilidir.

Tedarikçi verimliliğinden bahsetmek için öncelikle ana yüklenicinin gereksinimlerini belirlemesi gerekir. Gereksinimlerinin ötesinde beklentilerle tedarikçilerini yönetme çabasına giren şirketler, ağır maliyetlerin altına girmek durumunda kalabilir. İşletmelerin gereksinimlerini minimum seviyede karşılayacak şekilde belirleyecekleri tedarikçi seçme kriterleri, maliyet verimliliğini ve uygulama kolaylığını doğrudan ve olumlu yönde etkileyecektir.

Seçim için çok fazla aday firmanın göz önüne alınması, gerekli olmayan seviyede kriterlerin yüksek tutulması ve seçim kriterlerinin birbiriyle çelişir şekilde tutarsız olması gibi sorunlar karar vericiye güçlük yaratmaktadır. Kullanılmakta olan sezgisel yöntemlerin yerine, seçim kararlarında, karar verme bilimsel yöntemlerini kullanmayı hedefleyen işletmeler bu güçlüklerin üstesinden gelebilmektedirler. Karar metodunda kullanılacak verilerin de modele uygun olarak kullanılacak objektif veriler olmasına dikkat edilmelidir. Birden fazla karar yöntemi kullanılarak doğrulama yapılması da karar vericiye yöntemleri karşılaştırarak seçim yapma şansı vermektedir.

Tedarikçi seçiminde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Tedarikçi seçimine yönelik olarak Chai ve ark. tarafından gerçekleştirilen sistematik bir literatür taramasında tedarikçi seçimi için sıklıkla kullanılan Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri AHP, TOPSIS, ANP, ELECTRE, VIKOR, DEMATEL, SMART, PROMETHEE olarak sıralanmıştır [1]. ORESTE yöntemi de ÇKKV yöntemlerinden birisidir ve tedarikçi seçiminde yaygın olarak kullanılmamaktadır. Literatür incelediğinde ORESTE kullanılan tedarikçi seçimi ile ilgili az sayıda makaleye ulaşılmıştır [2,3]. Bu çalışmanın amaçlarından biri ORESTE yönteminin tedarikçi seçiminde kullanımını genişletmektir.

Yine literatür incelendiğinde AHP ve ORESTE yöntemlerinin birlikte kullanıldığı çalışmalar mevcuttur [2,4,5], ancak bütünlük bir şekilde kullanıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. ORESTE Yöntemi ile kriterler ve alternatifler ikili kıyaslamalarla değerlendirilip önem sırasına konmaktadır. Ancak, kriter sayısının çok fazla olduğu durumlarda karar vericinin bu kriterleri ORESTE yöntemi sıraya dizmesinin zor ve tutarsız olduğu görülmüştür. Bu çalışmanın diğer bir amacı ORESTE yönteminin bu eksikliğini giderilmesi için, bu bölümünün AHP Yöntemi ile bütünleştirilebilmesini değerlendirmektir.

Yine literatüre bakıldığında ürün geliştirme süreci sırasında tedarik zinciri tasarımı için tedarikçi seçimi problemini ele alan az sayıda çalışma mevcuttur. Son on yıldaki literatüre bakıldığında savunma sektöründe ürün geliştirme sırasında tedarikçi seçimi problemini ele alan bir çalışmaya ulaşılabilmektedir. Bu çalışma Can ve Arıkan [6] tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın diğer bir amacı ürün geliştirme sürecinde tedarikçi seçimini ele alan kapsamı genişletmektir.

Bu bağlamda bu çalışmada; savunma sanayisinde faaliyet gösteren bir firmada birçok alt bileşenden oluşan yeni geliştirilen bir ürün için tedarik zinciri tasarımı ve tedarikçi seçimine yönelik olarak AHP-ORESTE bütünlük yöntemi seçilen çok kriterli karar verme yöntemleriyle karşılaştırmalı olarak değerlendirilecektir.

Bu çalışmanın kapsamı şu şekildedir. II. bölümde yeni ürün geliştirme sürecinde tedarik zinciri tasarımı kapsamından ve savunma sektöründe tedarikçi seçimi konusunda gerçekleştirilen çalışmaları içeren literatür araştırmasına yer verilmektedir. III. bölümde bu çalışmada kullanılan yöntemler olan Bulanık AHP ve ORESTE yöntemleri ve bu yöntemlerin birlikte kullanımı anlatılmaktadır. IV. bölümde ise bütünlük Bulanık AHP ve ORESTE yönteminin kullanıldığı Savunma sektöründe yeni ürün geliştirme aşamasında tedarik zinciri tasarımı için tedarikçi seçimine yönelik uygulamaya yer verilmektedir. V. Bölümde ise tartışma ve sonuçlar yer almaktadır.

II. YENİ ÜRÜN GELİŞTİRME SÜRECİNDE TEDARİK ZİNCİRİ TASARIMI

Tedarik zinciri, nihai müşteriye teslim edilecek olan ürünler ya da servislerin şekillenmesine olanak sağlayan, aşağı ve yukarı yönlü bağlantılı, farklı süreç ve faaliyetleri içeren şebeke ağlarıdır [7]. Tedarikçinin tedarikçisinden müşterisine kadar olan süreçte nihai ürünün üretilmesi ve teslim dilmesini kapsayan her türlü çaba tedarik zinciri olarak ifade edilmektedir. Dört temel süreç ana hatlarıyla bahse konu çabaları tanımlar; plan, kaynak, üretim, teslimat. Bu dört temel proses; tedarik ve talep yönetimi, hammadde ve parça satın alma, üretim ve montaj, depolama ve stok takibi, sipariş yönetimi, dağıtım, müşteriye teslimat fonksiyonlarını içerir [8].

Ürün mimarisi ve tedarik zinciri yapılandırması, dış kaynak kullanımı, tedarikçi seçimi, tedarikçi tabanının konumu, üretim ve depolama operasyonları ile ilgili kararları etkilediğinden, ürün mimarisi ve tedarik zinciri yapılandırması birbiriyile yakından ilişkili iki kavramdır [9,10].

Yeni ürün kavramı, orijinal ürün, geliştirilmiş ürün, değiştirilmiş ürün kavramlarını içeren oldukça geniş kapsamlı bir terimdir. Yeni ürün geliştirme ise firmaların yeni ürün oluşturmak için giriştiği uzun ve riskli bir süreçtir [11]. Yeni ürün geliştirme süreci, bir pazar ihtiyacının fırsata dönüştürülmesi ve satışa hazır hale gelecek ürün için, ürün teknolojisi varsayımlarının bir kümesidir [12].

Firmaların başarısında en önemli etkenlerden olan yeni ürünlerin hızlı tasarlanıp geliştirilmesi ve verimli bir tedarik zinciri yapısıyla pazara sunulması oldukça önemlidir. Tedarik zincirinde, yeni ürünlerin piyasaya sunum sürelerini kısaltmak için ürün geliştirme sürecine müşterilerin ve tedarikçilerin de dahil edilmesi gerekmektedir [13]. Yeni ürün geliştirme aşamasında tedarik zinciri tasarımı yapılırken, yeni bir ürünün tedarik zincirinin nasıl konfigüre edileceği ve birçok alt parçadan oluşan ürünler için parça seçimi genel olarak çözüm bulunmaya çalışılan iki ana problemdir [14]. Yeni ürün geliştirmenin tedarik zincirinin konfigürasyonu üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ele alan bir çalışmada yeni ürün geliştirmeyi dikkate alan bir tedarik zinciri yapılandırması modeli önerilmiştir. Modelde, fiyatlar, ürün, taşıma ve stok maliyetleri, üretim çevrim zamanı, kapasite, ürün ağaçları gibi parametreler dikkate alınarak duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir [15].

Pero ve diğerleri, tarafından gerçekleştirilen ve farklı endüstrileri kapsayan bir vaka çalışmasında; tedarik zinciri performansının, yeni ürün geliştirme ve tedarik zinciri tasarımı arasındaki uyuma bağlı olduğu ortaya konulmuştur. Gelişen tedarik zinciri ilişkilerinde birbirleriyle dinamik ilişki kurmayan aralarında temel düzey alıcı-satıcı ilişkisi bulunan partnerler geride kalmaktadır. Partnerler gittikçe artan bir şekilde risk yönetimi, pazar ve yeni ürün geliştirme gibi stratejik konular üzerinde iş birliği yapmaya başlamaktadırlar [16].

Chang, tedarikçi ile iş birliğinin ürün geliştirme üzerine etkilerini incelediği çalışmasında günümüz koşullarında yeni ürün geliştirme faaliyetlerinin, tedarikçiler ve müşterilerden sağlanan bilgi ve teknik becerilere bağlı olduğunu ifade etmektedir [17].

Sinha ve Anad yeni ürün geliştirme için sürdürülebilir tedarikçi seçimi (SSS) için kriterler ve alt kriterler belirleyerek yeni ürün geliştirme için sürdürülebilir tedarikçi seçim endeksi (SSS-I) geliştirmişlerdir [18]. ÇKKV yaklaşımı ile çizge teorisi kullanılarak karar verme çerçevesi önermişlerdir.

Yan ve ark. bir yeni ürün geliştirme projesi için tedarikçi seçiminde inovatif yenilik ve bilgi korumasının dengelenmesi için tedarikçi bağlarının etkisini konjoint analizi ile incelemişlerdir [19]. Tan ve ark., üretim süreci ve tedarikçi seçimini kişiselleştirilmiş ürün mimarisi tasarımı entegre etmek için eşzamanlı bir optimizasyon yaklaşımı önermişlerdir [20]. Ürün mimarisi, süreç ve tedarikçinin bir bağlantısı olarak bir maliyet modeli geliştirmişler ve müşteri tercihi, süreç kaynağı, tedarikçi ve üretim maliyetini içeren bir kar formülasyonuna dayalı

bir ürün ailesinin potansiyel karını maksimize etmek için kurdukları bir karma tamsayı optimizasyon modelini genetik algoritma ile çözmüşlerdir.

A. Savunma Sanayisinde Tedarikçi Seçimi

Firmalar, iç sürdürülebilir tasarım uygulamaları yoluyla karlılığı artırmayı hedeflerken, giderek yaygınlaşan oranda, bu tür çabalarda tedarikçilerin uzmanlığından da yararlanmak amaçlanmaktadır. Uzun dönem çalışılabilen doğru tedarikçinin seçimi, tedarik zinciri yapısının kurulması ve sürdürülebilirliğinde en önemli konulardan biridir [21].

Sürdürülebilir tedarikçi seçimi alanında Rashidi ve ark. tarafından gerçekleştirilen sistematik bir meta-literatür taraması çalışmasında, yayımlanan makalelerin içeriği nicel olarak Gephi ve Bibexcel yazılımları kullanılarak analiz edilmiştir. Toplam 4882 makale, Scopus ve Web of Science'ta 1990'dan 2018'e kadar aranan 336 kombinasyona dayalı olarak gözden geçirilmiştir. Analiz sonuçları özetle; sanayi ile akademi arasında kapatılması gereken bir boşluk olduğunu, küresel kaynak kullanımı alanında daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğunu, farklı tedarikçi değerlendirme yöntemlerinin sonuçlarının karşılaştırılması gerekliliğini, geleneksel tedarikçi seçim uygulamalarında büyük bir değişiklik olmadığını, uygulanan sosyal kriterlerin oranının toplam kriter sayısına göre nispeten düşük olduğunu, tedarikçilerin yenilik kabiliyetinin daha fazla dikkate alınması gerektiğini, analitik ve matematik tabanlı yöntemlerin en çok uygulanan tedarikçi seçim araçları olduğunu ortaya koymaktadır [22].

