



International Journal of Social Sciences

ISSN: 2587-2591

DOI Number: <http://dx.doi.org/10.30830/tobider.sayi.13.7>

Volume 7/1

2023 p. 122-149

AMBALAJ MAKİNELERİ İMALAT SEKTÖRÜNDE TEDARİKÇİ SEÇİMİ: BÜTÜNLEŞİK BİR ÇOK KRİTERLİ KARAR MODELİ

SUPPLIER SELECTION IN THE PACKAGING MACHINERY INDUSTRY: AN INTEGRATED MULTI-CRITERIA DECISION MODEL

Nahit YILMAZ*

ÖZ

Gelişmiş gıda yasalarının etkili olduğu ülkelerin yanı sıra gelişmekte olan ülkeler de Covid-19 salgınıyla beraber bütün gıda ürünlerinin ambalajlanması konusu daha da önem kazanmıştır. Bu önem beraberinde gıda ambalajlama makineleri üreten işletmelerin, kapasite artışını getirmiştir. Ambalajlama makineleri işletmelerinin bir ekosistem oluşturduğu Konya, üretim çeşitliliği ve kapasitesi açısından özellikle Türkiye'de akla ilk gelen illerden biridir. Konya'da ki işletmeler Orta Asya Türk Cumhuriyetleri, Orta Doğu ve Afrika ülkeleri gibi bir çok farklı coğrafyada ihracat kapasitesi açısından da önde gelmektedir. Bu işletmeler, üretim çeşitliliği ve kapasite imkânlarının yanı sıra, maliyet ve satış sonrası hizmetlerle de öne çıkmaktadır. Kriz dönemlerinde dahi tedarikçi seçiminde zorlanan işletmeler, talebin aşırı arttığı kriz zamanlarında tedarikçi seçiminde farklı ve zorunlu kararlar alabilmektedirler. Tedarikçi seçimi, karar vericilerin optimum bir sonuç elde etmek için çarpan (simetrik) etkileriyle birlikte birden çok nicel ve nitel unsuru dikkate alması gereken karmaşık bir süreçtir. Doğru tedarikçiyi seçmenin amacı, müşteri talebini minimum üretim maliyetiyle karşılarken rekabet gücünü ve ürün kalitesini arttırmaktır. Bu çalışmanın amacı, gıda ambalajlama makineleri imalatçılarının tedarikçi seçimi için kombine bir ÇKKV (Çok Kriterli Karar Verme) modeli önermektir. Çalışmanın ilk aşamasında, süreci etkileyen tüm kriterler SCOR (Supply Chain Operations Reference - Tedarik Zinciri Operasyonları Referans) modeli ve uzman görüşleri kullanılarak

* Dr. Öğr. Üyesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi, İşletme Bölümü, E-mail: nyilmaz@erbakan.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4978-8428, Konya, Türkiye.

belirlenmiştir. Hibrit bulanık küme teorisini AHP (Analytic Hierarchy Process - Analitik Hiyerarşi Prosesi) modeline dahil etmek, çeşitli nitel kriterlerle bağlantısı olan karmaşık karar verme problemlerini ele almak için en etkili araçtır. Bu nedenle, tüm potansiyel tedarikçilerin ağırlıklarının belirlenmesi için BAHP (Fuzzy Analytic Hierarchy Process - Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi) seçilmiştir. Tedarikçi sıralamasının değerlendirilmesi için ise kısmi sıralama yapan PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) yerine, tam sıralama yapan PROMETHEE II yöntemi kullanılmıştır. Araştırmanın sonuçlarından hareketle, araştırmacılar ve karar vericiler, gıda ambalajlama makineleri sektöründeki en uygun malzeme tedarikçilerini belirlemek için uygun yöntemleri uyarlama ve uygulama imkânı bulabileceklerdir.

Anahtar Kelimeler: ÇKKV, Bulanık Küme Teorisi, SCOR Modeli, BAHP, PROMETHEE II, Makine İmalat Sektörü, Tedarikçi Seçimi

ABSTRACT

In addition to the countries where developed food laws are effective, the packaging of all food products has gained importance with the Covid-19 epidemic in developing countries. This importance has brought with it an increase in the capacity of the companies producing food packaging machines. Konya, where packaging machinery enterprises form an ecosystem, is one of the first cities that come to mind in Turkey in terms of production diversity and capacity. These enterprises are also leading with their export capacity in many different geographies such as Central Asian Turkic Republics, Middle East and African countries. These enterprises stand out with their production variety and capacity opportunities, as well as cost and after-sales services. Businesses that have difficulty in choosing suppliers even in times of crisis may take different and compulsory decisions in the selection of suppliers in times of crisis when the demand increases excessively. Supplier selection is a complex process in which decision makers must consider multiple quantitative and qualitative factors with multiplier (symmetric) effects to achieve an optimum result. The purpose of choosing the right supplier is to increase competitiveness and product quality while meeting customer demand with minimum production cost. The aim of this study is to propose a combined multi-criteria decision making model (MCDM) for supplier selection of food packaging machinery manufacturers. In the first stage of the study, all criteria affecting the process were determined using the SCOR (Supply Chain Operations Reference) model and expert opinions. Incorporating hybrid fuzzy set theory into the Analytical Hierarchy Process (AHP) model is the most effective tool for tackling complex decision-making problems linked to various qualitative criteria; therefore, the Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) was chosen to determine the weights of all potential suppliers. For the evaluation of supplier ranking, PROMETHEE II method, which makes full ranking, was used instead of PROMETHEE

(Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations), which makes partial ranking. Based on the results of this research, researchers and decision makers will have the opportunity to adapt and apply appropriate methods to identify the most suitable material suppliers in the food packaging machinery industry.

Key Words: *MCDM, Fuzzy Set Theory, SCOR Model, FAHP, PROMETHEE II, Machinery Manufacturing Industry, Supplier Selection*

1. Giriş

Türkiye’de ambalajlama makineleri sanayi hızla gelişmiş ve kendini ispat etmiş bir sektördür. Hijyen ve insan sağlığının korunması, yasal zorunluluklar, yaşam kalitesindeki iyileşme, kentleşme, tüketim alışkanlıklarının değişmesi, çevrimiçi alışveriş imkânlarının genişlemesiyle beraber, farklılaşan rekabetçi ortam, ambalajlı gıda ürünlerine olan talebi hızla arttırmıştır. Dünyada bir kriz dönemi olan Covid-19 salgını da Konya’da üretilen gıda ambalajlama makinelerinin ihraç edildiği coğrafyalardan gelen talepte ani artışa sebep olmuş, bu da işletmelerin üretim kapasitelerine yansımıştır. Bu salgın işletmelerin tedarik zinciri yapısının kırılmasına da neden olmuştur. Dolayısıyla sektör, mevcut ve yeni pazarlar için kapasite artırımına giderken girdi tedarikinde de sorunlar yaşamıştır. Tüketiciler günümüzde birçok sebepten dolayı tükettikleri besinlerin içeriği kadar, ambalaj özelliklerine de dikkat eder hale gelmişlerdir. Gıda ambalajlamanın öneminin artması sonucunda, ambalajlama makineleri imalat sektörü de gelişmiştir. Çeşitli ürünlerin ambalajlanması amacıyla farklı niteliklerde ambalajlama makineleri talebi hem yurt içi hem de yurt dışında artmıştır. Rekabet ortamı, ambalajlama makineleri imalatında projelendirme ve modernize faaliyetleri sonrası pazarın da gelişmesini sağlamıştır.

Dünya üzerinde ambalaj makineleri sektöründe başı çeken ülkeler İtalya, Almanya ve Çin 2021 yılında ilgili sektörün %59,03’lük bir pazar payına sahip olmakla beraber, Türkiye bu sıralamada ilk 10’da olmamasına rağmen hitap ettiği çeşitli pazarlarda farklı rekabetçi güçlerle öne çıkmaktadır. Sektörün büyüme potansiyelini sürekli değerlendiren Türkiye, 2020’deki 189 milyon dolarlık payını 2021 yılı için 221 milyon dolara yükseltmiştir (Makinebirlik, 2022).

Türkiye ambalajlama sektöründe kullanılan makineler, ağırlıkla proje tipi üretimler için çeşitli tasarımlara göre üretilmektedir. Bu yüzden sektör içinde girdi ve çıktı çeşitliliği yaşanmaktadır. Bu tip üretim yöntemi aynı zamanda maliyetleri de arttırmaktadır. Sektörde rekabet avantajı özellikle talebe göre üretimle beraber, satış sonrası hizmetlerden sağlanabilmektedir. Sektörde seri üretim imkânları ancak belli ölçekte, KOBİ olmayan işletmeler için geçerli görülmektedir. Yaşanan değişimle beraber, ambalajlama makineleri üreticilerinin dijitalleşme ve teknolojik dönüşümü de yakından izlemek zorunda kalmaları, yetkin olmayan imalatçılar için dezavantajlı görülebilir. Bu sebepler, imalatçı işletmelerin başarılı olmalarını, imalatın öncesi ve sonrası bütün

süreçlerin istenildiği gibi tasarımlanmasını gerektirmektedir. Özellikle istenilen özelliklerde girdinin sağlanması, müşteriye sunulacak toplam değeri sürecin başından itibaren etkilemektedir.

İfade edilen sebepler ışığında, yeni krizlerin baş gösterdiği, değişken ve yoğun bir rekabet ortamında girdi tedarikçisi seçimi, bir işletmenin başarılı olması için oldukça önemlidir. Girdi tedarikçilerinin seçimi, bir değer zincirinin başlangıç aşaması olarak nitelendirilirse, ardından gelen süreçlerin başarısı, dolayısıyla işletmenin rekabet avantajı elde edebilmesi için son derece önemli kararlar bütünü olduğu söylenebilir. Bir üretim işletmesinde tedarik zinciri, mal ve hizmetlerin tedarik aşamasından, üretimine ve tüketiciye ulaşıncaya kadar birbirini izleyen tüm faaliyetlerin ve fonksiyonların bütünüdür. Tedarik zincirinin amacı, üst seviyede müşteri memnuniyetiyle birlikte, en iyi yatırım ve kazancı elde etmektir (Özdemir, 2010). Tedarik zinciri yönetimi ise bir üreticinin müşteri gereksinimlerini verimli bir şekilde karşılamak üzere, tedarikçilerinden kendisine ve kendisinden dağıtıcılar aracılığıyla müşterilerine doğru gerçekleşen malzeme ve bilgi akış, planlama, tasarım ve kontrolünü içerir (Büyüközkan ve Vardaloğlu, 2008). Tedarikçiler, üretim işletmeleri ve dağıtım kanalı üyeleri gibi pek çok farklı yapının belirli amaçlar için beraber çalışmasını gerektiren bu süreç, tüketici için sunulan değerler toplamını maksimize etmek amacındadır. Bu sebeple işletmeler, sürecin en başında yer alan girdi sağlayıcılarıyla uzun vadeli yakın ilişkiler geliştirmek ister. İşletmelerin tedarik zincirlerinin önemli bir aşaması olan tedarikçilerin seçimi, tedarikçilerin belirlenme, değerlendirilme ve seçilmesi sürecini ifade eder. Tedarikçi seçimi, işletmelerin rekabet gücünü arttırmak için kritik öneme sahiptir ve çok farklı kriterlere göre, farklı alternatifler arasından tedarikçilerin değerlendirilmesini gerektirir (Cristea ve Cristea, 2017). Bu süreç tedarik zinciri yönetiminde en önemli karar verme sorunlarından biridir. Bu nedenle, doğru tedarikçiyi seçmek, bir organizasyondaki başarıyı veya başarısızlığı belirlemede önemli bir rol oynar (Rouyendegh ve Erol, 2010).

