

Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ve Taguchi Kayıp Fonksiyonu ile Tedarikçi Seçimi: Havacılık Endüstrisinde Bir Uygulama Supplier Selection with Fuzzy Analytical Hierarchy Process and Taguchi Loss Function: An Application in Aerospace Industry

Bahar TAŞAR ^a

^a İzmir Bakırçay Üniversitesi, İzmir, Türkiye. bahar.tasar@bakircay.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

ÖZET

Anahtar Kelimeler:
Çok Kriterli Tedarikçi Seçim
Problemi
Bulanık AHP
Taguchi Kayıp Fonksiyonu

Gönderilme Tarihi 7 Ağustos 2023
Revizyon Tarihi 6 Şubat 2024
Kabul Tarihi 10 Şubat 2024

Makale Kategorisi:
Araştırma Makalesi

Amaç - Dış kaynak operasyonlarının ve malzeme tedarik süreçlerinin işletme içi operasyonlar kadar önemli olduğu imalat sanayilerinde işletmelerin başarısı, etkin ve işbirlikçi tedarikçilerle çalışmak ile doğrudan ilgilidir. Bu çalışma havacılık endüstrisinde yer alan bir örnek işletme için belirli kriterler altında uygun tedarikçileri seçmeyi amaçlamaktadır.

Yöntem - Tedarikçi seçimindeki kriterler satın alma yöneticisi ile derinlemesine görüşme yönetimi sonucunda belirlenmiş ve kriter ağırlıkları Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ile elde edilmiştir. Tedarikçilerin sıralanmasında Taguchi Kayıp Fonksiyonu yöntemi kullanılarak belirlenen kriterler üzerinden performans değerlerine bağlı tedarikçi kayıpları hesaplanmıştır.

Bulgular - Kalite, finansal koşullar, teslimat, kapasite ve bu üst kriterlerle ilişkili 11 alt kriter firma için tedarikçi seçim öncelikleri olarak belirlenmiştir. Tedarikçi kayıp skorlarına göre işletmeye en az maliyet getiren tedarikçi dış kaynak kullanımı için seçilmiştir. Diğer tedarikçilerin hangi performans kriterlerini geliştirmesi gerektiği kayıp analizi ile gösterilmiştir.

Tartışma - İşletmelerin farklı özelliklere sahip tedarikçilerini değerlendirme ve seçme süreci çok kriterli bir karar verme problemidir. İşletmenin bulunduğu sektöre, koşullara ve ihtiyaçlara uygun olarak farklı önem derecelerine sahip kriterler tedarikçilerin performanslarını değerlendirmede farklı yöntemler ile kullanılmaktadır. Bu çalışma tedarikçilerin performanslarını beklenen değerden sapmalarına bağlı olarak işletmeye getirdikleri kayıp bakış açısıyla değerlendirmektedir. Çalışma, özellikle havacılık sektöründe yer alan işletmelerin tedarikçilerini seçmesinde yöntem ve kriter seçimi bağlamında yol gösterici olmaktadır.

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Keywords:
Multi-Criteria Supplier Selection
Problem
Fuzzy AHP
Taguchi Loss Function

Received 7 August 2023
Revised 6 February 2024
Accepted 10 February 2024

Article Classification:
Research Article

Purpose - Outsourcing operations and material supply processes are as critical as in-house operations in the manufacturing industries, and the success of enterprises is directly related to working with efficient and collaborative suppliers. This study aims to select the proper suppliers under certain criteria for a case company in the aerospace industry.

Design/methodology/approach- The criteria for selecting the supplier were determined based on the interviews with the purchasing manager and the weights were obtained by the Fuzzy Analytical Hierarchy Process. Supplier losses based on performance values were calculated over the criteria determined by using the Taguchi Loss Function Method for ranking the suppliers.

Findings - Quality, financial conditions, delivery, capacity and 11 sub-criteria related to these main criteria were determined as supplier selection priorities for the company. According to the supplier losses, the supplier that brings the least cost to the business were selected for outsourcing. According to which criteria other suppliers should improve their performance was shown with loss analysis.

Discussion - Supplier evaluation and selection process with different characteristics is a multi-criteria decision-making problem. Criteria that have different degrees of importance in accordance with the sector, usage and needs of the business is used with different methods in evaluating the performance. This study evaluates the performance of suppliers from the point of view of the loss they bring to the business depending on their deviation from the expected value. The study provides guidance in the context of method and criterion selection, especially in the selection of suppliers of companies in the aerospace industry.