Tedarikçi seçimi, sürdürülebilir bir ilişkinin kurulması açısından aynı zamanda ekonomik, çevresel ve sosyal faktörlerinde dikkate alınması gereken bir süreçtir [23]. Tedarikçi seçim problemlerinde ÇKKV yöntemleri etkin ve tutarlı sonuçlar verdiği için literatürde sıklıkla tercih edilmektedir. Genellikle problemin tanımlanması, kriterlerin belirlenmesi, seçim yönteminin ve tedarikçinin belirlenmesi aşamalarından oluşmaktadır.

Seçilecek tedarikçinin işletmenin ihtiyaçlarına cevap verebilecek özelliklere sahip olup olmadığını analiz etmek amacıyla çok sayıda alt kriter de içeren tedarikçi seçim kriterleri kullanılır. Ak Oğuz ve Köksal, gerçekleştirdikleri bir kamusal alan çalışmasında, uzman görüşleri de alarak, AHP ve TOPSIS yöntemlerini bütünleşik kullanmışlardır. Çalışmada seçim kriterleri maliyet, teslim süresi, kalite, teknik yeterlilik, hizmet, esneklik ve iletişim yeteneği olarak belirlenmiştir [24].

Kapar, bir üretim işletmesinde, Özdemir, bir otomotiv firmasında, AHP yöntemi ile tedarikçi seçimi çalışması gerçekleştirmişlerdir [25,26]. Yılmaz, çalışmasında tedarikçi seçim ve değerlendirme probleminin çözümü için, Bulanık AHP – VIKOR bütünleşik yöntemini kullanmıştır [27]. Chen ve Chao, AHP kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmalarında, seçim kriterleri olarak tedarikçinin durumu, fiyat, teslimat, kalitenin yanı sıra tasarım kabiliyeti, teknik kapasite gibi profesyonel teknikler kriterlerini de kullanmışlardır [28].

Ülkeler, güvenlik açısından, ulusal egemenlik haklarıyla birlikte, vatandaşlarının can ve mal emniyetini sağlayabilmek adına savunma sanayisine önem vermek durumundadırlar. Kamu ve özel sektör kuruluşlarından meydana gelen Türk savunma sanayinde, firmaların uluslararası örnekleri inceleyerek faaliyet alanlarını, teknoloji hedeflerini net bir şekilde belirlemeleri ve yapılanmalarını bu hedeflere göre gerçekleştirmeleri gerekmektedir. Tüm sektörlerde olduğu gibi savunma sanayinde de güçlü tedarikçilerle çalışmak stratejik önem taşımaktadır. Bu bağlamda güvene dayalı bir ilişki kurularak uzun vadeli çalışılacak tedarikçinin seçimi için ÇKKV teknikleri literatürde ve uygulamada sıklıkla kullanılmaktadır.

Aydın ve Eren, Savunma sanayinde faaliyet gösteren ve gövde parçası üreten bir firma için gerçekleştirdikleri tedarikçi seçimi çalışmasında, kalite, maliyet, makine parkuru, işçilik ve teknik yeterlilik kriterleri belirleyerek AHP-TOPSIS melez yöntemi kullanmışlardır [29]. Aydın ve Eren tarafından hava savunma sanayinde faaliyet gösteren bir firma için kalite, maliyet, teslim süresi, işçilik, teknoloji ana kriterleri belirlenerek gerçekleştirilen bir diğer tedarikçi seçimi çalışmasında Bulanık AHP ve Hedef Programlama yöntemleri kullanılmıştır [30].

Hava savunma sanayinde Demirtaş ve Akdoğan tarafından gerçekleştirilen bir tedarikçi seçimi çalışmasında Bulanık TOPSIS yöntemi, Demir tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise AHP, TOPSIS ve Markowitz yöntemleri bütünleşik olarak kullanılmıştır [31,32].

Dolu, Konya'da bulunan bir savunma sanayi firması için gerçekleştirdiği çalışmasında, 6 tedarikçi değerlendirmiş ve geleneksel kriterlerle birlikte sürdürülebilirlik, üretim kapasitesi gibi kriterler de belirleyip Bulanık TOPSIS yöntemi kullanmıştır [33]. Çelikkol, Savunma sanayi teknolojileri alanında çalışan bir firmada

gerçekleştirdiği çalışmasında, 4 adet tedarikçi arasından fiyat, kalite, destek, firma imajı ve hız kriterleri çerçevesinde TOPSIS yöntemini Sanna Excell eklentisi kullanarak uygulamıştır [34].

Can ve Arıkan, Türk Savunma Sanayisinde AR-GE çalışmaları gerçekleştirilen bir firmada robot kolu üretimi ve yazılımının geliştirilmesine yönelik tedarikçi seçimi için AHP ile PROMETHEE II yöntemlerini bütünleşik olarak kullanmışlardır [35]. Savunma sanayisi dahil olmak üzere pek çok sektöre bağlantı elemanları üreten bir firmada Saraçoğlu ve Dağistanlı tarafından yapılan bir çalışmada, 12 tedarikçi ve 4 ana kriter belirlenmiş, Bulanık AHP ve VIKOR yöntemleri bütünleşik kullanılarak tedarikçi seçimi gerçekleştirilmiştir [36].

Cohee ve ark. yeni ürün geliştirmede gelişmiş etkinliği sağlamak için savunma sanayisinin benimsemesi gereken kritik Erken tedarikçi entegrasyonu faaliyetlerini ve satın alma uygulamalarını tanımlamışlardır [37].

III. MATERYAL VE METOT

Uygulama çalışmasında literatürde kullanımına sıklıkla rastlanan tedarikçi seçim yöntemlerinden farklı olarak, daha nadir kullanımı olan bir yöntem olan ORESTE yönteminin kullanılmasına karar verilmiş ve bu yöntemin ürettiği sonuçların, diğer sık kullanılan yöntemlerden TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri ile doğrulamasının yapılması hedeflenmiştir.

Çalışmada kullanılan yöntemlerden ORESTE'nin yanı sıra Bulanık AHP, PROMETHEE, TOPSIS yöntemlerine aşağıda sırasıyla değinilmiştir.

A. ORESTE Yöntemi

ORESTE (Organisation, rangement et synthèse de donnéesrelationnelles) M. Roubens tarafından 1979 yılında geliştirilen kıdemli olma / önemli olma / tercih edilme ilişkisini temel alan çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden biridir. ORESTE yöntemi literatürde aynı grupta yer aldığı sıralama yöntemlerinden ELECTRE ve PROMETHEE kadar yaygın kullanılmamış, az sayıda karar probleminin çözümünde kullanılmıştır [38]. Tablo 1'de ORESTE yöntemi ile Türkiye'de 2010 yılından bu yana gerçekleştirilen çeşitli çalışmalar özetlenmektedir. Bu çalışmalar arasında ORESTE yönteminin tedarik seçiminde kullanıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Tablo 1. ORESTE Yöntemi ile ilgili literatür özeti

Yazar	Yıl	Kullanılan Yöntemler	İncelenen Konu
Long ve Liao	2021	SPAN ORESTE	Sürdürülebilir gıda tedarik zincirlerinin seçiminde kullanılmıştır [3]
Zheng, Liu ve Wang	2021	FMEA ORESTE	Aralık tip-2 bulanık sayılara ve ORESTE yöntemine dayalı olarak FMEA için hibrit bir risk analizi çerçevesi önermektedir [39]
Wang, Gou ve Xu	2020	ORESTE	5S trafik sıkışıklığı modelini değerlendirerek sıkışık şehir seçimini içeren pratik bir durumu çözmek için çift hiyerarşi tereddütlü bulanık dilsel ORESTE yöntemi kullanılmıştır [40].
Luo, Liang and Zhao	2020	ORESTE	Yeraltı madenlerinde termal konforun değerlendirilmesi için olasılık tabanlı hibrit ORESTE yöntemi kullanılmıştır [41].
Arslan	2018	ARAS ORESTE	En etkin güneş enerjisi su ısıtma sisteminin belirlenmesi probleminde kullanılmıştır. Problem iki yöntem ile ayrı ayrı analiz edilmiştir [42].
Arslan	2018	AHP ORESTE	Bir kamu işletmesinde ısınma ihtiyacının karşılanması için yakıt türleri arasından en etkin olanın belirlenmesi için kullanılmıştır. Analiz iki yöntem ile ayrı ayrı gerçekleştirilip sonuçlar karşılaştırılmıştır [43].
Adalı ve Tuş Işık	2017	ORESTE	Yöntem web tasarım firması seçiminde uygulanmıştır [44].
Yerlikaya Arıkan ve Arıkan	2016	AHP-ORESTE AHP-PROMETHEE	KOBİ'lerin kendilerine en iyi faydayı sağlayacak desteği seçebilmeleri için desteklere ait performans değerlendirme problemi ele alınmıştır [45].
Yerlikaya Arıkan ve Arıkan	2016	AHP-PROMETHEE AHP-ORESTE	Çevresel sürdürülebilirlik çerçevesinde tedarikçi seçim problemi ele alınmıştır [46].
Tuş Işık	2016	QUALIFLEX (QUALItativeFLEXible) ORESTE	QUALIFLEX (QUALItativeFLEXible) ve ORESTE yöntemleri kullanılarak Sigorta şirketi alternatifleri sıralanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır [47].
Jamali ve Hourali	2014	ORESTE	Yöntem, çalışan fiziksel makinelerin sayısını azaltabilen ve dinamik dağıtılmış ağların performansını iyileştirmek için enerji tüketimini entegre bir sanal makine yerleştirme algoritması tasarlamak için kullanılmıştır [48].
Eroğlu ve diğ.	2014	ORESTE	Yöntem uygun personel seçimi için kullanılmıştır [38].
Jafari ve diğ.	2013	Delfi Tekniği Entropi Yöntemi-ORESTE	Delfi tekniği ile limanların ülke rekabet gücünde etkili göstergeler belirlenmiş limanlar bu göstergelere Entropi-ORESTE yöntemi ile sıralanmıştır [49].
Jafari	2013	ORESTE	Tahıl boşaltma operasyon risklerinin belirlenmesi ve önceliklendirilmesi [50].
Dinçer	2011	ORESTE MAPPAC	Toplam Üretimdeki Pay, Ekonomik Katkı, Toplam İçindeki Pay İhracat, İhracat Yönelimi ve Toplam İstihdamdaki Payı olarak tanımlanan beş kriter altında Türk İmalat Sanayinin performansı değerlendirilmiştir [51].

ORESTE yönteminin adımları aşağıdaki gibidir.