Tedarikçi seçimi çok kriterli bir karar sürecidir ve birçok nicel ve nitel kriterin dikkate alınmasını içerisinde barındırır (Taherdoost ve Brard, 2019). Bu nedenle, bu çalışma, SCOR (Supply Chain Operations Reference-Tedarik Zinciri Operasyonları Referans) modeli, BAHP (Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi-Fuzzy Analitic Hierarchy Process) ve PROMETHEE II (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) tercih sıralamasını kullanarak Konya'da ambalajlama makineleri sektöründe tedarikçi seçim süreci için çok kriterli bir karar verme modeli (ÇKKV) geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu çalışmanın nihai katkısı, gıda ambalajlama makineleri sektöründe rekabet gücünü yükseltmek, müşteri değerini arttırmak ve üretim maliyetlerini minimuma indirmek için faaliyet gösteren işletmeler için faydalı bir araç olarak görülen tedarikçi seçiminde kullanılabilir bütünleşik çok kriterli bir karar verme modeli önermektir.

2. Literatür Taraması

Mal ya da hizmet üreten işletmeler açısından, küresel rekabet koşulları Covid-19 gibi krizler sebebiyle sürekli yeni bir boyuta taşınmaktadır. Bu ve benzeri durumlarda işletmeler, rekabet koşullarına uyum sağlayabilmek adına, kendilerine rekabet avantajı kazandıracak ve bu avantajların sürekliliğini sağlayacak kararlar vermek zorundadırlar. Tüketici istek ve gereksinimlerinin sürekli değişimi, gelişimi ve çeşitlenmesi, ürün yaşam döngülerinin kısılması, bilgi temelli teknolojilerin tüketicilere değer yaratmadaki rolleri, kurumsal bilgi sistemlerinin yaygınlaşması, işletmelere tedarik zincirlerini iyileştirme ve optimize etme konusunda ideal kararlar vermelerini şart koşmaktadır.

Rekabetçi üstünlüklere sahip olmak, benzersiz müşteri değeri yaratmayla mümkündür. Bu durum ise tedarik zinciri içerisinde yer alan bütün süreçlerin işletme amaçlarına uygun olmasıyla mümkün görülmektedir. Tedarikçi seçimi önemli bir stratejik karardır. Çünkü uygulayıcılar, üretim maliyetlerinin %60'ının hammadde tedarikçilerine bağlı olduğunu savunmaktadırlar (Arabsheybani vd., 2018). Bu durum da tedarikçi seçiminin birçok işletme için üretim ve lojistik yönetiminin en önemli bileşenlerinden biri olduğu fikrini desteklemektedir. Yanlış bir tedarikçi seçimi, işletmelerin finansal ve operasyonel durumunu alt üst etmeye yetebilir (Önüt vd., 2009). Tedarikçi seçimi, sermaye yatırımı, ticari uygulanabilirlik, kâr marjı ve bir organizasyonun kurumsal-sosyal imajını etkilediği için tedarik zinciri yönetiminin önemli ve taktiksel bir parçasıdır (Luthra vd., 2017). Tedarikçi seçimi problemleri, rekabet gücünü arttırabilmek için “satıcı” olarak da bilinen bir dizi tedarikçinin performansını analiz etmek ve ölçmek için model ve yöntemlerin tanımlanmasından oluşur. Tedarikçi seçimi problemi, tipik olarak hem niteliksel hem de niceliksel ölçümleri içeren çelişen kriterlere sahip bir ÇKKV problemidir (Şenvar vd., 2014).

Birçok akademik yayında, çeşitli yöntemlerle tedarikçileri farklı kriterlerle dikkate alarak, değerlendirme ve seçimlerini içeren uygulamalar ve öneriler söz konusudur. Önüt vd. (2009) Türkiye'de GSM sektöründe faaliyet gösteren bir telekomünikasyon şirketine, belirsizliğin olduğu bulanık ortamda yardımcı olmak için ANP (Analytic Network Process Analitik Ağ Prosesi) ve TOPSIS (İdeal Çözüme Benzerlik) yöntemlerine dayalı sipariş performansı tekniğine dayalı bir entegre tedarikçi değerlendirme yaklaşımı önermiştir.

Yazdani vd. (2017), çeşitli çevresel performans gereksinim ve kriterlerini dikkate alarak yeşil tedarikçi seçimi için entegre bir yaklaşım ortaya koymuşlardır. Araştırmada, DEMATEL yöntemi yardımıyla müşteri gereksinimleri arasındaki karşılıklı ilişkileri ele alan bir yaklaşım önerilmiştir. Her bir tedarikçinin seçim kriteri çiftleri ve müşteri gereksinimleri arasındaki ilişkinin derecesini belirlemek amacıyla QFD (Quality Function Deployment - Kalite Fonksiyon Dağılımı) modeli kullanılarak merkezi bir ilişki matrisi oluşturulmuştur. Son olarak, alternatif tedarikçileri önceliklendirmek ve sıralamak için COPRAS metodu uygulanarak önerdikleri

metodolojinin potansiyel ve uygunluğunu ortaya çıkarmak için bir vaka çalışması sunmuşlardır.

Stević vd. (2020), Bosna Hersek'te sağlık sektöründe sürdürülebilir tedarikçi seçimi için Uzlaşma Çözümü (MARCOS) yöntemine göre yeni bir alternatif ölçümü ve sıralama geliştirilmiştir. Yöntemin avantajları, başlangıç matrisinin oluşumunun en başında ideal ve ideal olmayan bir çözümün dikkate alınması, fayda derecesinin her iki çözüme göre daha yakından belirlenmesi ve faydanın belirlenmesi için yeni bir yol önerilmesidir. İlgili çalışmada, sağlık sektörü için sürdürülebilir bir tedarikçi seçimi vaka çalışması yapılmış, bu amaç için sürdürülebilirliğin tüm yönlerini karşılayan 21 kritere göre sekiz alternatifin sıralanması gerçekleştirilmiştir.

Haldar vd. (2012), bir afet ortamında tedarikçi seçimi için nicel bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Endüstriyel senaryoda, birbiriyle çelişen kriterler bir arada bulunduğundan, tedarikçi seçimini tasarlarken tüm seçim kriterlerini aynı anda karşılamak zorluğunun üstesinden gelmek amaçlı bir model önermişlerdir. Bu amaçla, tedarik zinciri tasarımı için karar vericilerin bir aksama senaryosu altında uygun bir tedarikçi seçmesine yardımcı olabilecek analitik bir çerçeve sunmuşlardır. Bunun için dört aşamalı süreçte, tedarikçinin ağırlıkları, başlangıçta genel seçim kriterleri için TOPSIS ve AHP metodolojisi kullanmışlar, ardından AHP-QFD metodolojisi kullanılarak, seçilen birincil tedarikçilerin her biri için ayrı ayrı SFM (Subjective Factor Measures - Sübjektif Faktör Ölçüleri)'ni belirlemişler, son aşamada ise tedarikçilerin her biri için OFM (Objective Factor Measure - Objektif Faktör Ölçüsü)'nü belirlemek üzere bir normalleştirme tekniği kullanmışlardır.

Tedarikçi seçimi çok yönlü bir stratejik karardır ancak sürekliliğin sağlanması ve riskler gibi faktörleri inceleyen çalışma sayısı nispeten azdır. Özellikle seçim kriterlerinin karar vericilerin yargısına bağlı, sübjektif kriterler olması ve her tedarikçi için ayrı ayrı en az bir seçim kriterinin hâkim olması, bu süreci çok karmaşık hale getirebilmektedir (Alikhani vd., 2019). Karar vermeyle ilgili sürekliliğin sağlanması için, bu süreçlerde karar vericileri desteklemek amacıyla genellikle çok kriterli karar verme yöntemleri uygulanmıştır. Bununla birlikte, tedarikçi seçim kararlarına metodolojik ve pratik perspektiften bakıldığında, süreklilik sağlanması ve kriterlerin değerlendirilmesi amacıyla çok sayıda farklı ve entegre modellerle yaklaşılmasının, her birinin diğerinden eksiklik yanlarının görülmesi olduğu söylenebilir.

AHP, ikili işlemlerde belirsiz koşulları dikkate alamaz. Genellikle muhakeme tutarsızlığı, doğruluğu ve zayıf önceliklendirme yöntemi nedeniyle eleştirilir. PROMETHEE II ise ancak ağırlık olarak adlandırılan karar vericiler tarafından oran ağırlığının önemi belirtilmiş ise kullanılabilir. Bu olumsuzlukların üstesinden gelmek için AHP - PROMETHEE II yöntemi oluşturulabilir. AHP, problemin modelini yorumlamak ve kriter ağırlıklarını analiz etmek için kullanılırken PROMETHEE II en yüksekte en düşüğe doğru tam bir derecelendirme elde etmek için kullanılabilir (Behzadian vd., 2010).

Deng vd. (2014), çalışmalarında, tedarikçi seçimi için fiyat, standart, hizmet kalitesi ve tedarikçi profili kriterlerini dikkate alarak bunlara “belirsizlik” kriterini eklemişlerdir. “D” sayıları olarak adlandırılan belirsiz bilginin yeni, etkili ve uygulanabilir bir temsiline dayanarak tedarikçi seçimi problemi için klasik AHP yöntemini genişleten bir D-AHP yöntemi önermişlerdir. Önerilen yöntemde, uzmanlar tarafından verilen ikili karşılaştırmaların karar matrisini temsil etmesi için D sayıları genişletilmiş, bulanık tercih ilişkisine yer verilmiştir. Önerilen yöntemin etkinliğini göstermek için açıklayıcı bir örnek sunulmuştur.

Dweiri vd. (2016), Pakistan'ın gelişmekte olan bir eyaletinde otomotiv endüstrisi örneğini kullanarak AHP'ye dayalı tedarikçi seçimi için bir karar destek modeli önermiştir. Bu amaçla, literatür taramasını kullanarak ana kriterleri (fiyat, kalite, teslimat ve hizmet) belirlemiş ve AHP kullanarak uzmanların görüşlerine dayalı olarak ana kriterleri sıralamıştır. İkinci aşamada, alt kriterlerin belirlenmesi ve ana kriterlere göre sıralanması gerçekleştirilmiştir.

Chen vd. (2010), üçüncü taraf lojistik hizmet tedarikçisi seçim süreci için hibrit bir çerçeve sunmuşlardır. Yazarlar, sektör uzmanlarından, müşterilerden ve operasyonel verilerden alınan kriterlere dayalı olarak potansiyel lojistik hizmet sağlayıcılarını sıralamak için dilbilimsel PROMETHEE'yi maksimum sapma yöntemiyle birlikte kullanarak hibrit bir karar verme modeli geliştirmişlerdir.