Önerilen Atıf/Suggested Citation

Taşar, B. (2024). Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ve Taguchi Kayıp Fonksiyonu ile Tedarikçi Seçimi: Havacılık Endüstrisinde Bir Uygulama, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 16 (1), 103-117.

1. Giriş

Havacılık endüstrisi, üreticilerle ürün geliştirmeye derinlemesine dahil olan büyük tedarikçilerle karakterize edilmektedir (Schmelzle ve Mukandwal, 2022). Uzun tedarikçi sertifikasyon süreçleri nedeniyle, havacılık sektöründeki işletmeler tedarikçileri ile uzun süreli ilişkiler kurmaktadır. Sektörde yer alan birçok alıcı satıcı ilişkisi içerisinde tedarik zincirindeki süreçlerin başarısı bir gerekliliktir. İstatistiklere göre uçak kazalarının %23'ünün sebebi, motor arızası, ekipman arızası, yapısal arıza ve tasarım kusurları gibi mekanik problemler olduğu bilinmektedir (Shmelova vd., 2022). Bu sebeple sektörde yer alan işletmeler hataları en aza indirmek için sadece kendi süreçlerine değil, tedarikçilerinin de süreçlerine odaklanmaktadır. Tedarik zincirindeki her aşamanın sıkı denetimlere bağlı olması hammadde ve yarı mamul tedarik sürelerini arttırdığından acil durumları en aza indirmek için sektördeki işletmeler birden fazla tedarikçi ile iş birliği içindedir. Tedarikçi kümesinden hangilerinin işletmeye daha fazla fayda sağlayacağını belirlemek ise tedarikçilerin değerlendirilmesi ile mümkün olmaktadır.

Tedarikçileri değerlendirme ve seçme süreci tedarik zincirindeki işletmelerin başarısında kritik bir role sahiptir. İşletmelerin ihtiyaç ve beklentilerine uygun tedarikçiler ile çalışması satın alma maliyetlerini önemli ölçüde azaltmakta, müşteri memnuniyetini artırmakta ve böylece rekabet yeteneğini geliştirmektedir. Tedarikçi değerlendirme ve seçme sürecinde birçok farklı kriter ve yöntem önerilmesine karşı tek bir çözüm yolu yoktur (Vasina, 2014). İşletmeler buldukları sektörün gerekliliklerine ve önceliklerine bağlı olarak seçim kriterlerini ve önem derecelerini belirleyebilmektedirler. Özellikle havacılık endüstrisinde alüminyum ve titanyum hammadde fiyatlarının değişkenliği (Liang vd., 2018), AS9100 gibi kalite standartları sertifikasyonlarının gerekliliği (Russell vd., 2019) ve küresel tedarik zincirine sahip olunması (Dostaler, 2013) gibi özellikli durumlar bulunmaktadır. Bu çalışma, havacılık sektöründe yer alan bir işletmenin sektöre uygun farklı kriter ve alt kriterlere sahip tedarikçilerinin değerlendirilmesi ve seçilmesi sürecini içermektedir.

2. Kavramsal Çerçeve

Tedarikçi ilişkilerinin yönetimi işletmelerin hem rekabet gücüne hem de karlılığına katkıda bulunan tedarik zinciri yönetiminin bir parçasıdır (De Boer vd., 2001; Lemke vd., 2000; Stadtler, 2015). Tedarikçilerle uzun vadeli ortaklıkların sürdürülmesi ve az sayıda güvenilir tedarikçi ile çalışılması, tedarik zincirinin değerinin artmasına yardımcı olmaktadır (Wisner vd., 2008). Toplam ürün maliyetlerinin çok büyük bir yüzdesini satın alınan malzeme ve hizmetler oluşturduğundan (Gülen, 2007) düşük maliyetli ve kaliteli hammadde/yarı mamullerin tedariği ile düşük fiyatlı ve kaliteli ürünlerin müşteriye sunumu işletmelere rekabet gücü kazandırmaktadır. Tedarik zinciri içerisinde müşterilerden gelen talepler doğrultusunda hızlı aksiyon alabilen, teknoloji ve inovasyonu süreçlerine entegre edebilen tedarikçilerle çalışmak işletmelerin sektördeki yerini belirlemektedir. Bu bakımdan tedarikçilerin etkin seçimi, bir firmanın yüksek kaliteli ürün elde etme başarısı ve müşteri memnuniyeti açısından oldukça önemlidir.