ORESTE Yöntemi 2 ayrı aşamadan oluşur. Aşama-I'de A kümesi üzerinde global tam ön (zayıf) sıralama kurulur. Aşama-II'de Farklılık ve Çelişki Analizinden sonra, A kümesi üzerinde kısmi tercih yapısı kurulur. Bu çalışmada ORESTE Yöntemi'nin ilk aşaması kullanılacağından Aşama I'in adımları açıklanacaktır. ORESTE yöntemi Aşama I'in adımları aşağıdaki gibidir.

Adım1. Karar Probleminin Yapısının Belirlenmesi

$A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ kümesini m adet elemanı bulunan alternatifler kümesi ve n adet kritere sahip $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ kümesi dikkate alınır.

Adım 2. Görelî önemlerin ön sıralama ile belirlenmesi

Kriterlerin görelî önemini belirlemek için zayıf sıralama (veya tam ön sıralama) olarak tanımlanan tercih yapısı kullanılır. Kriterler arasındaki ilişki $S_j = (P_i \text{ veya } I_i)$ şeklinde tanımlanır. P (Preference-tercih) bir kriterin diğerine tercih edildiğini yani üstün olduğunu, I (indifference-kayıtsız) ise karşılaştırılan kriterlerin karar verici için eşit öneme sahip olduğunu gösterir [52]. Kriterlerin görelî önemi $c_1, P, c_2, I, c_3, P, c_4, \dots, c_n$ şeklinde belirlenir. c_1 en önemli ve tercih edilen kriter iken, c_2 ve c_3 ara önemli kriter olarak bağlanır ve c_n , kriterlerin zayıf sıralamasında en az önemli kriterdir. Aynı zamanda her bir kriter için aşağıdaki gibi zayıf bir alternatif sıralamasına ihtiyaç vardır [53]. Kriterler arasındaki ilişki durumu belirlendikten sonra; her bir kriter $j=1, \dots, n$ için A alternatifler kümesi de zayıf sıralama (ön sıralama) olarak ifade edilen tercih yapısı ile değerlendirilir. İlişki $S_j = (I_j \text{ veya } P_j)$ olarak ifade edilir. P_j asimetrik, I_j simetriktir [52].

$$c_1 : a_1 P a_2 P a_3 \dots a_m$$

$$c_2 : a_1 P a_2 I a_3 \dots a_m$$

$$c_3 : a_1 P a_2 I a_3 \dots a_m$$

.....

$$c_n : a_1 I a_2 P a_3 \dots a_m$$

Amaç; global tercih yapısı G 'nin, A kümesindeki aksiyonlara dair yargıyı her bir kriter için ve kriterler arasındaki tercih yapısını yansıtmaktır.

Bu çalışma kapsamında bulunacak sonuçların doğruluğu diğer yöntemlerle de doğrulanacağından, tutarlılık analizi temeline dayanan ORESTE yönteminin ikinci aşaması kullanılmayacaktır. Aşama-1'in uygulama adımları aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Adım 3. Besson Rank değerlerinin belirlenmesi

Bu adımda her bir alternatifte, o kriterle ilgili n ön sıralamadan başlayarak her bir kriter için bir Besson sıralaması verilir. Ayrıca her bir kritere, kriterler arasında zayıf sıradaki konumuna göre bir Besson sıralaması verilir. İnci sıradaki p kriteri için Besson-rank değeri Denklem (1)'deki gibi gösterilir [52].

$$l+1/2(p-1) \tag{1}$$

$r(c_j)$, c_j kriterinin Besson sıralamasıdır ve $rc_j(a_i)$, c_j kriteri için alternatif a_i 'nin Besson sıralamasıdır.

Adım 4. Projeksiyon uzaklıklarının hesaplanması

Projeksiyon, bu pozisyonların ilk toplamıdır. Projeksiyon mesafesi $D_j(a_i)$, Denklem (2) ve Denklem (3)'de görüldüğü gibi kriter/alternatifin sıra değerine dayalı olarak isteğe bağlı başlangıç noktasına göre alternatiflerin göreceli konumlarının belirlenmesini sağlar.

$$a_1 P_j a_2 \text{ ise } D_j(a_1) < D_j(a_2) \tag{2}$$

$$rc_1(a_1) = rc_2(a_2) \text{ ve } c_1 P c_2 \text{ ise } D_1(a_1) < D_2(a_2) \tag{3}$$

Daha küçük projeksiyon mesafesi, alternatifin daha iyi konumunu gösterir [52]. Projeksiyon uzaklıkları farklı şekillerde hesaplanabilir. ORESTE yönteminde, Pastijn ve Leysen [55] tarafından önerilen genelleştirilmiş uzaklık formülü kullanılır. ORESTE yönteminde farklı R değerlerine göre değişkenlik gösteren projeksiyon uzaklıkları Denklem (4) ile hesaplanmaktadır.

$$DR_j(a_i) = [\alpha \cdot rc_j^R + (1 - \alpha) \cdot rc_j(a_i)^R]^{1/R} \quad R \in \mathbb{R}_0 \tag{4}$$

Genelleştirilmiş uzaklık formülündeki α ($0 < \alpha < 1$) uygun ikame oranını gösterirken, R sembolü ise karar vericiler tarafından seçilecek bir parametredir. Belirlenecek olan R parametresi için farklı değer ve anlamları aşağıdaki gibidir;

- $R = 1$: ortalama sıra (ağırlıklı aritmetik ortalama)
- $R = -1$: harmonik ortalama sıra;
- $R = 2$: kuadratik ortalama sıra;
- $R = -\infty$: $\min(rc_j, rc_j(a_i))$;
- $R = +\infty$: $\max(rc_j, rc_j(a_i))$;

Adım 5. Projeksiyonların Sıralanması

Değişiklik oranlarının nihai tercihleri ve R 'nin denk değerleri, sadece projeksiyonların göreceli pozisyonlarına yön vermek için kullanılır. Bu projeksiyonların göreceli pozisyonları olarak önemlidir ve DR_j 'nin kesin değerleri değildir, bu yüzden projeksiyonlar sıralanır. Böylece, projeksiyonlar sıralanarak, problemin sıralı yapısına dönülmüş olunur.

Metodu tamamen sıralı tutmak için mesafe puanları Besson derecelerine dönüştürülür. Projeksiyonların sıralanmasında $DR_j(a_j)$ mesafesine, ortalama bir $r_j(a)$ sıralaması atanır, eğer $DR_1(a_1) \leq DR_2(a_2)$ ise $r_1(a_1) \leq r_2(a_2)$ olur ve bu sıralamaya “global sıralar” denir. Global sıralar kapalı bir aralıktadır (l, m_n) .

Adım 6. Birleştirme (Ortalama Sıraların Belirlenmesi)

Kriter seti üzerinde global sıraların toplamı her bir alternatif için hesaplanır. Alternatif a_j için ortalama sıra Denklem (5) ile hesaplanır;

$$r(a_j) = \sum_{j=1}^n r_j(a_j) \quad (5)$$

Birleştirme prosedürü parametrik olmayan istatistikte iyi bilinen Mann-Whitney test prosedürüyle özdeşir [54]. Dolayısıyla, sonuçlar aynı çıkarıma sahiptir. Projekte edilmiş pozisyonların sayısı aksiyon “a” nınkilerden daha iyidir ve “a” pozisyonları ile aradaki fark Denklem (6)’daki gibidir.

$$n = (r_1(a) - 1) + (r_2(a) - 2) + \dots + (r_k(a) - k) = r(a) - (1/2)k(k + 1) \quad (6)$$

Sonuç olarak; $r(a)$, verilen k adet kriter sayısı için n de, tam olarak aynı sıralı çıkarıma sahiptir. $r(a)$ üzerindeki her hangi bir farklı operasyon tamamen aynı sıralı çıkarıma sahiptir. $r(a)$ ’ya dayanarak sıralı yapı oluşturulması doğaldır.

A kümesi üzerindeki global ön sıralama G , Denklem (7) de ifade edildiği şekilde tanımlanır:

$$\text{eğer } r(a_1) < r(a_2) \text{ ise } a_1 P a_2, \quad (7)$$

$$\text{eğer } r(a_1) = r(a_2) \text{ ise } a_1 I a_2$$

ORESTE Yöntemi’nin ilk aşaması bu noktada son bulur.

ORESTE I aşamasında bazı alternatifler arasında farksızlık veya karşılaştırılmazlık durumları olabilir. Bu yüzden ORESTE II aşamasında alternatiflerin birbirlerine farksızlık ya da karşılaştırılmazlık durumlarına bakılır. Öncelikle a_1, a_2 alternatifleri için $C(a_1, a_2) = \sum_{a_1 P_j a_2} [r_j(a_2) - r_j(a_1)]$ tercih yoğunlukları hesaplanarak farksızlık, tercih edilebilirlik veya karşılaştırılmazlık sonucu elde edilir. Bu sonucu belirlemek için aşağıdaki iki durum kontrol edilir [52]:

- $|C(a_1, a_2) - C(a_2, a_1)| \leq \beta$ durumu söz konusu olduğunda,

$$C(a_1, a_2) \text{ ve } C(a_2, a_1) \leq C^* \text{ ise } C(a, b) \text{ ise } aIb \text{ denir; değil ise } aRb \text{ denir.}$$

- $|C(a_1, a_2) - C(a_2, a_1)| \geq \beta$ durumu söz konusu ise, $\frac{C(a_2, a_1)}{|C(a_1, a_2) - C(a_2, a_1)|}$ incelenir.

$$\frac{C(a_2, a_1)}{|C(a_1, a_2) - C(a_2, a_1)|} \geq \gamma \text{ ise } a_1 R a_2 \text{ denir;}$$

aksi halde $C(a_1, a_2) > C(a_2, a_1)$ ise aPb veya $C(a_1, a_2) < C(a_2, a_1)$ $a_1 P a_2$ denir.

Burada β ve γ sembolleri farksızlık ve karşılaştırılmazlık eşik değerleridir. C^* sembolü ise farksızlık ve karşılaştırılmazlık durumlarını ayıran ayrı bir eşik değeridir. Bu eşik değerleri rassal değerler olmayıp Denklem (8) de ifade edilen sınırlamalara sahiptirler

$$\beta < \frac{1}{[(m-1)n]}, \quad \gamma > \frac{(n-2)}{4}, \quad C^* < \frac{1}{[2(m-1)]} \quad (8)$$

B. AHP ve Bulanık AHP

AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi); ikili karşılaştırmaların ölçümüne ve öncelik skalalarına göre uzman kanaatlerine dayanan bir teoridir [56]. Çok amaçlı karar verme yöntemlerinin en popüler olanlarından biri olup, birçok avantajının olmasının yanında dezavantajları da mevcuttur. Önemli avantajlarından bir tanesi kullanım kolaylığıdır. İkili karşılaştırmalı kullanımı karar vericilerin katsayı ağırlıklandırmasına izin verir ve alternatiflerin karşılaştırılması göreceli olarak kolaydır. Hiyerarşik yapısıyla ölçeklenebilir ve boyutu kolay ayarlanabilir olması sayesinde karar verme problemlerine uyarlanması kolaydır. Yöntem, kriter ve alternatiflerin karşılıklı olarak bağlılık gösterdiği problemlerde deneyimlenmiştir.