Strantzali vd. (2019), ihracat terminallerinin kapasitelerini tespit edebilmek ve Yunanistan'daki doğal gaz tedarikinin tarihsel seyrini belirleyebilmek amacıyla PROMETHEE II'yi kullanmışlardır. Araştırmacılar ayrıca, basit bir kullanım ve azaltılmış karmaşıklıkla birlikte alternatifleri belirlemek için doğrudan teorinin kullanıldığı PROMETHEE II'yi kullanarak net bir ön sipariş miktarı hesaplamışlardır.

Agrawal (2022), nihai olarak karar verme hatalarını önleyen tüm mevcut alternatifleri sıralamak için en belirgin yöntem olarak nitelenen ve sıklıkla kullanılmayan PROMETHEE II yöntemini keşfetmek amacıyla, tedarikçi seçiminde bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, PROMETHEE II yaklaşımının artı ve eksileri diğer ÇKKV yöntemlerine kıyasla vurgulanmıştır.

Shakey (2006), tedarikçi seçim süreçlerini desteklemek için hibrit bir AHP - PROMETHEE II çok kriterli karar verme modeli sunmuştur. Çalışma sonucu, hibrit modelin, toplam satın alma değerini maksimize eden, seçilen tedarikçi arasındaki sipariş miktarlarının optimum dağılımını hesaplayabildiğini göstermiştir.

Polat (2016), inşaat projelerinde proje görevlerini yerine getiren inşaat taşeronlarını konu aldığı çalışmada, alt yüklenici seçim problemi için AHP ve PROMETHEE'yi birlikte kullanan entegre bir karar yaklaşımı önermiştir.

Bansal vd. (2013), bir AHP - PROMETHEE hibrit modelinin, üçüncü taraf lojistik hizmet tedarikçisi seçim süreçleri için etkin bir araç olduğunu öne sürmüşlerdir. AHP'yi kriterlerin ağırlıklarını hesaplamak için kullanılırken, potansiyel tedarikçileri performanslarına göre sıralamak için PROMETHEE yöntemini kullanmışlardır.

Roy vd. (2020), taşıma kriterleri ile sürdürülebilir tedarikçi seçimi için bir çerçeve önermişlerdir. Çalışmalarında, BAHP ve PROMETHEE kullanarak sürdürülebilir tedarikçi seçim yöntemlerini değerlendirmişlerdir. Literatür taraması ve uzman görüşlerine dayanarak 20 sürdürülebilir tedarikçi için seçim kriterlerini ekonomik, çevresel, sosyal ve ulaşım boyutlarına göre gruplandırılmışlar, daha sonra kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için BAHP ve tedarikçileri sıralamak için PROMETHEE yöntemi kullanmışlardır. Önerdikleri çerçeve, Bangladeş'te bir hazır giyim firmasında uygulanmıştır. Bu vaka çalışması sonucu, ürün fiyatı, ürün kârı, ürün kalitesi, çevre yönetim sistemi ve yeşil ambalajlama/etiketlemenin sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterlerinin ilk beşi olduğunu ifade etmişlerdir.

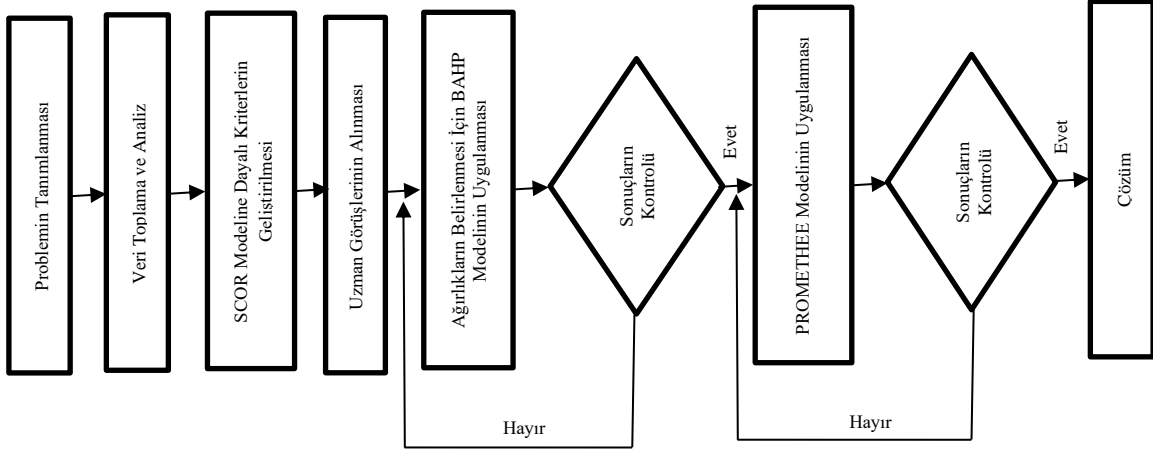
Başka bir çalışmada Tushar vd., (2022), BAHP ve PROMETHEE II yöntemlerinin bir kombinasyonunu inşaat sektöründe uygulamışlardır. Bu bağlamda, inşaat sektöründeki tedarikçilerin seçiminde karar verme çerçevelerinin çoğunun, maliyet, teslimat ve kalite gibi kriterlere öncelik verdiğini ifade etmişlerdir. Sürdürülebilirliği sağlamaya ve çevresel etkiyi azaltmaya yönelik mevcut gerçeklik sebebiyle, işletmelerin “döngüsel ekonomi” ilkelerini giderek daha fazla benimsediklerini belirterek, bir BAHP - PROMETHEE II yöntemlerinden oluşan entegre bir ÇKKV çerçevesi önermişlerdir. Önerilen çerçevede, BAHP ilk önce her kriter ve alt kriterin ağırlığını belirlemek için kullanılmış, ardından, tedarikçileri en iyiden en kötüye sıralamak için PROMETHEE II uygulanmıştır. Sonuçlar, zamanında teslimat, spesifikasyonlara uygunluk ve ret oranının tedarikçi seçiminde ilk üç kriter olduğunu ortaya koymuştur. Ek olarak, ilk üç döngüsel tedarikçi seçim kriteri arasında kirlilik kontrol girişimleri, yeşil paketleme, çevresel düzenleme ve standartlara yönelik tepkiler yer almıştır. Bu yaklaşımın sonucu, başka bir ÇKKV yöntemi kullanarak önerilen yaklaşımın doğruluk ve etkinliğini onaylayan WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product Assessment - Ağırlıklı Toplam Ürün Değerlendirme) yöntemiyle karşılaştırılmıştır.

Literatür incelemesinin gösterdiği gibi, ÇKKV yöntemleri birçok sosyal ve teknik alanda uygulanmıştır. Tedarikçi seçimi, karar vericilerin hem niteliksel hem de niceliksel olarak değerlendirme yapması gereken bir süreçtir. Dolayısıyla, en uygun tedarikçi seçiminde ÇKKV modellerinin uygulanması uygundur. Bu çalışmada, karar verme hatalarını minimize etmek ve araştırmacıların daha net kararlar verebilmesine yardımcı olabilmek (Wang vd., 2018a; Liao vd., 2018) amacıyla BAHP ve PROMETHEE II yönteminin kombine bir uygulaması önerilmiştir. Bu kombine uygulama, SCOR metriklerinde belirtilen kriterlerden hareket ederek uygulanmıştır. Sonuç olarak, bu çalışmanın özgünlüğü, SCOR metriklerinden hareketle belirlenen

kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi ve ardından tam sıralama yapılarak tedarikçi seçiminde kullanılabilir bir model önerilmesidir.

3. Araştırmanın Yöntemi

Bu çalışmada, tedarikçi seçimi için bütünleşik bir ÇKKV modeli uygulanmıştır. Çalışmanın izlediği süreç Şekil 1:'de gösterildiği gibi bir dizi adımlardan oluşturulmuştur.



Şekil 1: Araştırmada İzlenen Yol

3.1. Araştırmanın Teorik Temelleri

3.1.1. SCOR Modeli

İşletmelerde, stratejik ve operasyonel amaçları birleştirme işlemi gerçekleştirilirken birbirlerinden farklı birimlerde bulunan performans parametre değerlerinden dolayı toplam tedarik zinciri performans değerine ulaşmada zorluk yaşanır ve bu başlıca sorunlardan biridir (Yıldız ve Ahi, 2020). Tedarik zinciri yönetimi, işletme süreçleri ile girdilerin ve çıktıların istenilen şartlara uygun biçimde hareketini organize eden entegre bir araç olarak ifade edilebilir. Dolayısıyla, bir çok farklı seçenek içerisinde rasyonel kararlar vererek doğru bir yönetim mekanizması oluşturmak zor bir uğraştır. Bununla beraber, bir değer zinciri olarak oluşturulan mekanizmanın standartlarının oluşturulması ve performansının ölçülmesi için de ayrı bir gayrete ihtiyaç vardır. Cooper vd.'ne (1997) göre, tedarik zincirinde katma değer yaratılması, müşteri ilişkileri yönetimi, müşterilere sunulacak hizmetin yönetimi, taleplerin yönetimi, siparişlerin alınması, imalat süreçleri yönetimi, tedarikçi ilişkileri yönetimi, ürün iyileştirme ve tanıtma ile gelir yönetimi, tedarikçilerden son kullanıcıya kadar olan entegre edilmesi gereken iş süreçleridir.

Endüstride daha kolay ve verimli tedarik zinciri yönetimi uygulamaları için SCOR modeli geliştirilmiştir. Bu model tedarik zinciri yönetimi için standart kabul edilmiş, dünyadaki ilk temel performans modeli olmuştur (Büyüközkan, 2008). Ardından, tedarik zinciri yönetiminde performans ölçüm ve değerlendirilmesinde birçok farklı yöntem sunulmuştur. Ancak özellikle standart karşılaştırma tanımlamaları oluşturan bir yöntem olarak SCOR modeli oldukça yaygın kullanılan bir yöntem olarak kabul edilmiştir. SCOR referans modeli tedarik zincirini standartlaştırmak, süreç gelişiminde alt yapı oluşturmak, zincir performansında endüstriyel karşılaştırmalar yapmak, zincirin iletişim ve bilişim sistemlerini değerlendirmek, rekabetçi üstünlük sağlamak amacıyla geliştirilmekte ve uygulanmaktadır (Yılmaz vd., 2020). SCOR modeli siparişin alınmasından ödenmesine kadar sipariş boyunca müşteri ilişkilerini, malzeme, yedek parça, yazılım gibi fiziksel malzemeleri ve talep tahmininden siparişin ulaşmasına kadar bütün pazar faaliyetlerini planlama, tedarik, üretim, dağıtım, iade ve mümkün kılma olmak üzere altı temel süreç kapsamında ölçmektedir (Kocaoğlu, 2009). İşletmeler SCOR modeli ile bahsedilen süreçlerde bir dizi detayın, performans ölçütü sağlayacak, tedarik zincirlerinin çeşitli yönlerine ilişkin bilgilere dayalı kapsamlı bir analizini yapabilmektedirler. SCOR modeli tedarik zinciri konfigürasyonlarını tanımlama, ölçme ve değerlendirme amaçlı da kullanılmaktadır. Bu amaçlar aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Tarman, 2010).