Tedarikçi seçimi, işletmelerin yüksek değer sunan potansiyel tedarikçileri belirleyip değerlendirdikleri stratejik bir karardır (Beşkese ve Şakra, 2010). Doğası gereği karmaşıklık, anlaşılmazlık ve belirsizlikle karakterize edilen bir dizi değerlendirme kriteri gerektirdiğinden tedarik zinciri yönetimi stratejisinde uygun tedarikçilerin seçimi zorlu bir konudur (Ming-Lang vd., 2009). İşletmelerin kendi ihtiyaç ve beklentilerine uygun tedarikçilerini seçmeleri için öncelikle seçim kriterlerini belirlemeleri ve kullanılacak yöntem karar vermeleri gerekmektedir. Tedarikçilerin seçilmesi, bir dizi ortak kritere göre tedarikçilerin değerlendirilmesini içeren çok kriterli bir karar verme problemi olarak ele alınmaktadır (Liao ve Kao, 2010). Birden fazla kriterin bir arada kullanılmasında ise ilk kez Dickson (1966) tarafından fiyat, kalite, onarım hizmeti, teslimat, coğrafi konum, mali durum, kapasite, teknik yeterlilik, geçmiş işlerin miktarı, iletişim sistemleri, garantiler vb. gibi 23 farklı kriter önerilmiştir. Ardından tedarikçilerin değerlendirilmesi ve seçiminde literatürde birçok soyut ve somut kriter ortaya konmuştur (Donald ve O'Shaughnessy, 1982; Manoliadis ve Tsolas 2009; De Boer vd., 2001; Jain vd., 2016; Ortiz-Barrios vd., 2020). Saputro ve diğerleri (2022) ise geniş literatür incelemesi sonucu seçim kriterlerini nicel ve nitel olarak ikiye ayırmış, alt kriterlerini ise bu iki başlıkla olan ilişkisine göre sıralamıştır. Nicelden nitel doğru maliyet, kalite, teslimat, teknoloji, çevre, risk, esneklik, servis, ilişki ve sosyal olarak konumlandırmışlardır. Birçok alanda olduğu gibi sürdürülebilirlik konusunun son yıllarda daha çok önem kazanması ile tedarikçi seçiminde de tedarikçileri ekonomik, çevresel ve sosyal perspektifte ele alan çalışmaların sayısı artmıştır (Song vd., 2017; Demir vd., 2018; Krishankumar vd., 2020; Jia vd., 2020; Tong vd., 2022; Asadabadi vd., 2023). Nitel kriterler tedarikçilerle olan iş ilişkilerinde etkileyici rol üstlenirse de farklı

sektörlerde yapılan çalışmalarda tedarikçi seçiminde benzer nicel kriterlerin ilk sırada belirleyici olarak kullanıldığı görülmektedir. Örneğin, Modibbo ve diğerleri (2021) ilaç endüstrisindeki tedarikçi seçim kriterlerini ürünün maliyeti, ürün kalitesi, ürün teslimatı, verilen hizmetler, tedarikçi profili ve genel personelin yetenekleri olarak kategorize etmişlerdir. Rahman ve diğerleri (2022) ise tekstil boyama endüstrisinde tedarikçi değerlendirme ve seçme kriterleri olarak kimyasal kalitesi, fiyatı, teslim süresi, çalışan sağlığı ve güvenliği ile çevre yönetim sistemi izlemektedir. Azizi ve diğerleri (2015), fiyat, kalite, teslim süresi, hizmetler ve garantiyi tedarikçi değerlendirme kriteri olarak belirlemişlerdir. Ho ve diğerleri (2010), kalitenin tedarikçi seçiminde en popüler kriter olduğunu belirtmiş ve teslimat, fiyat, üretim yeteneği, hizmet, yönetim, teknoloji gibi en sık kullanılan kriterler olarak ifade etmişlerdir.