Bulanık AHP yöntemi, bulanık mantık yaklaşımını AHP yöntemi ile birleştiren ve kesin verilerle sayısallaştırılmayan, belirsizliğin ve göreceliğin yüksek olduğu karar verme süreçlerinde etkin olarak kullanılan

bir araçtır. Bu yaklaşımda kriterlerin ağırlıklarını belirlenirken karar verici kişisel değerlendirmesini sözel olarak ifade eder. Bu açıdan daha gerçekçi bir değerlendirme yapılması sağlanır [57]. Bulanık AHP, hiyerarşik bulanık problemleri çözmek için geliştirilmiştir. Bulanık AHP prosedüründe, karşılaştırma matrisindeki ikili karşılaştırmalar, tasarımcının vurgusuyla değiştirilen bulanık sayılardır. Bulanık AHP’de, yargı matrislerinde ölçekleme şemasını geliştirmek için üçgen bulanık sayılar kullanılır ve bulanık öz vektörü çözmek için aralık aritmetiği kullanılır [58].

Bulanık AHP için kullanılacak değerlendirme ölçeği Tablo 2’de görülmektedir.

Tablo 2. AHP için bulanık ölçek [58]

Dilsel Değişken	AHP ölçeği		AHP Bulanık Ölçek	
		Üçgensel Bulanık Sayı	Karşılık Gelen Bulanık Sayı	
Eşit önemli	1	(1,1,1)	(1,1,1)	
Biraz daha fazla önemli	3	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)	
Kuvvetli derecede önemli	5	(4,5,6)	(1/6,1/5,1/4)	
Çok kuvvetli derecede önemli	7	(6,7,8)	(1/8,1/7,1/6)	
Tamamıyla önemli	9	(8,9,10)	(1/10,1/9,1/8)	

Bulanık AHP’nin adımları aşağıdaki gösterildiği gibidir [57];

Adım 1. Tablo 6’daki üçgensel bulanık sayılar kullanılarak kriterler arasında sözel ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur (Denklem (9)).

$$\tilde{A}^k = \begin{bmatrix} \tilde{a}_{11}^k & \tilde{a}_{12}^k & \dots & \tilde{a}_{1n}^k \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{a}_{n1}^k & \tilde{a}_{n2}^k & \dots & \tilde{a}_{nn}^k \end{bmatrix} \quad (9)$$

Adım 2. Eğer karar verici sayısı K ise bu değerlerin ortalaması alınır (Denklem (10)).

$$\tilde{a}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^K \tilde{a}_{ij}^k}{K} \quad (10)$$

Adım 3. Kriterlerin her biri için verilen üçgensel bulanık sayıların Buckley’e [60] göre geometrik ortalaması Denklem (11) ile hesaplanır.

$$\tilde{r}_i = \left(\prod_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \right)^{1/n}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

Adım 4. Kriterlere ait bulanık ağırlık değerleri Denklem (12) ile hesaplanır.

$$\begin{aligned} \tilde{w}_1 &= \tilde{r}_1 \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n)^{-1} \\ &= (lw_i + mw_i + uw_i) \end{aligned} \quad (12)$$

Adım 5. Bulanık ağırlık değerleri Chou ve Chang [61] tarafından önerilen metot ile durulaştırılır. Bunun için aşağıdaki Denklem (13) kullanılır.

$$M_i = \frac{lw_i + mw_i + uw_i}{3} \quad (13)$$

Adım 6. M_i bulanık olmayan bir sayıdır ve normalize edilmesi gerekir. M_i değeri Denklem (14) ile normalize edilir.

$$N_i = \frac{M_i}{\sum_{k=1}^K M_i} \quad (14)$$

Tablo 3’te Bulanık AHP yöntemi ile çok farklı sektörlerde 2010 yılından bu yana gerçekleştirilen çeşitli çalışmalar özetlenmektedir.

Tablo 3. Bulanık AHP Yöntemi ile ilgili literatür özeti

Yazar	Yıl	Kullanılan Yöntemler	İncelenen Konu
Ho ve diğ.	2021	Bulanık AHP	Bulanık AHP, atık su arıtma teknolojilerine dayalı atık su arıtma ekipmanının tedarikçi seçimi problemine uygulanmıştır [62].
Mathew ve diğ.	2020	Bulanık AHP Bulanık TOPSIS	Bulanık AHP ve TOPSIS yöntemleri, altı değerlendirme kriteri ve dört alternatif ile gelişmiş bir üretim sistemi seçim problemine uygulanmıştır [63].
Gupta ve diğ.	2019	Bulanık AHP TOPSIS MABAC WASPAS	Bulanık AHP, yeşil tedarikçi seçimi için TOPSIS, MABAC, WASPAS yöntemleri ile entegre bir şekilde kullanılmıştır [64].
Awasthi ve diğ.	2018	Bulanık AHP VIKOR	Sürdürülebilir küresel tedarikçi seçimi için entegre bir Bulanık AHP-VIKOR yaklaşımına dayalı çerçeve sunulmuştur [65].
Kumar ve diğ.	2017	Bulanık AHP Bulanık LP	Yöntemler bir otomotiv firmasında tedarikçi seçimi için uygulanmıştır. Bulanık AHP kalite, teslim süresi, maliyet, enerji kullanımı, atık minimizasyonu, emisyon ve sosyal katkı gibi çeşitli faktörlerin ağırlıklandırılması için kullanılmıştır [66].
Jain ve diğ.	2016	Bulanık AHP ve TOPSIS	Hindistan'da bulunan bir otomotiv firmasında tedarikçi seçim problemi entegre bulanık yaklaşımlar kullanılarak ele alınmıştır [67].
Yu ve diğ.	2015	Bulanık AHP Bulanık ANP	Bir ticari bankada tedarikçi seçimi için Bulanık AHP ve ANP bütünlük yaklaşımları kullanılmıştır [68].
Yu ve diğ.	2014	Bulanık AHP	Yöntem Tayvan'da kablosuz ağ tedarikçi firmalarının seçiminde uygulanmıştır [69].
Ayhan	2013	Bulanık AHP	Bir dişli motor şirketinde Bulanık AHP uygulaması gerçekleştirilerek tedarikçi seçim problemine uygulanmıştır [56].
Shaw ve diğ.	2012	Bulanık AHP Bulanık LP	Çalışma, Bulanık-AHP ve Bulanık çok amaçlı doğrusal programlama kullanarak, karbon emisyonu sorununu ele alan, tedarik zincirinde uygun tedarikçiyi seçmek için entegre bir yaklaşım sunmaktadır [70].
Zeydan ve diğ.	2011	Bulanık AHP Bulanık TOPSIS VZA	Bir otomotiv yan sanayi firmasında tedarikçi seçimi ve değerlendirilmesi problemi üç farklı yöntem kullanılarak ele alınmıştır [71].
Chamodrakas ve diğ.	2010	Bulanık AHP	Elektronik pazarda tedarikçi seçimi problemi metal sektöründe yer alan bir imalat firmasında uygulanmıştır [72].

C. Önerilen Yöntem (Bütünlük AHP -ORESTE Yöntemi)

ORESTE ve AHP yöntemlerinin birlikte ve bütünlük olarak kullanılmasına yönelik yapılmış olan literatür çalışmalarında rastlanmamıştır. Önceki bölümlerde açıklandığı üzere ORESTE ve AHP yöntemleri üstünlük kıyaslaması temeline dayanan yöntemlerdir.

ORESTE Yöntemi karar alternatifleri açısından değerlendirildiğinde; kullanımı karar verici açısından AHP Yöntemine göre daha kolaydır. Çünkü AHP'deki gibi karar vericinin sayısal değerle üstünlük belirlemesinden, karar vericiden sadece "daha önemli mi? (P)", "eşit öneme mi sahip (I)" değerlendirmesini yapmasını beklemektedir.

Seçim kriterleri açısından değerlendirildiğinde; ORESTE Yöntemi ile kriterler ikili kıyaslamalarla değerlendirilip önem sırasına konmakta ve Besson-rank değerleri kullanılarak karar vericinin belirlediği önem sırası sayısallaştırılmaktadır. Eğer a, b, c ve d birer kriterse, birbirlerine göre üstünlük durumları karar verici tarafından; $a P b I c P d$ şeklinde belirlenir ve $l+1/2(p-l)$ formülü ile sayısallaştırılmaktadır.

Bu noktada; kriter sayısının çok fazla olduğu durumlarda karar vericinin bu kriterleri sıraya dizmesinin zor ve tutarsız olduğu görülmüştür. ORESTE yönteminin bu eksik yönünün giderilmesi için, yöntemin bu bölümünün AHP Yöntemi ile bütünlüştirebileceği değerlendirilmiştir. Başka bir ifade ile AHP yöntemi ORESTE yönteminin yukarıda açıklanan 2. adımına entegre edilecektir.

ORESTE yönteminin bu noktasında karar vericiye kolaylık sağlanması açısından, kriterlerin birbirine olan üstünlüklerinin belirlenmesi için AHP yöntemi kullanılacaktır. Öncelikle kriterler AHP yöntemiyle değerlendirilerek kriter ağırlıkları elde edilecektir. AHP yönteminden elde edilen ağırlık değerlerine göre ilişkideki $S=(P$ veya $I)$ üstünlük veya eşitlik tespit edilecektir.

AHP yönteminin ORESTE yöntemine entegre edilmesinin sağlayacağı avantaj; ikili karşılaştırma için matris yapısını kullanması ve Tablo 2'de gösterilen AHP Önem Skalası yardımı ile karar vericiden sayısal veriler olarak üstünlük sırasını belirlemesidir.

Karar alternatifine göre sayısı daha fazla olan karar kriterlerinin daha tutarlı sıralanması için AHP yöntemi; kriterlere göre karar alternatiflerinin değerlendirilmesi için karar vericiye kolaylık sağlayan ORESTE yöntemi bütünleştirilerek daha üstün bir yöntem elde edileceği düşünülmektedir.

D. PROMETHEE Yöntemi

PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) Brans ve ark. tarafından 1982 yılında geliştirilmiş ÇKKV tekniğidir. PROMETHEE Yönteminin uygulanabilmesi için iki tip bilgi gereklidir. Birincisi kriterlerin göreceli önem derecesi (ağırlıkları), ikincisi ise karar vericinin tercihinin göre alternatiflerin kriterlere ilişkin değerlendirme sonuçlarıdır. Karar vericinin tercihi için 6 farklı tercih fonksiyonu (1. Olağan, (2 U-tipi, 3. V-Tipi, 4. Basamaklı, 5. Farksızlık alanlı V-Tipi ve 6. Gaussian) kullanılır. Bu altı fonksiyondan uygun olanlar kullanılarak karar tercihi belirlenir [73]. PROMETHEE Yöntemi şu adımdan oluşmaktadır [45];

Adım 1. Her bir kriterin göreceli ağırlığı, alternatifler kümesi, seçeneklerin her bir kritere ilişkin değeri ve belirlenir.