- *Tanımlama:* Standart SCOR süreç tanımları hemen hemen tüm tedarik zinciri çeşitlerinin belirli bir şekilde düzenlenmesine olanak sağlamaktadır.
- *Ölçme:* Standart SCOR ölçütleri tedarik zinciri performansını ölçme ve kıyaslamaya imkân tanımaktadır.
- *Değerlendirme:* Tedarik zinciri konfigürasyonları sürekli iyileştirme ve stratejik planlamayı desteklemek için değerlendirilebilir.

SCOR modelinin uygulanması, tanımlar, süreç öğeleri ve ölçümleri standartlaştırdığı için bir tedarik zincirindeki ortaklar arasında ortak bir dil sağlar. SCOR modelinin ana performans özellikleri Tablo 1'de ki gibidir.

Tablo 1: SCOR Modelinin Performans Özellikleri (APICS, 2018)

Performans Özelliği		Tanım
İşletme Dışı	Güvenilirlik	Siparişlerin en iyi şekilde yerine getirilmesi yeteneğidir. Görevlerin beklendiği gibi yerine getirilmesini ifade eder. Örneğin, doğru ürünün, istenilen miktar ve kalitede, zamanında, doğru müşteriye teslimat performansdır.
	Yanıt verebilirlik	Çevrim süresi gibi müşterilerin isteklerinin yerine getirilmesi hızıdır.
	Esneklik	Çeviklik ve uyarlanabilirlik gibi rekabet avantajı elde etmek için dış etkilere ve pazar isteklerine hızla cevap verebilmedir.
İşletme İçi	Maliyet	Özellikle malzeme, işçilik, işlem ve nakliye maliyetlerini içeren işletme maliyetlerini ifade eder.
	Varlıklar	Envanter, fon ve finansal kaynakları etkin kullanma becerisidir. Müşterilerin, işletme kapasitesinden taleplerinin kaynaklık ettiği varlıkları değerlendirebilmesidir.

SCOR modelinde metrikler, bir sürecin performans ölçüm standardı olarak ifade edilebilir. SCOR, üç adet önceden tanımlanmış metrik seviyesini kabul eder. Seviye 1-3 arası metrikler performans analizi ya da ayrıştırma olarak ifade edilebilir. Seviyelere göre metrikler aşağıdaki gibidir (SCC, 2010):

- *Seviye 1 metrikleri*; tedarik zincirinin genel durumunu kapsayan stratejik metrikler ve/veya anahtar performans göstergeleri (APG) olarak bilinir. Seviye 1 metriklerinin karşılaştırmalı değerlendirilmesi, stratejik hedefleri destekleyen gerçekçi hedefler belirler.

- *Seviye 2 metrikleri*; seviye 1 metriklerini stratejilerine ayrıştırır. Tanı ilişkisi, bir seviye 1 metriğinin performans ölçümünün kök sebeplerini belirlemeye yardımcı olur.

- *Seviye 3 metrikleri*; seviye 2 metriklerini uygulayabilmek için yapılması gereken adımları açıklar.

Ayrıştırma, bir metriğin alt basamaklar biçiminde süreçlere ayrılması ve alt süreçlerden üst metriğe ulaşılmasını sağlar. Yani seviye 1 süreçleri ve seviye 2 süreçlerine bağlıdır. Tedarik Zinciri Konseyi, dengeli bir karar verme ve denetim sağlamak üzere, tedarik zinciri puan kartlarının her bir performans tutumu için en az bir metrik içermesini tavsiye eder.

3.1.2. AHP, Bulanık Küme Teorisi ve BAHP

Karar verme problemi en genel anlamda; bir seçenek kümesinden en az bir amaç veya faktöre göre en uygunun seçimi, şeklinde tanımlanabilir. Buna göre bir karar probleminin elemanlarını; karar verici, alternatifler, faktörler, sonuçlar, çevre ve karar vericinin öncelikleri oluşturur. En basit halde bir karar problemi, bir hedef ve bu hedefi etkileyen faktörler dikkate alınarak alternatifler arasından en iyi alternatifin seçilmesi olarak düşünülebilir (Saaty, 1980). AHP’de, karar vericinin amacı doğrultusunda, faktörler ve ona ait olan alt faktörlerin belirlenip, hiyerarşik yapının oluşturulması ilk adımdır. AHP ile karar vericilerin farklı psikolojik ve sosyolojik durumlardaki gözlemleri de dikkate alınarak kendi karar verme mekanizmasını tanıma olanağı sağlanmaya çalışılmaktadır. Bu yöntemle karar vericilerin daha etkin karar vermeleri amaçlanmaktadır (Dağdeviren vd., 2004). AHP’de, öncelikle amaç belirlenir ve bu amaç doğrultusunda seçimi etkileyen faktörler saptanmaya çalışılır. Bu aşamada seçimi etkileyen tüm faktörlerin belirlenebilmesi için anket çalışmasına veya bu konuda uzman kişilerin görüşlerine başvurulabilir. Daha sonra belirlenen bu faktörler dikkate alınarak potansiyel alternatifler belirlenir (Saaty, 1980).

AHP temelde dört aşamadan oluşur. Birinci aşama; karar verme probleminin tanımlanmasıdır. Bir karar verme probleminin daha kolay anlaşılması ve değerlendirilebilmesi için hiyerarşik bir düzende alt kriterler/problemler belirlenir. Problemin temel amacı ile ilgili çok sayıda kriter belirlenebilir ve bu kriterler de alt kriterlerden oluşabilir. Karar hiyerarşisi nihayetinde hedefe ulaşılmasını sağlamalıdır. Hiyerarşinin en altında ise karar alternatifleri yer almaktadır (Kuruüzüm ve Atsan, 2001).

İkinci aşamada ikili karşılaştırmalar ile AHP çözümüne devam eder. İkili karşılaştırma, karar vericinin yargıları çerçevesinde kriterlerin birbirleriyle karşılaştırılmasına dayanır. Farklı kriterler Tablo 2:'de gösterildiği gibi ikili karşılaştırmalar yapılarak bir matris oluşturulur.

Tablo 2: Kriterler İçin İkili Karşılaştırmalar Matrisi Oluşturulması

	Kriter 1	Kriter 2	Kriter 3	..	Kriter j
Kriter 1	w1/w1	w1/w2	w1/w3	..	w1/wj
Kriter 2	w2/w1	w2/w2	w2/w3	..	w2/wj
.. / ...
Kriter İ	wi/w1	wi/w2	wi/w3	..	wi/wj

Matristeki w_i / w_j terimleri, amaca ulaşmak için i. kriterin j. kriterinden ne kadar daha önemli olduğunu ifade eder. Bu değerlendirmede Tablo 3:'te gösterilen ölçek kullanılmaktadır. Örneğin, bu değer 7 ise, i. kriterin j. kriterine göre kuvvetli düzeyde önemli olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumda benzer şekil j. kriter de i. kriterine göre 1/7 düzeyinde önemli olmaktadır. Bu matrisin köşegeni üzerindeki matris bileşenleri 1 değerini alır ($i=j$) (Özdemir, 2002). Bu ifadelerle göre AHP'nin, kriterleri sıralamak için ikili karşılaştırma matrisi kullanarak karmaşık ve net olmayan yapılandırılmış sorunları basitleştiren bir yöntem olduğu söylenebilir.

AHP temelde, alternatiflerin etkinlik sırasına göre sıralanması avantajına sahiptir. AHP modelinde, standartlaştırılmış karşılaştırma ölçeğinin dokuz düzeyine dayalı olarak bir araya getirilmiş birçok ikili karşılaştırma metriği vardır. 1 ile 9 arası bir ölçek kullanılarak, ölçülen ikili karşılaştırma matrisine göre hiyerarşinin tüm seviyelerinde öncelik düzeyini seçmek için AHP yöntemi uygulanabilir (Jamehshooran vd., 2015).

Tablo 3: AHP'de Önem Ölçeği Değerleri

Değer	Tanım	Açıklama
1	Eşit Önemli	İki seçenek de eşit derecede öneme sahip
3	Biraz Önemli	Tecrübe ve yargı, bir kriteri diğerine karşı biraz üstün kılmakta
5	Fazla Önemli	Tecrübe ve yargı, bir kriteri diğerine karşı oldukça üstün kılmakta
7	Çok Fazla Önemli	Bir kriter diğerine göre üstün sayılmıştır
9	Aşırı Derecede Önemli	Bir kriterin diğerinden üstün olduğunu gösteren kanıt çok büyük güvenilirliğe sahiptir
2,4,6,8		Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerler

Kaynak: Saaty, T.L., (1980).The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York,37-85.

AHP'de üçüncü aşama, karşılaştırılan her unsurun göreceli önemlerinin hesaplanmasıdır. Bu hesaplamada kriter sayısı arttıkça çözüm karmaşıklaşır ve uzun

zamanlar alabilir. Hesaplama, en büyük özdeğer ve bu özdeğere karşılık gelen özvektör hesaplanır ve normalize edilir. Normalizasyon için, her sütunun elemanları, o sütunun toplamına bölünür. Elde edilen değerlerin satır toplamı ise bu toplam satırdaki eleman sayısına bölünür. Bu şekilde her kriter için, öncelik vektörleri hesaplanır (Kuruüzüm ve Atsan, 2001). AHP’de nihai aşamada kararların tutarlılığı kontrol edilir. Tutarlı olmak rasyonel karar verebilmek için önemlidir. Ancak bu tutarlılığın subjektif olduğu akıldan çıkartılmamalıdır. AHP’den mükemmel düzeyde tutarlılık beklenemez. Bu aşamada, tutarsızlığı dikkate almak için her yargılamada tutarsızlık ölçülmelidir. Bu ölçümde, Saaty tarafından önerilen bir “*Tutarlılık Oranı*” (CR) kullanılmaktadır (Saaty, 1980). İkili karşılaştırmalar matrisi ile buna yönelik öncelik vektörü çarpılır. Bu şekilde elde edilen vektöre ağırlıklandırılmış toplam vektör denir. Elde edilen bu değer her bir elemanı, buna karşılık gelen öncelik değerine bölünür. Elde edilen değerlerin aritmetik ortalamaları tespit edilerek maksimum özdeğer elde edilir ve λmax simgesi ile gösterilir. Ardından 1. formül kullanılarak “*Tutarlılık Göstergesi*”, daha sonra 2. formül kullanılarak “*Tutarlılık Oranı*” hesaplanır.

$$\text{Tutarlılık Göstergesi } CI = (\lambda max - n)/(n - 1) \quad (1)$$

$$\text{Tutarlılık Oranı } RI = \frac{(\text{Tutarlılık Göstergesi})}{(\text{Rassalık Göstergesi})} \quad (2)$$

Tablo 4: Rassalık Tablosu

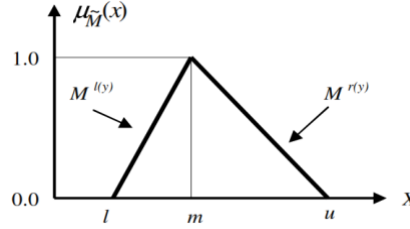
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Rassalık	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

AHP yöntemi oldukça sık kullanılan çok kriterli yaklaşımlardan biri olmasına karşın karar vericilerin düşüncelerini ele almada tam değerlerin kullanılmasına kuşkuyla bakılmakta ayrıca bu teknikte kullanılan yargı ölçeği de ikili karşılaştırma sürecindeki belirsizlikleri ve dikkatsizlikleri ele almadaki yetersizliğinden dolayı sıklıkla eleştirilmektedir (Kargın, 2010).