Tedarikçilerin belirlenmiş kriterler altında değerlendirilmesi ve seçilmesi aşamasında literatürde birçok yöntem önerilmiştir. Bu yöntemler kategorik yöntemler, veri zarflama analizi, küme analizi, yapay zekâ tabanlı modeller, matematiksel programlama modelleri ve doğrusal ağırlıklandırma modelleri olarak ortaya çıkmaktadır (Ordoobadi, 2010): Kategorik yöntemler (Timmerman, 1986), tedarikçinin ilgili tüm kriterlerdeki performansı "olumlu", "nötr" ve "negatif" olarak kategorize edilmektedir. Veri zarflama analizinde (Weber ve Desai, 1996) her bir tedarikçinin etkinliği, çıktılarının ağırlıklı toplamının girdilerinin ağırlıklı toplamına oranı olarak hesaplanmaktadır. Bu yöntem tedarikçileri verimli ve verimsiz tedarikçiler olarak iki kategoriye ayırmaya yardımcı olmaktadır. Küme analizi (Holt, 1998), bir dizi tedarikçiyi bir dizi sayısal özellik puanına dayalı olarak kümeler halinde gruplandırmak için bir sınıflandırma algoritmasını kullanmaktadır. Yapay zekâ tabanlı modeller ise bilgisayar destekli makine öğrenmesine dayanmaktadır ve benzer bir durumla karşılaşıldığında doğru karar veren sistemlerden oluşmaktadır. Sınır ağı (Albino ve Garavelli, 1998) ve durum tabanlı çıkarsama (Ng ve Skitmore, 1995) yöntemleri ise tedarikçi seçimine uygulanan yapay zekâ yöntemlerine örnektir. Matematiksel programlama modellerinde tedarikçi seçimindeki kriterler amaç fonksiyonu ve belli kısıtlar altında optimal tedarikçileri bulmak için kullanılmaktadır. Tedarikçi değerlendirilmesinde birçok farklı yöntem olmasına karşı literatürde bu problem genellikle ÇKKV (Çok Kriterli Karar Verme) problemi olarak ele alınmaktadır (Ho vd., 2010). Tedarikçi seçme ve değerlendirme kullanılan kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde en sık kullanılan yöntemlerden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), karmaşık birçok kriterli karar verme problemini bir hiyerarşiler sistemine göre ayrıştırılmasını içermektedir (Triantaphyllou, 2000). AHP, tedarikçi seçiminde belirleyici rol oynayan nicel ve nitel kriterlerin ağırlıklandırılmasında sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir (Liao ve Kao, 2010; Ordoobadi, 2010; Kumar vd., 2019; Swamy ve Mishra, 2021; Torres-Sanchez vd., 2023; Rasmussen vd., 2023). Çok kriterli karar verme problemleri bağımsız karar değişkenleri altında alternatiflerin değerlendirilmesi sürecini içermekte (Oliveira vd., 2015) ve bu değerlendirme insan muhakemesine dayandığından belirsizliği azaltmada kullanılan bulanık küme teorisi tedarikçi seçiminde çok kriterli karar verme yöntemlerinin ayrılmaz bir parçası olmaktadır (Mehdi vd., 2017). Bulanık mantığın AHP ile birleştirilmesi, karar vericilerin değerlendirmelerini AHP ölçeği yerine bulanık ölçekteki bir değer aralığı açısından yapmalarına olanak tanıyarak kriterlerin puanlanmasına ilişkin tercih derecelendirmelerindeki tutarsızlığı azaltır (Chan vd., 2007). Literatürde tedarikçi seçim problemini Bulanık AHP yöntemi ile ele alan birçok çalışma bulunmaktadır (Chamodrakas vd., 2010; Koul ve Verma, 2011; Ayhan, 2013; Lo ve Sudjatmika, 2016; Yadav ve Sharma, 2016; Yazdani, 2014; Lima ve Carpinetti, 2016; Jain vd., 2016; Galankashi vd., 2016; Secundo vd., 2017; Kumar vd., 2017; Çalık, 2021; Nguyen vd., 2022; Ecer, 2022).