Adım 2. Seçenek çiftleri için kriter temelinde uygun ortak tercih fonksiyonları belirlenir.

Adım 3. Her seçenek çifti için tercih indeksleri belirlenir.

Adım 3. PROMETHEE I ile kısmi sıralama belirlenir. Seçenekler için pozitif ve negatif üstünlükler belirlenir.

Adım 4. PROMETHEE II ile seçenekler için tam sıralama belirlenir. Her bir seçenek için hesaplanan net üstünlük değerleri ve bütün seçenekler için tam sıralama belirlenir.

E. TOPSIS Yöntemi

Hwang ve Yoon tarafından bir ÇKKV tekniği olarak geliştirilmiş bir yöntemdir ve çözüm alternatifinin pozitif-ideal çözüme en kısa mesafe ve negatif-ideal çözüme en uzak mesafe düşüncesine göre oluşturulmuştur [74]. Pozitif ideal çözüm, fayda kriterini maksimize eden, maliyet kriterini ise minimize eden bir çözümdür. Negatif ideal çözüm ise fayda kriterini minimize eden, maliyet kriterini maksimize eden bir çözümdür. En uygun seçenek ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olan seçenektir [75]. TOPSIS yönteminin adımları aşağıdaki gibidir [76];

Adım 1. Karar matrisi oluşturulur.

Adım 2. Standart karar matrisi (normalize matris) oluşturulur, Karar matrisi normalize edilir.

Adım 3. Ağırlıklı standart karar matrisi oluşturulur.

Adım 4. Pozitif ideal ve negatif ideal çözüm değerleri belirlenir.

Adım 5. İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) çözümler oluşturulur.

Adım 6: Pozitif ideal ve negatif ideal çözüm değerlerine olan uzaklık değerleri (S_i^* , S_i^-) elde edilir.

Adım 7: İdeal çözüme göreceli yakınlık katsayıları (C^*) hesaplanır. Alternatifler C^* katsayılarına göre sıralanırlar.

IV. SAVUNMA SANAYİSİNDE TEDARİK ZİNCİRİ TASARIMI İÇİN TEDARİKÇİ SEÇİMİ

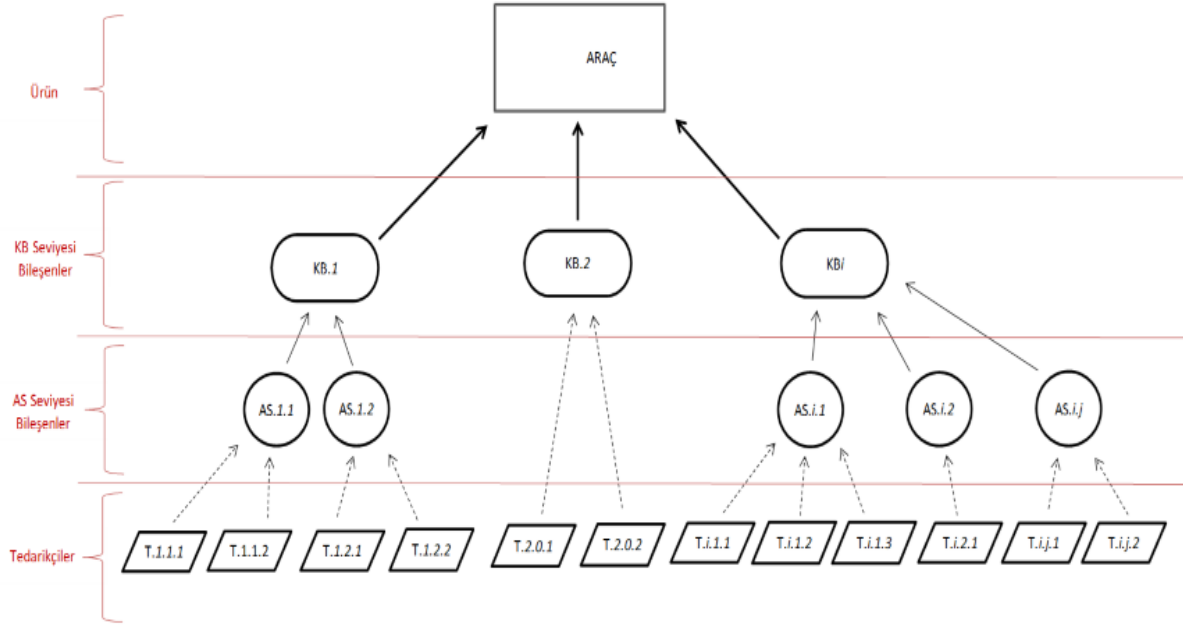
Uygulamanın yapıldığı şirket 1960'lı yıllardan bu yana kendi teknoloji, tasarım ve uygulamaları ile müşterilerinin ihtiyaçlarına uygun özel çözümler sunmaktadır. Yüzde yüz Türk sermayeli olan şirket, 2000'den fazla çalışanıyla faaliyet göstermekte ve otomotiv ve savunma sanayisinde fikri mülkiyet hakları kendisine ait ürünleri ile yer almaktadır. Uygulama çalışması, şirketin araç projelerinden birinde gerçekleştirilmiştir. Projenin ana yüklenicisi olan şirket, tasarım ve prototip geliştirme döneminin (Dönem-I) son evresindedir. Seri üretim dönemi (Dönem-II) için fizibilite çalışmaları tamamlanmak üzeredir. Bu çalışmalar dahilinde ilgili proje kapsamında söz konusu aracın seri üretimine başlayabilmek için gerekli yatırımlar yapılarak üretim tesisinin ve yeni personel organizasyon yapısının kurulmasının yanı sıra; seri üretim dönemi için AHP & ORESTE Bütünleşik Yöntemi ile tedarikçi seçimi yapılacaktır. Bu kapsamda araçta kullanılacak olan bileşenler için en iyi tedarik zinciri yapısının kurulması hedeflenmektedir.

Şirket sistem seviyesinde olan araç bileşenlerini “Konfigürasyon Birimi (KB)” olarak adlandırılmakta, Konfigürasyon Birimleri’ni oluşturan alt bileşenler ise “Alt Sistem (AS)” olarak adlandırılmaktadır. Problemin yapısı Tablo 4’te gösterilmektedir.

Tablo 4. Problemin yapısı

Bileşen	Gösterim	İndis değerleri
Konfigürasyon Birimleri	KB_i	$i:1,\dots,I$
Alt Sistemler	AS_{ij}	$i:1,\dots,I$ $j:1,\dots,J$
Tedarikçiler	T_{ijk}	$i:1,\dots,I$ $j:1,\dots,J$ $k:1,\dots,K$

Bir tedarikçiden alınmış olan konfigürasyon birimi direk olarak araca monte edilebileceği gibi, farklı alt sistemlerin tedarik edilip birleştirilmesiyle de bir konfigürasyon birimi elde edilebilir. Bu kapsamda konfigürasyon birimleri direk olarak tedarik edilebileceği gibi, alt sistemlerinde satın alınabilmesinin mümkün olduğu bir tedarik zinciri yapısı kurulması planlanmıştır. Örnek bir tedarik modelinin yapısı Şekil 1.’de gösterilmiştir. Şekil 4’te düz oklarla belirtilmiş olan Konfigürasyon Birimleri ve bunlara bağlı olan Alt Sistemler gösterilmiştir. Kesikli oklarla belirtilmiş olan tedarikçilerin ise ilgili Konfigürasyon Birimi veya Alt Sistem için seçimi yapılması gerekmektedir.

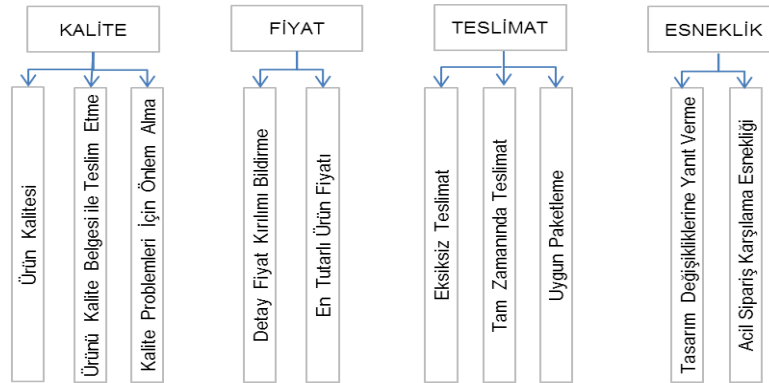


Şekil 1. Araç örnek tedarik modeli

A. Tedarikçi Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi

Yapılmış olan literatür taraması neticesinde en çok kullanılmış olan kriterlerin Kalite [77-81], Maliyet/Fiyat [73, 77, 78, 80], Teslimat [54, 78-81], Esneklik [77-79, 81] olduğu tespit edilmiştir. Alt kriterlerin ise çalışmanın yapılmış olduğu şirkete, sektöre, uygulama amacına vb. göre özelleştiği görülmüştür.

Bu kapsamda; yapılacak uygulamada Kalite, Fiyat, Teslimat, Esneklik kriterlerinin ana kriter olarak kullanılmasına karar verilmiştir. Bu ana kriterlere bağlı olarak alt kriterler, şirket üst yönetiminin de yönlendirmesiyle şirket hedeflerine paralel ve yapılacak çalışmanın yapısına uygun olarak belirlenmiş ve Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Uygulamada kullanılacak ana ve alt kriterler

B. Bütünleşik AHP & ORESTE Yöntemi

ORESTE yönteminin kriterler arasında önem sırasının belirlendiği bölümünde AHP yöntemi kullanılarak ağırlık ataması yapılmasına karar verilmiştir. Böylelikle hem ORESTE yönteminde sıralama ağırlık puanlarına göre yapılacak, hem de doğrulama için kullanılacak diğer yöntemlerde de (TOPSIS, PROMETHEE) bu ağırlık değerleri baz alınacaktır.

Kriter ağırlıklarının tespiti için ikili karşılaştırmalar Tablo 2'deki bulanık ölçek kullanılarak şirket yöneticileriyle beraber yapılmıştır. Bulanık ikili karşılaştırma matrisi Tablo 5'te görülmektedir.

Tablo 5. Bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Kriter	K1			K2			K3			...	E2		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u		l	m	u
K1	1	1	1	7	8	9	7	8	9	...	5	6	7
K2	0,11	0,13	0,14	1	1	1	0,10	0,11	0,13	...	0,11	0,13	0,14
K3	0,11	0,13	0,14	8	9	10	1	1	1	...	0,10	0,11	0,13
T1	0,11	0,13	0,14	8	9	10	7	8	9	...	6	7	8
T2	0,13	0,14	0,17	8	9	10	7	8	9	...	6	7	8
T3	0,13	0,14	0,17	6	7	8	0,11	0,13	0,14	...	0,11	0,13	0,14
F1	0,10	0,11	0,13	0,11	0,13	0,14	0,10	0,11	0,13	...	0,10	0,11	0,13
F2	0,13	0,14	0,17	6	7	8	8	9	10	...	6	7	8
E1	0,10	0,11	0,13	7	8	9	6	7	8	...	7	8	9
E2	0,14	0,17	0,20	7	8	9	8	9	10	...	1	1	1

Bulanık AHP sonucunda elde edilen kriter ağırlıkları Tablo 6'da görülmektedir.