Bulanık teoriyi kullanan Analitik Hiyerarşi Prosesi, AHP’ye dayalı olarak daha da geliştirilmiştir. 1965’te Zadeh, belirsiz çevre koşullarında kullanım için bir BAHP önermiştir. BAHP, bulanık küme teorisinin uygulanmasıyla, belirsizliğin daha iyi anlaşılmasına ve daha iyi tahmin edilmesine yardımcı olabilmektedir. Teori, matematiksel işlemler ve programlamayı bulanık alanda uygulamaya da elverişlidir (Akman ve Alkan, 2006). Bir bulanık küme, her bir elemanı 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecesine sahip bir fonksiyon ile tanımlanır. Bu üyelik dereceleri, bir bulanık küme için süreklilik arz eder (Wang vd., 2018b).

Bulanık küme mantığında küme aitlik derecesi (μ) ile gösterilir ve 0 ile 1 arasında değer alır. “0” değeri kesin olarak kümeye ait olmamayı, “1” değeri ise kesin olarak kümeye ait olmayı ifade eder. Ancak aitlik, geleneksel küme yaklaşımına göre

düşünülürse en büyük üyelik derecesine sahip ortalamaya yakın öğelere 1 değeri atanır. Bu durumda diğerlerinin 0 - 1 arasında olduğu ve ondalıklı olarak sürekli değiştiği sonucunda varılır. Bu bağlamda, 0 ile 1 arasındaki değişimin, her bir öge için değerine “üyelik derecesi”, bunun bir alt küme içindeki değişimine ise “üyelik fonksiyonu” denir. Kümeye aitlik derecesi üçgen, yamuk, Gauss eğrisi gibi standart fonksiyonlarla tanımlanabildiği gibi çok farklı fonksiyonlar da kullanılabilir. Genellikle karar vericiler açısından kullanım ve hesaplama kolaylığı sebebiyle üçgensel üyelik fonksiyonu yaygın olarak kullanılır. Bir bulanık üçgensel sayı $(l/m, m/u)$ veya (l, m, u) biçiminde ifade edilir. Bu aşamada, l , m ve u ifadeleri sırasıyla bulanık bir olayda en düşük olasılığı, net değeri ve en yüksek olasılığı ifade eder (Karğın, 2010). Dilsel değişken, değerleri anadildeki cümleler olan değişken ya da kelime ile kelime gruplarını sayılar gibi kullanan değişkendir. Dilsel değişkenlerden karmaşık olan ya da iyi tanımlanmamış durumları nicel olarak ifade etmede yararlanır. Bulanık kümelerin ana enstrümanı bulanık sayılardır (Küçük ve Ecer, 2007). Bu çalışmada, üçgen bulanık sayılar kullanılmıştır. Şekil 2:'de üçgensel bir bulanık sayının üyelik fonksiyonları görülmektedir.



Şekil 2: Üçgensel Bulanık Sayı \tilde{M}

Bir üçgensel bulanık sayının sağ ve sol üyelik derecesi değerlerine göre lineer gösterimi şu şekildedir:

$$\mu(x|\tilde{M}) = \begin{cases} 0 & x < l, \\ (x-l)/(m-l) & l \leq x \leq m, \\ (u-x)/(u-m) & m \leq x \leq u, \\ 0 & x > u. \end{cases} \quad (3)$$

Karar verme problemindeki en önemli sorunlardan biri, belirsizliğin (bulanıklığın) olmasıdır. Çözülmesi istenen problemde belirsizlik varsa, bu belirsizliğin tolere edilebilmesi gerekir. Çeşitli problem tiplerini çözmek için birçok BAHP metodu kullanılmaktadır. Geleneksel BAHP yöntemleri yorucu aritmetik hesaplamaları kullanarak operasyonlardaki bulanık değerlerle ilgilenmektedir. Bu yöntemlerin diğer bir dezavantajı da kesin bir sonuca ulaşmak için fazladan durulaştırma işlemine gereksinim duyulmasıdır. Chang'in (1996) yaklaşımında, bulanık sayıların kesişimi yöntemiyle hesaplamalar yapıldığı için yukarıda bahsedilen dezavantajlar geçerli değildir. Bu yöntem farklı BAHP yöntemlerine göre adımları daha kolay, daha az zaman ve hesaplama gerektirmektedir.

$x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, bir ölçüt kümesi ve $U = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ bir amaç kümesi olsun. Chang'e (1996) göre, her bir ölçüt alınır ve her bir hedef için (gl) genişletilmiş analiz uygulanır. Böylece her bir ölçüt için m tane genişletilmiş analiz değerleri elde edilir. Bu değerler şu şekilde gösterilir:

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m \quad i = 1, 2, \dots \quad (4)$$

Burada tüm $M_{g_i}^j (j = 1, 2, \dots, m)$ 'ler üçgensel bulanık sayıdır. Chang'in genişletilmiş analizinin adımları aşağıdaki gibidir:

Adım 1: Ölçüt i'ye göre bulanık sentetik genişletmenin değeri şu şekilde tanımlanır:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (5)$$

Buradaki $\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$ değerini elde etmek için m genişletilmiş analiz değerine (6)'da görüldüğü gibi bulanık toplama işlemi uygulanır.

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (7)$$

Daha sonra (7)'deki vektörün tersi şu şekilde elde edilir:

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (8)$$

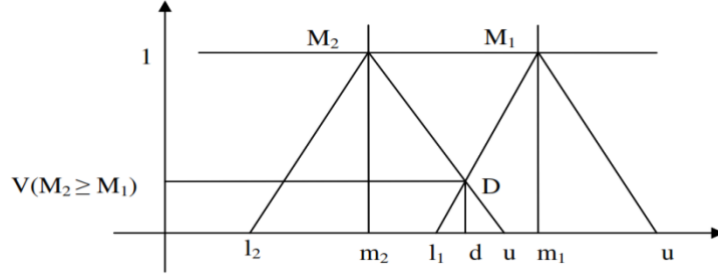
Adım 2: $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ 'in olabilirlilik derecesi aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min \mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y)] \quad (9)$$

Denk olarak (10)'daki gibi de ifade edilebilir:

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) \begin{cases} 1, & \text{eger } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{eger } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{diger} \end{cases} \quad (10)$$

Denk şekilde $V(M_2 \geq M_1)$ 'i, d , μ_{M_1} ve μ_{M_2} arasındaki en yüksek kesişim noktası D 'nin ordinatı olmak üzere Şekil 3:'te görüldüğü gibi ifade edilir.



Şekil 3: M1 ve M2 Arasındaki Kesişim Noktası

Adım 3: Bir konveks bulanık sayının k tane konveks bulanık sayıdan M_i ($i=1, 2, \dots, k$) büyük olmasının olabilirlik derecesi şu şekilde tanımlanır:

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ ve } (M \geq M_2) \text{ ve } \dots \text{ ve } (M \geq M_k)] \quad (11)$$

$$= \min V(M \geq M_i), i = 1, 2, \dots, k \quad (12)$$

$$D'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$$

Olduğunu varsayarsak, $k = 1, 2, \dots, n$; $k \neq i$ için ağırlık vektörü (13)'te görüldüğü gibidir.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (13)$$

Burada A_i ($i=1, 2, \dots, n$) n sayısı kadardır.

Adım 4: Normalize edilmiş ağırlık vektörleri, (14)'deki gibidir. Burada W , bulanık olmayan bir sayıdır.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (14)$$

3.1.3. PROMETHEE Yöntemi

Son zamanlarda, bir çok farklı konuda karar vermek için bir amaca yönelik değişkenlerden tespit edilen kriterlere uygun en iyi alternatifin seçilmesi için kullanılabilecek çok sayıda karar yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden birisi de PROMETHEE yöntemidir. Geleneksel PROMETHEE yöntemi, en başarılı şekilde uygulanan çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. Brans (1982) tarafından tasarlanmış, Vincke ve Brans (1985) tarafından geliştirilmiştir. PROMETHEE yöntemi literatürde yer alan mevcut önceliklendirme yöntemlerinin uygulama aşamasındaki zorluklardan hareketle geliştirilmiş ve günümüze kadar bazı çalışmalarda kullanılmıştır. PROMETHEE yöntemi, tedarikçi alternatiflerini farklı tercih fonksiyonları ile değerlendirir. Yöntemin özelliği, alternatiflere ait hem kısmi öncelikleri hem de tam

öncelikleri elde etmesi ve daha ayrıntılı analize imkân vermesidir (Dağdeviren ve Eraslan, 2008).

PROMETHEE yöntemi, çok kriterli problemlerin çözümünde alanındaki en etkili ve en kolay yöntemlerden biridir. PROMETHEE yöntemine ek olarak PROMETHEE I ve PROMETHEE II yöntemleri geliştirilmiştir. PROMETHEE yöntemi, PROMOTHEE 1 (kısmi sıralama) ve PROMETHEE II (tam sıralama) olmak üzere, iki ana aşamadan oluşmaktadır. Ayrıca PROMETHEE III, IV, V ve VI gibi farklı yaklaşımlar da bulunmaktadır. PROMETHEE metodunun çok yaygın olarak başarılı bir şekilde kullanılmasının temelinde, matematiksel özellikleri ve kolay kullanımı gelmektedir (Ballı vd., 2007). PROMETHEE II versiyonu, kriter ağırlıkları hakkında önceden bilgi gerektiren uzun süreli bir yöntemdir. Karar vericinin, alternatifleri sıralamada kriterlerin önemini yansıtan bu ağırlıklara karar vermek için problem alanında bilgili bir uzman olduğunu varsayar. Bu, alternatiflerin sıralamasını değiştiren değişen kriter ağırlıklarına subjektif bir karakter verir (Singh vd., 2021).

PROMOTHEE yöntemini diğer çok değişkenli karar verme yöntemlerinden ayıran temel fark, değerlendirme faktörlerinin birbiriyle ilişkilerini gösteren önem ağırlıklarını ve her bir değerlendirme faktörünün kendi iç ilişkisini de dikkate almasıdır. Değerlendirme faktörlerinin iç ilişkisi, veri kümesinin dağılımıyla ortaya konur ve 5 yöntemde bu amaçla 6 farklı dağılım öngörülmüştür. PROMETHEE yönteminin başlangıçtan sonuç aşamasına kadar 7 adımı vardır. Bu adımlar ve içerdikleri formüller aşağıda sırasıyla verilmiştir (Şenkayas ve Hekimoğlu, 2013).