Tedarikçi değerlendirme ve seçim süreci genellikle iki aşamadan oluşmaktadır; ilk aşama tedarikçi seçim kriterlerinin ağırlıklandırılmasını, ikinci aşama tedarikçilerin performanslarının değerlendirilerek sıralanmasını içermektedir. Bu iki aşamalı süreç için karma yöntemlerin kullanılması oldukça yaygındır (Mehdi vd., 2017). Amaçlar doğrultusunda tedarikçilerin performanslarının değerlendirilmesinde işletmeler kendilerine uygun olan yöntemleri seçmektedir. Örneğin üretim ve yönetim süreçlerinin kritik öneme sahip olduğu imalat sanayilerde (otomotiv, havacılık, savunma vb.) tedarikçilerin beklenen performans değerlerinden sapmaları işletmelere çok büyük maliyetler oluşturmaktadır. Hedef değerden herhangi bir sapmanın kayıpla sonuçlanacağını belirten Taguchi yöntemi öncelikle kalite kontrol bağlamında ortaya çıkmış olsa da tedarikçi seçiminde bir yöntem olarak sıklıkla kullanılmaktadır (Pi vd., 2006; Liao vd., 2016; Ordoobadi, 2010; Azadeh ve Zarrin, 2014; Kumar vd., 2019). Taguchi yöntemi, bağımsız faktörlerin ve seviyelerin önemini anlamak için istatistiksel bir yaklaşım kullanarak deneyler yürütmek için kullanılan

araçlardan biridir. Taguchi yönteminin temel avantajı, çoğu durumda gerçekleştirilen deney sayısının, istatistiksel yaklaşımın kullanıldığı diğer deneylerden daha az olmasıdır. Eğer tedarikçi performansı hedef değerle aynı ise kayıp sıfırdır. Aksi takdirde kayıp, kuadratik fonksiyon kullanılarak ölçülebilir ve tedarikçiler kayıp skorlarına göre sıralanabilir. Taguchi kayıp fonksiyonu tedarikçilerin kayıp skorlarının belirlenmesi ve sıralamasında kullanılmaktadır. Literatürde Taguchi Kayıp Fonksiyonu ve ÇKKV yöntemlerini bir arada kullanan birçok çalışma mevcuttur (Pi vd., 2006; Liao vd., 2016; Ordoobadi, 2010; Sharma ve Balan, 2013; Gören, 2018; Kumar vd., 2019). Pi ve Low (2006) kalite, teslimat, fiyat ve hizmet gibi dört kriter belirlemiş ve tedarikçi seçiminde Taguchi Kayıp Fonksiyonu ve AHP yöntemlerini bir arada kullanmıştır. Sharma ve Balan (2013) tedarikçi seçimi konusunda Taguchi Kayıp Fonksiyonu, TOPSIS ve çok kriterli hedef programlama yöntemlerini birlikte ele almış ve sonuçların güvenilirliğini kontrol etmek için veri zarflama analizini ile karşılaştırma yapmışlardır. Azizi ve diğerleri (2015), Taguchi Kayıp Fonksiyonu, AHP ve bulanık hedef programlama yöntemini kullanarak iki aşamalı bir model geliştirmiştir. Gören (2018) çalışmasında sürdürülebilir tedarikçi seçimi için ilk olarak bulanık karar verme yöntemleri ile kriterlerin ağırlıklarını hesaplamış, tedarikçilerin sıralanması için Taguchi yöntemi kullanmıştır. Son olarak, iki amaçlı optimizasyon tekniği, her bir tedarikçi için en uygun sipariş miktarları gösterilmiştir. Kumar ve diğerleri (2019) bir lokomotif firması için kalite, teslimat, fiyat ve hizmet kriterlerini el alarak Taguchi Kayıp Fonksiyonu, AHP ve TOPSIS yöntemleri ile tedarikçilerin değerlendirilmesine yönelik bir model geliştirilmiştir. Magdalena (2012) ise gıda sektöründe Bulanık AHP ve Taguchi yöntemini birlikte kullanmıştır.

Havacılık sektöründeki endüstriyel tedarikçilerin seçimi bağlamında Bulanık AHP ve Taguchi yöntemlerini birlikte ele alan herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma, havacılık sektöründe yer alan endüstriyel bir işletmenin bir ürün grubu için çok kriterli bir tedarikçi değerlendirme ve seçme seçim süreci uygulamasını kapsamaktadır.