Tablo 6. Kriter ağırlık sıralaması

Kriter No	Kriter Kodu	Kriter Adı	Ağırlık
k1	K1	Ürün Kalitesi	0,334
k2	E1	Tasarım Değişikliklerine Yanıt Verme	0,227
k3	T1	Eksiksiz Teslimat	0,154
k4	T2	Tam Zamanında Teslimat	0,103
k5	F2	En Tutarlı Ürün Fiyatı	0,064
k6	E2	Acil Sipariş Karşılama Esnekliği	0,039
k7	K3	Kalite Problemleri İçin Önlem Alma	0,038
k8	T3	Uygun Paketleme	0,019
k9	K2	Ürünü Kalite Belgesi ile Teslim Etme	0,013
k10	F1	Detay Fiyat Kırılımı Bildirme	0,008

Tablo 10'da gösterilen bulanık AHP sonuçları dikkate alınarak kriterler arası ilişki ORESTE yöntemine göre Tablo 7'deki gibi belirlenir.

Tablo 7. Bütünleşik AHP-ORESTE'ye göre kriterler arası ilişki

K1	P	E1	P	T1	P	T2	P	F2	→
P	E2	I	K3	P	T3	P	K2	P	F1

Tablo 10'da görüldüğü gibi k6 ve k7 kriterlerine ait ağırlıklar birbirine önemli ölçüde yakın olduğu için (0,039 ve 0,038) bu kriterlerin birbirine göre üstün olmadığı ve eşit öneme sahip olduğu değerlendirilmiştir (I). Diğer kriterlerin ise birbirlerine göre üstünlük durumu bulunmaktadır (P).

ORESTE Yöntemi, ikinci Konfigürasyon Birimi'nin (KB.2), birinci Alt Sistemi (AS.2.1)'nin üç aday tedarikçisinin değerlendirilmesi için kullanılmıştır. ORESTE yönteminin uygulaması AS.2.1 için ayrıntılı olarak gösterilecek diğer KB ve AS'ler için sonuçlar listelenecektir.

AS.2.1 için belirlenmiş olan tedarikçi alternatifleri T.2.1.1, T.2.1.2, T.2.1.3'tür. Kriterlere göre tedarikçi alternatiflerinin ilişki durumu Tablo 8'de gösterilmiştir. Karşılaştırma şirket yönetimi kararlarına göre belirlenmiştir.

Tablo 8. Kriterlere göre tedarikçi alternatiflerin ilişkisi

Kriter Kodu	Alternatiflerin Karşılaştırılması				
K1	T.2.1.1	I	T.2.1.3	P	T.2.1.2
E1	T.2.1.2	P	T.2.1.1	I	T.2.1.3
T1	T.2.1.3	P	T.2.1.2	P	T.2.1.1
T2	T.2.1.1	I	T.2.1.2	P	T.2.1.3
F2	T.2.1.2	P	T.2.1.3	P	T.2.1.1
E2	T.2.1.1	I	T.2.1.3	P	T.2.1.2
K3	T.2.1.3	I	T.2.1.2	P	T.2.1.1
T3	T.2.1.2	P	T.2.1.1	P	T.2.1.3
K2	T.2.1.2	P	T.2.1.3	P	T.2.1.1
F1	T.2.1.3	P	T.2.1.2	P	T.2.1.1

Kriterlere göre belirlenmiş tedarikçi alternatifleri ilişki matrisine göre hesaplanan Besson-rank değerleri Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Besson-Rank değerleri

Tedarikçiler	Kriter No									
	k1	k1	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9	k10
T.2.1.1	1,5	2,5	3	1,5	3	1,5	3	2	3	3
T.2.1.2	3	1	2	1,5	1	3	1,5	1	1	2
T.2.1.3	1,5	2,5	1	3	2	1,5	1,5	3	2	1

Besson-ranksıra değerleri hesaplandıktan sonra karar verivilerR=2, Alfa $\alpha=0.02$ değerlerini belirlemişlerdir. $m=3, n=10$ matris'in $m \times n$ değerlerinden $\beta < 1/[(3-1)10]$, $\gamma > (10-2)/4$ ve Beta $\beta=0.005$, Gama $\gamma=3$ değerleri için hesaplanan projeksiyon matrisi Tablo 10'da gösterilmiştir. Hesaplamalar için SANNA yazılımı kullanılmıştır.

Tablo 10. Projeksiyon matrisi

Tedarikçiler	Kriter No									
	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9	k10
T.2.1.1	1,30	2,28	3,00	3,23	4,24	4,79	5,70	6,38	7,23	8,01
T.2.1.2	2,41	1,65	2,60	3,23	3,98	4,95	5,57	6,35	7,15	7,96
T.2.1.3	1,30	2,28	2,41	3,57	4,05	4,79	5,57	6,46	7,17	7,94

Tablo 10'da görülen Projeksiyon Matrisi için Besson-rank değerlerinin hesaplanmasıyla elde edilen

Global sıra değerleri için oluşturulan matris Tablo 11’de görülmektedir.

Tablo 11. Global rank değerleri

Tedarikçiler	Kriter No									
	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9	k10
T.2.1.1	1,5	4,5	9,0	10,5	15,0	16,5	21,0	23,0	27,0	30,0
T.2.1.2	6,5	3,0	8,0	10,5	13,0	18,0	19,5	22,0	25,0	29,0
T.2.1.3	1,5	4,5	6,5	12,0	14,0	16,5	19,5	24,0	26,0	28,0

Global sıra değerlerinin birleştirilmesiyle elde edilen, alternatiflere ait sıra değerleri Tablo 12’de görülmektedir.

Tablo 12. Tedarikçi alternatiflerinin sıralanması

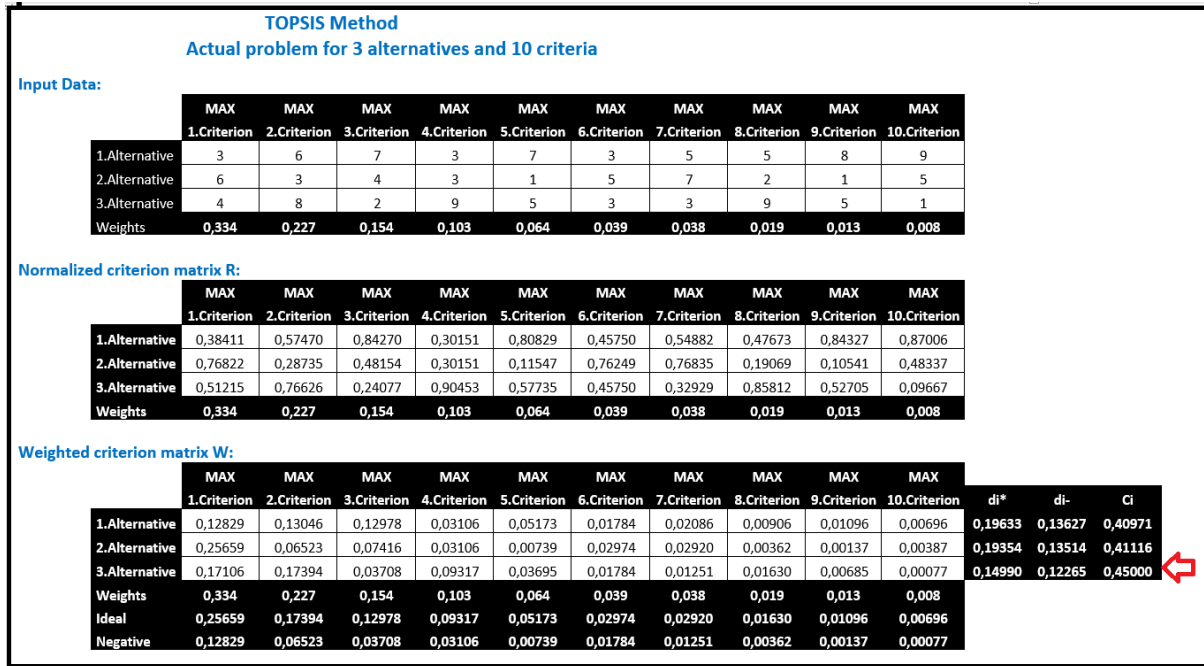
Sıralama	Tedarikçiler	Toplam
1.	T.2.1.3	152,5
2.	T.2.1.2	154,5
3.	T.2.1.1	158,0

AHP & ORESTE Bütünleşik Yönteminin uygulanmasının sonucu olarak; Tablo 12’de görüldüğü gibi AS.2.1 için 3’üncü tedarikçi alternatifinin (T.2.1.3) seçilmesi uygun bulunmuştur.

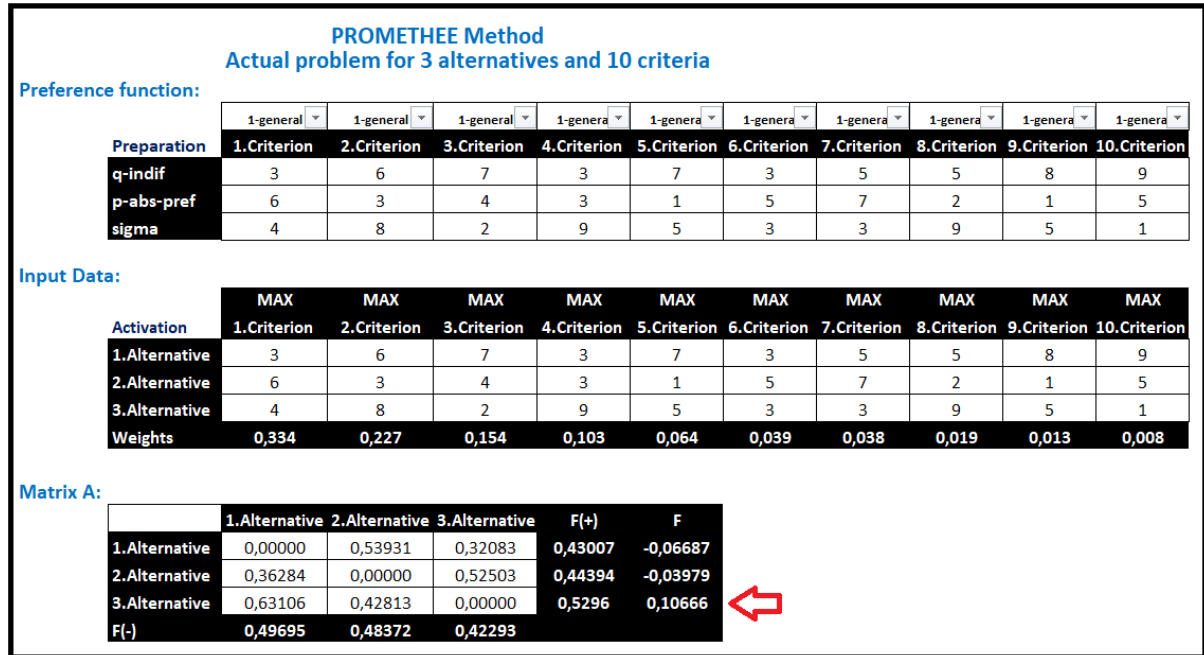
C. Bütünleşik Bulanık AHP & ORESTE Yönteminin Doğrulaması

Bu çalışma kapsamında yapılmış olan literatür taramalarında AHP ve ORESTE Yönteminin beraber entegre kullanımına rastlanmamıştır. Ayrıca; ORESTE Yönteminin diğer çok amaçlı karar verme yöntemleri ile kıyasla kullanımı önemli ölçüde azdır.