Adım 1: Karar matrisinin normalleştirilmesi

$$R_{ij} = \frac{[x_{ij} - \min(x_{ij})]}{[\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})]} \quad (15)$$

X_{ij} , j^{th} kriterine referansla i^{th} alternatifinin performans göstergesidir. Faydasız kriterler için, denklem (15) aşağıdaki gibi yeniden düzenlenebilir.

$$R_{ij} = \frac{[\max(x_{ij}) - x_{ij}]}{[\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})]} \quad (16)$$

Adım 2: Alternatifler arasındaki kriter değerlerindeki ikili farklılıklar hesaplanarak, diğer alternatiflere kıyasla i^{th} alternatifinin farklılıklarını belirler

Adım 3 : P_j (i, i') tercih fonksiyonu belirlenir. Bu aşamada Brans vd. (1986) altı ana tür genelleştirilmiş referans fonksiyonu önermişlerdir. Genelleştirilmiş bu fonksiyonlar; dünyadaki gerçek olaylarda karar vericiler için gereksiz farklılıklara ve

karmaşıklıklara neden olabilecek bazı tercihli parametrelerin iyi tanımlanmasını gerektirir. Bu sebeple, bu çalışmada basit bir tercih fonksiyonu benimsenmiştir.

$$\begin{aligned} P_j(i, i') &= 0 \text{ if } R_{ij} \leq R_{i'j}, \\ P_j(i, i') &= (R_{ij}, R_{i'j}) \text{ if } R_{ij} > R_{i'j} \end{aligned} \quad (17)$$

Adım 4: Kriterlerin ağırlıklarına göre toplu tercih fonksiyonunu belirlenir. Toplu tercih fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$$\pi(i, i') = \frac{\left[\sum_{j=1}^m w_j \times p_j(i, i') \right]}{\sum_{j=1}^m w_j \times p_j(i, i')}, \quad \text{burada } w_j, j^{\text{th}} \text{ kriterinin ağırlığıdır.} \quad (18)$$

Adım 5: Alternatif karar noktaları için pozitif (Φ^+) ve negatif (Φ^-) üstünlük değerleri hesaplanır.

$$\begin{aligned} \Phi^+(i) &= \frac{1}{n-1} \times \sum_{i'=1}^n \pi(i, i') \text{ with } i \neq i' \\ \Phi^-(i) &= \frac{1}{n-1} \times \sum_{i'=1}^n \pi(i', i) \text{ with } i \neq i' \end{aligned} \quad \text{burada } n, \text{ alternatif sayısıdır.} \quad (19)$$

Bu adımda, her alternatif (n-1), diğer alternatiflerle karşılaştırılır. Pozitif üstünlük değeri, alternatifin başkalarını ne kadar geride bıraktığını gösterirken negatif üstünlük değeri alternatifin başkaları tarafından ne kadar geri çekildiğini gösterir. Daha sonra, alternatif kısmi sıralama PROMETHEE I kullanılarak elde edilebilir veya tam sıralama PROMETHEE II kullanılarak elde edilebilir. Bununla birlikte, PROMETHEE II'nin kullanılması bazı tercih ilişkilerinin kaybına yol açabilir.

Adım 6: Alternatifler için bireysel net sıralama belirlenir. PROMETHEE II ile alternatifler için net öncelikler aşağıdaki şekilde hesaplanır. Hesaplanan net öncelik değeri ile alternatif kümesinde yer alan bütün alternatifler aynı düzlemde değerlendirilerek tüm alternatifleri içeren tam sıralama hesaplanır.

$$\Phi(i) = \Phi^+(i) - \Phi^-(i) \quad (20)$$

Adım 7: $\Phi(i)$ değerine dayalı tüm potansiyel alternatiflerin sıralaması hesaplanır. Burada, $\Phi(i)$ değerlerinde yüksek olan alternatifler iyidir. Dolayısıyla, en iyi alternatif en yüksek $\Phi(i)$ değerine sahip olan alternatiftir.

4. Vaka Çalışması ve Uygulama

Türkiye bir çok farklı bölgesinde sanayi üretim kapasitesine sahip bir ülkedir. Bu bölgelerden Konya ise bazı özellikleriyle öne çıkmaktadır. Uluslararası işletmeler tarafından tercih edilen önemli yatırım merkezleri arasında yer alan Konya OSB

(Organize Sanayi Bölgesi) ise Türkiye'nin en büyük OSB'leri arasında yer almaktadır. İlgili OSB'de yaklaşık 40 farklı sektörden işletme üretim yapmaktadır. 2022 verilerine göre sanayi bölgesinde yaklaşık 42 bin çalışan istihdam edilmekte ve 3000'e yakın ihracatçıyla 180'den fazla ülkeye ihracat yapılmaktadır. Konya ihracatı 36 ilin toplam ihracatından fazladır. İmalat sanayi ihracat payı ilin toplam ihracat içerisinde %95'ini karşılamaktadır. Konya en fazla dış ticaret fazlası veren 6. il konumundadır. İhracatın ithalatı karşılama oranı ise %228'dir. Konya 11 organize sanayi bölgesi, 24 Ar-Ge ve Tasarım Merkezi, 5 Üniversite ve 2 teknoloji geliştirme bölgesi ve Teknoloji Endüstri Bölgesi ile gelişmiş bir sanayi altyapısına sahiptir (KTSO, Erişim Tarihi: 04.01.2023).

Bütün bu bilgiler, dünya pazarlarına bir çok farklı sektörüyle hitap eden sanayi merkezinin, kapasite ve özellikleriyle tedarikçi seçim sorunları yaşamasını da açıklayabilmektedir. Genel olarak makine üretim sektörü, özelde ise gıda ambalajlama makineleri üretimi, ağırlıklı olarak proje bazlı çalışan bir sektördür. Bu bağlamda, çok çeşitli taleplerin istenildiği gibi karşılanması, doğru tedarikçilerle çalışılması ile mümkün görünmektedir. Girdi çeşitliliği ile dünya üzerindeki tedarikçi sayısı ve seçeneklerinin fazlalığı ilgili işletmelerin doğru ve sürdürülebilir kararlar vermesini zorlaştırmaktadır.

Bu çalışma, Covid-19 döneminde aşırı talep artışının yaşandığı gıda ambalajlama makineleri imalat sektörünü konu etmektedir. Çalışmayla, SCOR modeli, BAHF ve PROMETHEE II kullanarak Konya'da faaliyet gösteren gıda ambalajlama makineleri imalat sektöründeki üç fabrikanın tedarikçi seçim süreci için çok kriterli bir karar verme modeli (ÇKKV) geliştirmek amaçlanmıştır.

Vaka çalışmasına konu olan işletme bir aile işletmesi olarak toplamda aile bireylerine ait üç farklı makine fabrikasından oluşmaktadır. Bu üç farklı fabrika, ağırlıklı olarak belirli makinelerin üretiminde uzmanlaşmışlardır. Üç fabrikanın tedarik departmanlarından sorumlu ve uzman olan toplamda 9 uzman görüşü alınarak 10 farklı tedarikçi içerisinde optimal tedarikçi seçim kararı için bir öneri oluşturulma çalışmasına başlanmıştır. Model için uygun kriterler uzmanların fikirleri alınarak oluşturulmuştur. Bu bağlamda, tedarik zincirinde SCOR modelinin işletme içi ve dışı ana kriterlerinden hareketle, bu kriterlere ait alt kriterler oluşturulmuştur. Tedarikçi seçim sürecine yönelik tüm ana ve alt kriterler Tablo 5'de ki gibidir.

Tablo 5: SCOR Modeline Göre Belirlenen Tedarikçi Seçimi Alt Kriterleri

Sıra	Ana Kriterler	Alt Kriterler	Sembol
1	Güvenilirlik (A)	Doğru Miktarda Teslimat	A1
		Siparişleri Eksiksiz Karşılama	A2
		Teslimat Performansı	A3
2	Cevap Verebilirlik (B)	Sipariş Tamamlama Döngü Süresi	B1
		Teslimat Süresi	B2
		İşlem Döngü Süresi	B3
3	Esneklik (C)	Değişen Talep Miktarlarına Cevap Verebilme	C1
		Üretim esnekliği	C2

4	Maliyet (D)	Taşıma Maliyeti	D1
		İade İşlem Maliyeti	D2
		Malzeme Maliyeti	D3
5	Varlıklar (E)	Stok Gün Sayısı	E1
		Nakit Çevrim Süresi	E2
		Envanter Değeri	E3
		Varlık Döngüsü	E4

Vakaya konu olan işletmelerin tedarik departmanının 9 uzmanının Tablo 5:'de ifade edilen SCOR modelinin alt kriterlerini, önem derecelerine göre daha önce Tablo 2:'de gösterilen Saaty ölçeğindeki biçimde sıralamaları istenmiştir. Danışılan uzmanlarından gelen verilere dayanılarak, AHP modelinden ana kriterlerin bulanık karşılaştırma matrisi aşağıda Tablo 6:'daki gibi hesaplanmıştır.

Tablo 6: Ana Kriterler İçin Bulanık Karşılaştırma Matrisi

	A	B	C	D	E
A	(1,1,1)	(1,2,3)	(1/4,1/3,1/2)	(1/5,1/4,1/3)	(1,2,3)
B	(1/4,1/3,1/2)	(1,1,1)	(1/5,1/4,1/2)	(1/3,1/2,1)	(1,2,3)
C	(1/5,1/4,1/3)	(1,2,3)	(1,1,1)	(1,2,3)	(2,3,4)
D	(2,3,4)	(3,4,5)	(1/3,1/2,1/1)	(1,1,1)	(3,4,5)
E	(1,1/2,1/3)	(1/3,1/2,1)	(1/4,1/3,1/2)	(1/5,1/4,1/3)	(1,1,1)

Elde edilen değerler, “Üçgen Bulanık Numaralar” kullanılarak Tablo 7:'deki gerçek sayılara dönüştürülmüştür. Burada durulaştırma yapılmıştır. Birçok çalışmada durulaştırma katsayıları $\alpha=0.5$ ve $\beta=0.5$ olarak dikkate alınmıştır. Burada α , belirsiz ortam şartlarını ve β değerlendiricinin adil tutumunu temsil eder.

Tablo 7: Ana Kriterlerin Gerçek Sayı Karşılıkları

	A	B	C	D	E
A	1	2	1/3	1/4	2
B	1/3	1	1/4	1/2	2
C	1/4	2	1	2	3
D	3	4	1/2	1	4
E	1/2	1/2	1/3	1/4	1

Matrisin kriterlerin bireysel anlamda maksimum değeri (λ_{max}) ve ağırlık (w) aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$GK1 = \left(1 \times 2 \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{4} \times 2\right)^{\frac{1}{5}} = 0,803 \quad GK2 = \left(\frac{1}{3} \times 1 \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} \times 2\right)^{\frac{1}{5}} = 0,608$$

$$GK3 = \left(\frac{1}{4} \times 2 \times 1 \times 2 \times 3\right)^{\frac{1}{5}} = 1,246 \quad GK4 = \left(3 \times 4 \times \frac{1}{2} \times 1 \times 4\right)^{\frac{1}{5}} = 1,888$$

$$GK5 = \left(\frac{1}{2}x\frac{1}{2}x\frac{1}{3}x\frac{1}{4}x1\right)^{\frac{1}{5}} = 0,461 \quad \Sigma GK = 5.006$$

Ana kriterlerin bireysel ağırlıkları aşağıdaki gibidir:

$$w_1 = \frac{0,803}{5,006} = 0,16 \quad w_2 = \frac{0,608}{5,006} = 0,12 \quad w_3 = \frac{1,246}{5,006} = 0,25 \quad w_4 = \frac{1,888}{5,006} = 0,38$$
$$w_5 = \frac{0,461}{5,006} = 0,09$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1/3 & 1/4 & 2 \\ 1/3 & 1 & 1/4 & 1/2 & 2 \\ 1/4 & 2 & 1 & 2 & 3 \\ 3 & 4 & 1/2 & 1 & 4 \\ 1/2 & 1/2 & 1/3 & 1/4 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,16 \\ 0,12 \\ 0,25 \\ 0,38 \\ 0,09 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,758 \\ 0,606 \\ 1,56 \\ 1,825 \\ 0,408 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0,758 \\ 0,606 \\ 1,56 \\ 1,825 \\ 0,408 \end{bmatrix} / \begin{bmatrix} 0,16 \\ 0,12 \\ 0,25 \\ 0,38 \\ 0,09 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5,22 \\ 5,02 \\ 5,16 \\ 5,10 \\ 5,41 \end{bmatrix}$$

Ana kriter sayısı n = 5'tir. Bu durumda λ_{max} ve CI aşağıdaki gibidir :

$$\lambda_{max} = \frac{5,22 + 5,02 + 5,16 + 5,10 + 5,491}{5} = 5,18$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{5,18 - 5}{5 - 1} = 0,045$$

CR değeri rassalık tablosundan n=5 iken RI=1,12 olarak görüldüğü için;

$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,045}{1,12} = 0,04$ olarak hesaplanmıştır. Bu durumda, $CR = 0,04 \leq 0,1$ olduğundan, yeniden hesaplanarak değerlendirmeye gerek duyulmamaktadır. Aşağıdaki Tablo 8'de ana kriterlerin ağırlıkları gösterilmiştir.

Tablo 8: Ana Kriterlerin Ağırlıkları

Ana Kriterler	A	B	C	D	E	Ağırlık
A	1	2	1/3	1/4	2	0,16
B	1/3	1	1/4	1/2	2	0,12
C	1/4	2	1	2	3	0,25
D	3	4	1/2	1	4	0,38
E	1/2	1/2	1/3	1/4	1	0,09
CR=0,04						Toplam
						1

Bu durumda, her bir alt kriterin ağırlığı, ana kriterlerin ağırlıklarına göre hesaplanabilir. BAHP kullanılarak her bir alt kriterin hesaplanan ağırlıkları Tablo 9'da gösterilmiştir.

Tablo 9: Alt Kriterlerin Hesaplanan Ağırlıkları

Sıra	Alt Kriterler	Ağırlık	Sıra	Alt Kriterler	Ağırlık
1	A1	0,02	9	D1	0,04
2	A2	0,04	10	D2	0,11
3	A3	0,03	11	D3	0,08
4	B1	0,08	12	E1	0,05
5	B2	0,14	13	E2	0,02
6	B3	0,12	14	E3	0,13
7	C1	0,07	15	E4	0,04
8	C2	0,03		<i>Toplam</i>	1

Bir sonraki aşamada, potansiyel tedarikçileri değerlendirmek ve sıralamak için PROMETHEE II yöntemi uygulanmıştır. Daha önce ifade edildiği gibi 10 tedarikçi uygulamaya dahil edilmiştir. Yapılan hesaplamaların sonucu Tablo 10:'da gösterilmiştir:

Tablo 10: PROMETHEE II Yöntemi Sonucu Elde Edilen Nihai Sıralama

Tedarikçiler	$\Phi^+ i$	$\Phi^- i$	Φi	Sıralama
T1	2,17	1,53	-0,64	7
T2	1,23	2,05	0,82	2
T3	1,90	2,31	0,41	5
T4	1,43	2,82	1,39	1
T5	2,34	2,21	-0,13	6
T6	2,40	1,58	-0,82	10
T7	1,66	2,16	0,50	4
T8	2,59	1,90	-0,69	8
T9	1,87	1,08	-0,79	9
T10	2,04	2,71	0,67	3

5. Sonuç

İhracat verilerinde “Makineler ve Elektrikli Teçhizatlar” başlığı altında ifade edilen makine ticareti, dünya ticaretinin neredeyse dörtte birini teşkil etmektedir. Dünya makine ihracatının neredeyse %60'ını yapan beş ülke, bu ticaretin yaklaşık %40'ına hükmetmektedir. Türkiye dünyada 2021 verileri ile %2,69'luk payla makine ihracatında 14. sıradadır. Türkiye ekonomisi 2021 yılında %11 büyüme ile 225 milyar dolarlık ihracat gerçekleştirmiştir. Bu ihracat rakamları içerisinde makine imalat sektörü %22,8 oranında kendine yer bulmuştur. Türkiye makine sanayinin toplam satışları içerisinde illerin payları sırasıyla %29,3 İstanbul, %14,9 Ankara, %12,5 Bursa, %9,7 İzmir, %6,8 Kocaeli ve %6,2 oranı ile Konya gelmektedir (Makfed, 2022). Bu rakamlar Türkiye'nin makine imalat sanayiindeki önemiyle beraber, özelde büyüme potansiyeli ve rekabetçi üstünlükler elde etmek isteyen Konya makine imalatçılarının verimlilik, etkinlik ve rekabetçi güç açısından tedarikçi seçimine ne denli önem vermesi gerektiğini vurgulamaktadır. Özellikle son yıllarda makine sektörü ile akıllı sistemlerin daha fazla değer yaratır biçimde söz sahibi olmaları, uygun tedarikçi seçimi konusunda zorlukları da beraberinde getirmektedir.

Küresel rekabet, işletmelerin faaliyetlerini sürdürebilmeleri, müşteri beklentilerini en iyi şekilde karşılayabilmeleri, bu doğrultuda istenen kalite ve maliyette değerler sunmalarına bağlıdır. Bu durumda tedarik zinciri yönetimi, müşteriden siparişin alımından siparişin müşteriye teslimi ve satış-teslim sonrası hizmetleri zincirinin tümünü kapsayan faaliyetlerin etkin ve verimli biçimde gerçekleştirilebilmesini sağlayacak bir süreç yönetimidir.

2021 yılında Covid-19 salgını sebebi ile küresel anlamda kırılan tedarik zincirinde yeniden yapılanma çalışmaları hızlanmıştır. Bu dönemde yaşanan tedarikçi sıkıntıları özellikle gıda ambalajlama makine üreticilerinin arayışa girmelerine sebep olmuş, ardından krizlere rağmen girdi tedariki sağlayacak tedarikçilerin temin edilmesine yoğunlaşmışlardır. Özellikle bölge ve ülke içi başta olmak üzere yakın coğrafyalarda tedarikçi seçimi önem kazanmıştır. Bu durumda tedarikçi seçiminde, kapasite ve tedarikçi çeşitliği sağlanmasında karar verme zorlukları daha da fazla artmıştır. Tedarikçi seçim sürecinin temel amacı, satın alma risklerini azaltmak, alıcılar için toplam değeri maksimize etmek ve alıcılar ile tedarikçiler arasında yakın ve uzun vadeli ilişkiler geliştirmektir.

Bu çalışma, üç aşamadan oluşarak bir öneri ortaya koyma amacındadır. Önerilen modelin ilk aşamasında girdileri etkileyen kriterler SCOR modeline göre ortaya konmuştur. İkinci aşamada ise gıda ambalajlama makineleri imalat sektöründeki uzmanlar aracılığıyla kriterlerin bulanık bir ölçekte değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için kriter ağırlıkları BAHP modeli ile değerlendirilmiş ve son aşamada, uygulamanın zenginliğini sağlamak amacıyla, tedarikçilerin sıralanması ve en uygun tedarikçinin seçilmesi için PROMETHEE II yöntemi uygulanmıştır. Tablo 10'da sunulan PROMETHEE II sonuçlarına göre, tedarikçi sıralama listesinde ilk sırada T4, ikinci sırada T2 ve üçüncü sırada T10 numaralı tedarikçi ilk sıraları paylaşmıştır. Bu sonuçlara göre en ideal tedarikçinin 4. tedarikçi (T4) olduğu görülmektedir.

Tedarikçi seçimi maliyet, kalite ve miktar olarak en uygun girdi sağlayıcılarının seçildiği bir süreç gibi düşünülse de modern tedarik zinciri bunun çok ötesindedir. Bütün bu kriterler sabit olmak kaydı ile yenilikçi, teknolojik uyum ve süreklilik arz eden tedarikçilerin seçimi rekabet koşullarını işletmelerin avantajına çeviren kriterler olarak görülmektedir. Bu durumda tedarikçi performansı, yalnızca alışılmış kriterlerin yanı sıra, birden fazla kriter kullanılarak değerlendirmelidir. Günümüzde optimal tedarikçilerin seçimi, kaynak ayırma, satın alma risklerinin en aza indirilmesi, zamandan, sermayeden ve emekten tasarruf edilerek maliyetlerin düşürülmesi gibi daha iyiye yönelik yeni bakış açılarını içermektedir.

SCOR modeli, tedarik zinciri yönetimi standartlarını belirleyip performans ölçmeyi amaçlarken, bu arada uygulayıcılara tedarikçi seçimi için kriterleri de sunmaktadır. Uzmanlar tarafından belirlenen bu kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için BAHP modelini kullanılmış ve sonraki aşama için ön koşul olarak bir dizi kriter

oluşturmaya yardımcı olunmuştur. Ardından, PROMETHEE II yöntemi potansiyel tedarikçilerin tam olarak sıralamasını sağlamıştır. Bu sıralama sonucu en uygun alternatif tedarikçiler belirlenmiştir. PROMETHEE II, BAHP modeli uygulamasının devamında, uzman değerlendiricilerin sübjektifliğini azaltmış ve bulanık sayıları dönüştürdükten sonra BAHP'nin tam ağırlık setinin kullanılmasına yardımcı olmuştur. Bunlara ek olarak, PROMETHEE II, anlaşılması ve hesaplamaları kolay net sonuçlar verir. Buradan hareketle, nicel araştırmanın, veri ve istatistikleri modelleme, analiz etme ve net sonuçlar üretmeye yardımcı olduğu görülmüştür.

Araştırma sonucu, en uygun tedarikçiyi seçmek için yapılan vaka çalışmasında SCOR, BAHP ve PROMETHEE II modellerinin kombine biçimde hesaplanması, önerilen modelin uygulanabilir olduğunu ortaya koymuştur. Önerilen modelin uygulamada karşılığının olması, farklı sektördeki işletmelerin karar vericilerinin amaç ve kriterlerin nitelik ve niceliğini değiştirerek kendi özel gereksinim ve amaçlarına uygun biçimde uygulanabilmesi olanağını da vurgulamaktadır. Sunulan bu kombine modelden hareketle, farklı alanlarda kriter ağırlıklarının belirlenmesi ve bunların tam sıralanmasının yapılması için diğer farklı modellerle birlikte yeni bütünleşik hesaplamalar oluşturulabilmesi de öneriler içinde yer alabilir.