Bu sebeple; uygulama kısmında AHP & ORESTE Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi probleminin çözümünden elde edilen sonuçların diğer çok amaçlı karar verme yöntemleriyle doğrulamasının yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Doğrulama için aynı problem aynı değerler korunarak; Çai ve ark. tarafından gerçekleştirilen sistematik bir literatür taramasında tedarikçi seçimi için en çok kullanılan çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden olarak belirlenen TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri [15] ile de çözülmüştür. Çözüm için ORESTE Yönteminde olduğu gibi yine SANNA yazılımı kullanılmıştır. Sonuçlar Şekil 3 ve Şekil 4’de gösterilmiştir.



Şekil 3. TOPSIS ile doğrulama



Şekil 4. PROMETHEE ile doğrulama

V. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Savunma Sanayisindeki bir askeri araç geliştirme projesinde, diğer çok amaçlı karar verme yöntemlerinden farklı olarak literatürde kullanımına çok az rastlanan ORESTE Yöntemi, AHP Yöntemi ile bütünleşik olarak kullanılmıştır. Literatürde bu bütünleşmeye rastlanmamış olduğundan, diğer sık kullanılan yöntemlerin bazılarıyla (TOPSIS, PROMETHEE) doğrulama amacıyla aynı problem aynı değerlerle tekrar çözülmüş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Model çözümleri için SANNA yazılımı kullanılmıştır. Tablo 13'te de görüldüğü gibi AHP&ORESTE

Yönteminden elde edilen tedarikçi seçim sonuçlarının TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerinden elde edilen sonuçlarla aynı olduğu görülmüştür.

Tablo 13. AHP&ORESTE Sonuçlarının TOPSIS ve PROMETHEE ile doğrulanması

Tedarikçiler	AHP&ORESTE	TOPSIS (C*)	PROMETHEE (F+)	Sıralama
T.2.1.3	154,5	0,50427	0,45000	1
T.2.1.2	152,5	0,48041	0,41116	2
T.2.1.1	158,0	0,46481	0,40971	3

ORESTE Yönteminin ikili karşılaştırmada karar vericiden, ilgili kritere göre seçimi yapılacak alternatifler için sadece üstünlük (P) veya eşitlik (I) kararını vermesine gereksinim duyan bir yöntem olduğundan kullanımı; ikili karşılaştırmada sayısal üstünlük derecelendirmesi temelli yöntemlere göre daha kolaydır.

ORESTE Yöntemi karar vericinin üstünlük derecelendirmesini, ortalama sıra değerlerini kullanarak sayısallaştırır ve uzaklık ölçümüne dayanan iterasyonlarıyla alternatiflerin sıra değerlerini belirleyen kullanışlı bir yöntemdir.

Yönteme AHP'nin dahil edilmesinin hiçbir olumsuz ya da saptırıcı etkisinin olmadığı, bulanık AHP ile belirlenen ağırlıkların üstünlük derecelendirmesinde rahatlıkla kullanılabilmesi tespit edilmiştir. Bulanık AHP & ORESTE bütünleşik yönteminin sık kullanılan diğer çok amaçlı karar verme yöntemlerine; kullanımı karar verici açısından daha kolay olan; bir alternatif olduğu yapılmış olan doğrulamalarla ispatlanmıştır.

Tablo 1'de görüldüğü gibi literatür incelendiğinde ORESTE ile yapılan çalışmaların sayısının oldukça az olduğu, literatürde yaygın kullanılan bir yöntem olmadığı görülmektedir. Tedarikçi seçiminde kullanılan yöntemler konusunda literatür araştırması çalışmalarında ORESTE yöntemine rastlanılmamıştır. ORESTE yönteminin tedarikçi seçiminde kullanıldığı Yerlikaya ve Arıkan [46] tarafından gerçekleştirilen bir çalışma bulunmaktadır. Savunma sanayisinde tedarikçi seçimi literatürü incelendiğinde ise az sayıda çalışma yapıldığı görülmektedir. Bu çalışma, savunma sanayinde tedarikçi seçimi literatürüne de bu yönüyle katkıda bulunmaktadır.

Bu çalışmada, savunma sanayinde tedarikçi seçim problemi TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri ile de çözülerek sonuçlar karşılaştırılmış ve ORESTE yönteminin diğer sık kullanılan ÇKKV yöntemleriyle aynı sonuçları verdiği tespit edilmiştir. Böylece ORESTE yönteminin tedarikçi seçim probleminde kullanımının uygunluğu ve bulanık AHP yöntemi ile bütünleştirilebildiği gösterilmiştir.

Bulanık AHP Yöntemi, ORESTE Yöntemi ile kriterlerin ağırlıklarının tespit edilerek üstünlük sıralaması yapılması aşamasına dahil edilmiştir. Sonraki çalışmalarda üstünlük sıralaması ağırlıkların sapma oranları da göz önünde bulundurularak yapılabilir. Örneğin; iki kriterin ağırlık değerleri arasındaki sapma miktarı önceden belirlenmiş bir değerden altındaysa eşit öneme sahip olduğu, değilse üstün olduğu belirtilebilir. Sapma için yüzde fark değerleri de kullanılarak analiz yapılabilir.

Bu çalışmada; kullanımı çok az olan bir yöntemin, çok amaçlı karar problemlerinde kullanımının uygunluğu ve sık kullanılan bir yöntemle birleştirilebileceği ispatlanmıştır. Sonraki çalışmalarda literatürde yer alan tedarikçi seçim yöntemlerinden farklı olan yeni bir karar verme yönteminin geliştirilmesine çalışılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Chai, J., Liu, J.N.K., & Ngai, E.W.T. (2013). Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. *Expert Systems with Applications*, 40, 3872-3885.
- [2] Yerlikaya, M. A., & Arıkan, F. (2016). AHP-ORESTE-PROMETHEE bütünleşik yaklaşımı ile çevresel sürdürülebilirliği destekleyen tedarikçi seçimi. *17th International Symposium on Econometrics, Operations Research and Statistics*, Sivas, Turkey.
- [3] Long, Y., & Liao, H. (2021). A social participatory allocation network method with partial relations of alternatives and its application in sustainable food supply chain selection. *Applied Soft Computing*, 109 (107550), 1-14
- [4] Arslan, H. M. (2018). AHP ve ORESTE yöntemleri ile en etkin yakıt türünün belirlenmesi. *Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10 (21), 160-170.
- [5] Yerlikaya, M. A., & Arıkan, F. (2016). KOBİ'lere sağlanan desteklerin performans etkinlik sıralarının Promethee ve Oreste yöntemleri ile belirlenmesi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 31(4), 1007-1016.

- [6] Can, Ş., & Arıkan, F. (2014). Bir savunma sanayi firmasında çok kriterli alt yüklenici seçim problemi ve çözümü. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(4), 645-654.
- [7] Christopher, M. L. (2016). *Logistics and supply chain management*, 5th ed., London, UK: Pitman Publishing.
- [8] Blackstone, J. H. (2013). *APICS Dictionary*, 14th ed., Chicago, USA: American Production and Inventory Control Society Publishing.
- [9] Zhang, N., He, W., & Lee, E. W. (2008). Address supply chain visibility from knowledge management perspective. *6th IEEE International Conference on Industrial Informatics*, Daejeon, Korea, 865-870
- [10] Salvador, F., Forza, C., & Rungtusanatha, M. (2002). Modularity, product variety, production volume and component sourcing: theorizing beyond generic prescriptions. *Journal of Operations Management*, 20 (5), 549-575.
- [11] Cengiz, E., Ayyıldız, H., & Kırkçbir, F. (2005). Yeni ürün geliştirme sürecinin başarısında etkili olan faktörler. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 24, 133-147.
- [12] Krishnan, V., & Ulrich, K. T. (2001). Product development decisions: A review of the literature. *Management Science*, 47 (1), 1-21.
- [13] Evcioglu, H. E. (2020). *Tedarik zinciri ağlarında ÇKKV yöntemleriyle tedarikçi seçimi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [14] Willems, S. P. (1999). *Two papers in supply chain design: Supply chain configuration and part selection in multi-generation products*, Doktora Tezi, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts.
- [15] Jafarian M., & Bashiri, M. (2014). Supply chain dynamic configuration as a result of new product development. *Applied Mathematical Modelling*, 38, 1133-1146.
- [16] Akyüz, Y., Bozdoğan, T., & Hantekin, E. (2011). TOPSIS yöntemiyle finansal performansın değerlendirilmesi ve bir uygulama. *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi*, 12(1), 73-92.
- [17] Yıldız, B., & Sayın, B. (2020). Tedarik zinciri müşteri entegrasyonunun firma performansı üzerindeki etkisinde ürün inovasyon kapasitesinin aracı rolü. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10 (1), 319-348.
- [18] Sinha, A. K., & Anand, A. (2018). Development of sustainable supplier selection index for new product development using multi criteria decision making. *Journal of Cleaner Production*, 197(1), 1587-1596.
- [19] Yan, T., Yang Y., Dooley, K., & Chae, S. (2020). Trading-off innovation novelty and information protection in supplier selection for a new product development project: Suppliers as signals. *Journal of Operation Management*, 66 (7-8), 933-957
- [20] Tan, C., Barton, K., Hu, S. J., & Freiheit, T. (2021). Integrating optimal process and supplier selection in personalised product architecture design. *International Journal of Production Research*, Ahead-Of-Print, 1-20
- [21] Wang, Y., Modi S. B., & Schoenherr, T. (2021). Leveraging sustainable design practices through supplier involvement in new product development: The role of the suppliers' environmental management capability. *International Journal of Production Economics*, 232, 1-51, doi: 10.1016/j.ijpe.2020.107919.
- [22] Rashidi, K., Noorzadeh, A., Kannan D., & Cullinan, K. (2020). Applying the triple bottom line in sustainable supplier selection: A meta-review of the state-of-the-art. *Journal of Cleaner Production*, 269, 1-27
- [23] Schramm, V. B., Cabral, L. P. B., & Schramm, F. (2020). Approaches for supporting sustainable supplier selection- A literature review. *Journal of Cleaner Production*, 273, 1-8.
- [24] Akoğuz M., & Köksal, M. (2018). AHP ve TOPSIS yöntemi ile tedarikçi seçimi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18 (34), 69-89.
- [25] Kapar, K. (2013). Bir üretim işletmesinde Analitik Hiyerarşi Süreci ile tedarikçi seçimi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 28(1), 197-231.
- [26] Özdemir, A. (2010). Ürün grupları temelinde tedarikçi seçim probleminin ele alınması ve Analitik Hiyerarşi Süreci ile çözümlenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi*, 12(1).
- [27] Yılmaz, E. (2012). Bulanık AHP-Vikor Bütünleşik Yöntemi ile tedarikçi seçimi. *Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 33(2), 331-354.
- [28] Chen, Y., & Chao, R. (2012). Supplier selection using consistent of fuzzy preference relations. *Expert Systems with Applications*, 39(3), 3233-3240.
- [29] Aydın, Y., & Eren, T. (2018). Savunma sanayiinde stratejik ürün için çok kriterli karar verme yöntemleri ile tedarikçi seçimi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(1), 129-148.
- [30] Aydın, Y., & Eren, T. (2018). Hava Savunma Sanayii alt yüklenici seçiminde bulanık mantık altında çok kriterli karar verme ve Hedef Programlama yöntemlerinin kullanılması. *Journal of Aviation*, 2(1), 10-30.