KAYNAKÇA

- Agrawal, N. (2022). Multi-criteria decision-making toward supplier selection: Exploration of PROMETHEE II method. *Benchmarking: An International Journal*, 29(7), 2122-2146.
- Akman, G., & Alkan, A. (2006). Tedarik zinciri yönetiminde bulanık AHP yöntemi kullanılarak tedarikçilerin performansının ölçülmesi: otomotiv yan sanayiinde bir uygulama. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(9), 23-46.
- Alikhani, R.; Torabi, S.A.; Altay, N. (2019). Strategic supplier selection under sustainability and risk criteria. *Int. J. Prod. Econ.*, 208, 69–82.
- Apics. (2018). Understand the structure of SCOR. Retrieved 30 Aralık 2018. <http://www.apics.org/apics-for-business/benchmarking/scormark-process/scor-metrics>
- Arabsheybani, A., M. M. Paydar, and A. S. Safaei (2018). An integrated fuzzy MOORA method and FMEA technique for sustainable supplier selection considering quantity discounts and supplier's risk. *Journal of Cleaner Production* 190: 577–591.
- Ballı, S., Karasulu, B., Korukoğlu, S., (2007). En uygun otomobil seçimi problemi için bir bulanık PROMETHEE yöntemi uygulaması. *D.E.Ü.İ.İ.B.F.Dergisi*, 22(1) : 139-147.

- Bansal, A.; Kumar, P. (2013). 3PL selection using hybrid model of AHP-PROMETHEE. *Int. J. Serv. Oper. Manag.*, 14, 373–397.
- Behzadian M., Samizadeh R., and Nazemi J. (2010). Decision making in house of quality: A hybrid AHP-PROMETHEE approach, *IEEM2010 - IEEE Int. Conf. Ind. Eng. Eng. Manag.* 930–934.
- Brans, J.; Vincke, P.; Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects: The Promethee method. *Eur. J. Oper. Res.*, 24, 228–238.
- Brans, J.P. (1982). Lingenierie de la decision. elaboration dinstruments daide a la decision. in: *Methode PROMETHEE*, Nadeau, R., Landry, M., (eds.) *Laide a la Decision: Nature, Instruments et Perspectives Davenir*. Presses de Universite Laval, Quebec, Canada, pp. 183–214.
- Büyüközkan G., (2008). Tedarik zinciri yönetimi; SCOR modeli. *Galatasaray Üniversitesi Lojistik Dergisi*, 12, 9-29.
- Büyüközkan, G. & Vardaloğlu, Z. (2008). Yeşil tedarik zinciri yönetimi. *Lojistik Dergisi*, 8, 66-73.
- Chang D. Y., (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research* 95, , s.649–655.
- Chen, C.T.; Pai, P.F.; Hung, W.Z. (2010). An integrated methodology using linguistic PROMETHEE and maximum deviation method for third-party logistics supplier selection. *Int. J. Comput. Intell. Syst.*, 3, 438–451.
- Cooper C., Douglas L. ve Janus P., (1997). Supply chain management: more than a new name for logistics, *The International Journal Of Logistic Management*, 8, 1- 12.
- Cristea, C., & Cristea, M. (2017). A multi-criteria decision making approach for supplier selection in the flexible packaging industry. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 94, p. 06002). EDP Sciences.
- Dağdeviren, M., D. Akay, M. Kurt (2004). İş değerlendirme sürecinde analitik hiyerarsi prosesi ve uygulaması., *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19, 131-138.
- Dağdeviren, M., Eraslan, E., (2008). PROMETHEE sıralama yöntemi ile tedarikçi seçim., *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, Ankara, 23(1) : 69-75.
- Deng, X., Hu, Y., Deng, Y., & Mahadevan, S. (2014). Supplier selection using AHP methodology extended by D numbers. *Expert Systems with Applications*, 41(1), 156-167.

- Dweiri, F., Kumar, S., Khan, S. A., & Jain, V. (2016). Designing an integrated AHP based decision support system for supplier selection in automotive industry. *Expert Systems with Applications*, 62, 273-283.
- Haldar, A., Ray, A., Banerjee, D., & Ghosh, S. (2012). A hybrid MCDM model for resilient supplier selection. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 7(4), 284-292.
- Jamehshooran, B.G.; Shaharoun, M.; Haron, H.N. (2015). Assessing supply chain performance through applying the SCOR model. *Int. J. Supply Chain Manag.*, 4, 1-11.
- Karğın, M. (2010). Bulanık analitik hiyerarşi süreci ve ideal çözüme yakınlığa göre sıralama yapma yöntemleri ile tekstil Sektöründe finansal Performans ölçümü., *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(1), 195-216.
- Kocaoğlu B., (2009). Tedarik zinciri performansı ölçümü için stratejik ve operasyonel hedefleri bütünleştiren SCOR modeli temelli bir yapı, *Yayımlanmamış Doktora Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- KTSO, (2023). Konya sanayi görünümü. <https://www.kso.org.tr/tr-TR/Dynamic/Page/konya-sanayi-gorunumu> Erişim Tarihi: 04.01.2023.
- Kuruüzüm, A., N. Atsan (2001). Analitik hiyerarşi yöntemi ve işletmecilik alanındaki uygulamaları”, *Akdeniz Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(1), 83-105.
- Küçük, O. ve Ecer F. (2007). Bulanık TOPSIS kullanılarak tedarikçilerin değerlendirilmesi ve Erzurum’da bir uygulama. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3(1), 45-65.
- Liao, H.; Wu, D.; Huang, Y.; Ren, P.; Xu, Z.; Verma, M. (2018). Green logistic provider selection with a hesitant fuzzy linguistic thermodynamic method integrating cumulative prospect theory and PROMETHEE. *Sustainability*, 10, 1291.
- Luthra, S., K. Govindan, D. Kannan, S. K. Mangla, and C. P. Garg. (2017). An integrated framework for sustainable supplier selection and evaluation in supply chains. *Journal of Cleaner Production*, 140:1686-1698.
- MAKFED, (2022). Makine İmalat Sektörü Dünya ve Türkiye Değerlendirme Raporu, Ekim/2022, <http://www.makfed.org.tr/pdf/Degerlendirme-Raporu-2022.pdf> . Erişim Tarihi: 15.02.2023.

- Makinebirlik (2022), Makine İmalat Sanayi Türkiye ve Dünya Değerlendirme Raporu Ekim 2022, <https://www.makinebirlik.com/images/d/library/43d7a14d-3566-4800-8fea-431b89d0c468.pdf> Erişim Tarihi:24.02.2023.
- Önüt, S., Kara, S. S., & Işık, E. (2009). Long term supplier selection using a combined fuzzy MCDM approach: A case study for a telecommunication company. *Expert systems with applications*, 36(2), 3887-3895.
- Özdemir, A. (2010). Ürün grupları temelinde tedarikçi seçim probleminin ele alınması ve analitik hiyerarşi süreci ile çözümlenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 12(1), 55-84.
- Özdemir, M.S. (2002). Bir işletmede analitik hiyerarşi süreci kullanılarak performans değerlendirme sistemi tasarımı, *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 13(2), 2-11.
- Polat, G. (2016). Subcontractor selection using the integration of the AHP and PROMETHEE methods. *Journal of Civil Engineering and Management*, 22(8), 1042-1054.
- Rouyendegh, B.D.; Erol, S. (2010) The dea—Fuzzy anp department ranking model applied in İnan Amirkabir University. *Acta Polytech. Hung.*, 7, 103–114.
- Roy, S. A., Ali, S. M., Kabir, G., Enayet, R., Suhi, S. A., Haque, T., & Hasan, R. (2020). A framework for sustainable supplier selection with transportation criteria. *International Journal of Sustainable Engineering*, 13(2), 77-92.
- Saaty, T.L., (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, NY, 37-85.
- SCC, Supply Chain Council USA (2010) *Supply Chain Operations Reference (SCOR) Model Overview-Version, 10.0*, ss. 1-22,
- Shakey, B.K. (2006) Supplier selection using AHP and promethee-2. *Int. J. Sci. Res.*, 6, 156–160.
- Singh, A., Gupta, A., & Mehra, A. (2021). Best criteria selection based PROMETHEE II method. *Opsearch*, 58, 160-180.
- Stević, Ž., Pamučar, D., Puška, A., & Chatterjee, P. (2020). Sustainable supplier selection in healthcare industries using a new MCDM method: Measurement of alternatives and ranking according to Compromise solution (MARCOS). *Computers & Industrial Engineering*, 140, 106231.
- Strantzali, E., Aravossis, K., Livanos, G. A., & Nikoloudis, C. (2019). A decision support approach for evaluating liquefied natural gas supply options: Implementation on Greek case study. *Journal of Cleaner Production*, 222, 414-423.

- Şenkayas, H., & Hekimoğlu, H. (2013). Çok kriterli tedarikçi seçimi problemine PROMETHEE yöntemi uygulaması. *Verimlilik Dergisi*, (2), 63-80.
- Şenvar, O., Tuzkaya, G., & Kahraman, C. (2014). Multi criteria supplier selection using fuzzy PROMETHEE method. *Supply chain management under fuzziness: Recent developments and techniques*, 21-34.
- Taherdoost, H.; Brard, A. (2019) Analyzing the process of supplier selection criteria and methods. *Procedia Manuf.*, 32, 1024–1034.
- Tarman, M. A. (2010) Tedarik zinciri yönetiminde SCOR modeli, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Okan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü: İstanbul.
- Tushar, Z. N., Bari, A. M., & Khan, M. A. (2022). Circular supplier selection in the construction industry: A sustainability perspective for the emerging economies. *Sustainable Manufacturing and Service Economics*, 1, 100005.
- Vincke, Ph, Brans, J.P. (1985) A preference ranking organization method: the PROMETHEE method for multiple criteria decision-making. *Manag. Sci.* 31, 647–656.
- Wang, C. N.; Nguyen, V.T.; Thai, H.T.N.; Duong, D.H. (2018b) Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Approaches for Solar Power Plant Location Selection in Viet Nam. *Energies*, 11, 1504.
- Wang, C.N.; Huang, Y.F.; Cheng, I.; Nguyen, V.T. (2018a) A multi-criteria decision-making (MCDM) approach using hybrid SCOR metrics, AHP, and TOPSIS for supplier evaluation and selection in the gas and oil industry. *Processes*, 6, 252.
- Yazdani, M., Chatterjee, P., Zavadskas, E. K., & Zolfani, S. H. (2017). Integrated QFD-MCDM framework for green supplier selection. *Journal of Cleaner Production*, 142, 3728-3740.
- Yıldız K. ve Ahi M. T. (2020). Demiryolu lojistiğinde tedarik zinciri performans metrikleri. *Demiryolu Mühendisliği*, sayı. 11, ss. 14-25.
- Yılmaz, C., Atsan, B., & Tuğba, S. A. R. I. (2020). Tedarik zinciri süreçlerinin ölçüm ve iyileştirilmesinde bir SCOR modeli uygulaması. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 27(3), 425-444.