- [31] Demirtaş, Ö., & Akdoğan, A. A. (2014). Bulanık ortamda tedarikçi seçimi: Savunma Sanayii'ne yönelik bir uygulama. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 43, 203-222.
- [32] Demir, K. N. (2018). *Bir savunma sanayii firmasında tedarikçi seçimi çalışması*, Yüksek Lisans Tezi, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [33] Dolu, T. A. (2020). *Savunma sanayi sistemlerine parça tedarikçisinde çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanılması: Konya sanayisinde uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [34] Çelikkol, M. (2017). Tedarikçi seçimi problemi: savunma sanayinde bir TOPSIS uygulaması. *Multi-criteria Decision Making*, 1, 1-12.
- [35] Can, Ş., & Arıkan, F. (2014). Bir savunma sanayi firmasında çok kriterli alt yüklenici seçim problemi ve çözümü. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(4), 645-654.
- [36] Saraçoğlu, İ., Dağıstanlı, H. A. (2017). Tedarikçi seçiminde Bulanık Mantık-AHP ve VIKOR yönteminin bağlantı elemanları firmasında uygulanması. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 12, 40-54.
- [37] Cohee, G. L., Barrows, J., & Handfield, R. (2019). Early supplier integration in the US defense industry. *Journal of Defense Analytics and Logistics*, 3 (1), 2-28.
- [38] Eroğlu, E., Yıldırım, B. F., & Özdemir, M. (2014). Çok kriterli karar vermede ORESTE yöntemi ve personel seçiminde uygulanması. *Yönetim Dergisi*, 76, 81-95.
- [39] Zheng, Q., Liu, X. & Wang, W. (2021). An Extended Interval Type-2 Fuzzy ORESTE Method for Risk Analysis in FMEA. *International Journal of Fuzzy Systems*, 23, 1379-1395
- [40] Wang, X., Gou, X., & Xu, Z. (2020). Assessment of traffic congestion with ORESTE method under double hierarchy hesitant fuzzy linguistic environment. *Applied Soft Computing*, 86,105864, 12-13.
- [41] Luo, S., Liang, W., & Zhao, G. (2020). Likelihood-based hybrid ORESTE method for evaluating the thermal comfort in underground mines. *Applied Soft Computing*, 87, 105983, 1-14
- [42] Arslan, H. M. (2018). ARAS ve ORESTE yöntemleri ile otel işletmeleri için en etkin güneş enerjisi su ısıtma sisteminin belirlenmesi. *Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10(20), 58 – 69.
- [43] Arslan, H. M. (2018). AHP ve ORESTE yöntemleri ile en etkin yakıt türünün belirlenmesi. *Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10 (21), 160-170.
- [44] Adalı, E. A., & Tuş Işık, A. (2017). Ranking web design firms with the ORESTE method. *Ege Akademik Bakış*, 17 (2), 243-253.
- [45] Yerlikaya, M. A., & Arıkan, F. (2016). KOBİ'lere sağlanan desteklerin performans etkinlik sıralarının Promethee ve Oreste yöntemleri ile belirlenmesi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 31(4), 1007-1016.
- [46] Yerlikaya, M. A., & Arıkan, F. (2016). AHP-ORESTE-PROMETHEE bütünlük yaklaşımı ile çevresel sürdürülebilirliği destekleyen tedarikçi seçimi. *17th International Symposium on Econometrics, Operations Research and Statistics*, Sivas, Turkey.
- [47] Tuş Işık, A. (2016). QUALIFLEX and ORESTE methods for the insurance company selection problem. *The Journal of Operations Research, Statistics, Econometric sand Management Information Systems*, 4(2), 55-68.
- [48] Jamali, S., & Hourali, K. (2014). A novel method to improve the performance of dynamic distributed networks. *International Journal of Research in Computer Applications and Robotics*, 2(8), 152-162.
- [49] Jafari, H., Noshadi, E., & Khosheghbal, B. (2013). Ranking ports based on competitive indicators by using ORESTE method. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 4(6), 1492-1498.
- [50] Jafari, H. (2013). Identification and prioritization of grain discharging operations risks by using ORESTE Method. *American Journal of Public Health Research*, 1 (8), 214-220.
- [51] Dinçer, S. E. (2011). The structural analysis of key indicators of Turkish manufacturing industry: ORESTE and MAPPAC applications. *European Journal of Scientific Research*, 60 (1), 6-18.
- [52] Delhaye, C., Teghem, J., & Kunsch, P. (1991). Application of the ORESTE method to a nuclear waste management problem. *International Journal of Production Economics*, 24(1), 29-39.
- [53] Chatterjee, P., & Chakraborty, S. (2014). Flexible manufacturing system selection using preference ranking methods: A comparative study. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 5, 315-338.
- [54] Mann, H. B., & Whitney, D. R. (1947). On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *The Annals of Mathematical Statistics*, 18, 50-60.
- [55] Pastijn, H., & Leysen, J. (1989). Constructing an outranking relation with ORESTE. *Mathematical and Computer Modelling*, 12(10-11), 1255-1268.
- [56] Saaty, T. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98.

- [57] Ayhan, M. B. (2013). A Fuzzy AHP Approach for supplier selection problem: A case study in a Gear motor Company. *International Journal of Managing Value and Supply Chains*, 4(3), 11-23.
- [58] Ertuğrul, İ., & Karakaşoğlu, N. (2009). Performance evaluation of Turkish cement firms with fuzzy analytic hierarchy process and TOPSIS methods. *Expert System swith Applications*, 36(1), 702-715.
- [59] Chowdhury, M. H., & Quaddus, M. A. (2016). A Multi-phased QFD based optimization approach to sustainable service design. *International Journal of Production Economics*, 171(2), 165-178.
- [60] Buckley, J. J. (1985). Fuzzy Hierarchical Analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 17, 233-247
- [61] Chou, S. W., & Chang, Y. C. (2008). The implementation factors that influence the ERP (Enterprise Resource Planning) Benefits. *Decision Support Systems*, 46(1), 149-157.
- [62] Ho, J. Y., Ooi, J., Wan, Y. K., & Andiappan, V. (2021). Synthesis of waste water treatment process (WWTP) and supplier selection via Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP). *Journal of Cleaner Production*, 314, 128104.
- [63] Mathew, M., Chakraborty, R. K., & Ryan, M. J. (2020). A novel approach integrating AHP and TOPSIS under spherical fuzzy sets for advanced manufacturing system selection. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 96, 1-13.
- [64] Gupta, S., Soni, U., & Kumar, G. (2019). Green supplier selection using multi-criterion decision making under fuzzy environment: A case study in automotive industry. *Computers & Industrial Engineering*, 136, 663-680.
- [65] Awasthi, A., Govindan K., & Gold, S. (2018). Multi-tier sustainable global supplier selection using a fuzzy AHP-VIKOR based approach. *International Journal of Production Economics*, 195, 106-117.
- [66] Kumar, D., Rahman, Z., & Chan, F. T. S. (2017). A fuzzy AHP and fuzzy multi-objective linear programming model for ordinal location in a sustainable supply chain: A case study. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 30 (6), 535-551.
- [67] Jain, V., Sangaiah, A.K., Sakhuja, S., Thoduka, N. & Aggarwal, R. (2016). Supplier selection using fuzzy AHP and TOPSIS: a case study in the Indian automotive industry. *Neural Computing and Applications*, 29, 555-564.
- [68] Yu, M-C, Keng, I., & Chen, H., (2015). Measuring Service Quality via a Fuzzy Analytical Approach. *International Journal of Fuzzy Systems*, 17, 292-302.
- [69] Yu, V. F., Kuo, C.W., & Dat, L. Q. (2014). Selection of Key Component Vendor from the Aspects of Capability, Productivity, and Reliability. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014 (124652), 1-7.
- [70] Shaw, K., Shankar, R., Yadav, S. S., & Thakur, L. S. (2012). Supplier selection using fuzzy AHP and fuzzy multi-objective linear programming for developing low carbon supply chain. *Expert Systems with Applications*, 39 (9), 8182-8192.
- [71] Zeydan, M., Çolpan, C., & Çobanoğlu, C. (2011). A combined methodology for supplier selection and performance evaluation. *Expert System with Applications*, 38, 2741-2751.
- [72] Chamodrakas, I., Batis, D., & Martakos, D. (2010). Supplier selection in electronic market places using satisfying and fuzzy-AHP. *Expert Systems with Applications*, 37, 490-498.
- [73] Dağdeviren, M., & Eraslan, E. (2008). Supplier selection using PROMETHEE sequencing method. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 23 (1), 69-75.
- [74] Monjezi, M., Dehghani, H., & Singh, T.N. (2012). Application of TOPSIS method for selecting the most appropriate blast design. *Arab Journal of Geoscience*, 5, 95-101.
- [75] Akyüz, Y., Bozdoğan, T., & Hantekin, E. (2011). TOPSIS yöntemiyle finansal performansın değerlendirilmesi ve bir uygulama. *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi*, 12(1), 73-92.
- [76] Supçiller, A. A., & Çapraz, O. (2011). AHP-TOPSIS yöntemine dayalı tedarikçi seçimi uygulaması. *Ekonometri ve İstatistik*, 13, 1-22.
- [77] Büyükköçkan, G., & Ersoy, M. Ş. (2009). Applying fuzzy decision making approach to IT outsourcing supplier selection. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 55, 411-415.
- [78] Bhattacharya, A., Geraghty, J. & Young, P. (2010). Supplier selection paradigm: An integrated hierarchical QFD methodology under multiple-criteria environment. *Applied Soft Computing*, 10(4), 1013-1027.
- [79] Choy, K. L., Lee, W. B., & Lo, V. (2002). An intelligent supplier management tool for benchmarking suppliers in outsource manufacturing. *Expert Systems with Applications*, 22(3), 213-234.
- [80] Chen, L. Y., & Wang, T. C. (2009). Optimizing partners' choice in IS/IT outsourcing projects: The strategic decision of fuzzy VIKOR. *International Journal of Production Economics*, 120(1), 233-242.
- [81] Akarte, M. M, Sureandra N. V., Ravi B. & Rangaraj, N. (2001). Web based casting supplier evaluation using analytical hierarchy process. *Journal of the Operational Research Society*, 52(5), 511-522.