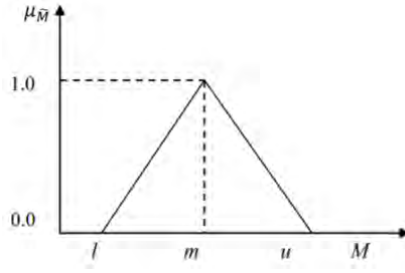
3. Yöntem ve Veri Toplama

Bu çalışma gerçek hayat problemini ele alan bir örnek olay çalışmasıdır. Tedarikçilerin değerlendirilmesi ve seçimi için satın alma yöneticisi ile 3 gün boyunca görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Derinlemesine görüşme tekniği ile işletmenin tedarikçilerden beklentileri ve en önem verilen faktörler ortaya konmuş olup görüşme sonucunda ana kriter ve alt kriterler belirlenmiştir. Kalite, teslimat, finansal koşullar ve kapasite üst kriter olarak işletmenin tedarikçi seçimindeki en önem verdiği başlıklar olmuştur. Bu kriterlerin altında alt kriterler tanımlanarak boyutlar detaylandırılmıştır. Belirlenen kriterlere göre tedarikçi performansları işletme veri tabanında yer aldığı süreye bağlı olarak aritmetik ortalamalarından elde edilmiştir. Ürün grubuna ait 4 büyük tedarikçi bulunmakta olup temsili olarak belirtilen A, B, C ve D tedarikçilerinin 35, 17, 38 ve 28 aylık verileri kullanılmıştır. Üst kriterler ve alt kriterler Bulanık AHP yöntemine göre satın alma yöneticisi ile belirlenen ikili karşılaştırma matrisine tabi tutulmuş ve Geometrik Ortalama Yönetimi (Buckley, 1985) formülasyonuna göre ağırlıkları hesaplanmıştır. Son olarak Taguchi Kayıp Fonksiyonu ile tedarikçilerin performansları belirlenen kriterlere göre puanlandırılmış ve sıralanmıştır.

3.1. Bulanık AHP

AHP'nin temel çalışma prensibi, hiyerarşik yapısı belirlenen kriterlerin ikili karşılaştırmasına dayanmaktadır. Karar vericiler kriterlere göreceli olarak belirli ağırlıklar vererek, sayısal veya sayısal olmayan karşılığı olmayan öğelerin birbirleriyle rasyonel bir şekilde karşılaştırılmasına olanak tanımaktadır. AHP yönteminde ikili karşılaştırma matrisinin oluşturulması esnasında dikkate alınan sübjektif yargılardan ötürü sonuçlar yanıltıcı olabilmektedir.

Bulanık küme teorisi insanın düşünme, yargılama ve karar vermedeki belirsizliği azaltmaya yönelik ortaya çıkmıştır (Zadeh, 1965). Bulanık kümeye ait değerlerin fonksiyonu Şekil 1'de görüldüğü üzere üçgen yapıdadır. Fonksiyondaki m değeri bir olayı tanımlamadaki mümkün olan en olası değeri ifade ederken, l en küçük ve u en büyük değeri göstermektedir. Fonksiyonun çıktısı M şeklinde belirtilmektedir.



Şekil 1. Bulanık Küme Fonksiyonu

Bulanık AHP yöntemlerinden en sık bilinenlerinden Buckley'in (1985) geometrik ortalama yöntemidir. Geometrik ortalama yönteminin adımları şu şekildedir:

1.Adım: Hiyerarşik yapının oluşturulması ve kriterlerin ikili karşılaştırılması

Kriter ve alternatifler amaç doğrultusunda hiyerarşik yapıya dönüştürülür. İkili karşılaştırma, Tablo 1'de yer alan bulanık sayılar kullanılarak yapılır.

Tablo 1. Bulanık Sayılarla AHP Önem Ölçek Tablosu

Önem Dereceleri	Açıklama
(1, 1, 1)	Seçenekler eşit önem derecesinde
(2, 3, 4)	Seçeneklerden biri diğerinden orta derecede önemli
(4, 5, 6)	Seçeneklerden biri diğerinden güçlü derecede önemli
(6, 7, 8)	Seçeneklerden biri diğerinden çok güçlü derecede önemli
(9, 9, 9)	Seçeneklerden biri diğerinden aşırı derecede önemli
(1, 2, 3), (3, 4, 5), (5, 6, 7), (7, 8, 9)	İki bitişik yargı arasındaki ara değerler

2.Adım: Bulanık geometrik ortalama değerlerinin hesaplanması

İkili karşılaştırma matrisinin her bir satırında yer alan her i kriterinin bulanık değerlerinin geometrik ortalaması j kadar olan kriter için aşağıdaki formül ile elde edilir.

$$\tilde{r}_i = (\tilde{M}_{i1} \otimes \dots \otimes \tilde{M}_{ij})^{1/j} \quad (1)$$

3.Adım: Bulanık kriter ağırlıklarının hesaplanması

Her kriter için elde edilen geometrik ortalama değerleri aşağıdaki formüle göre normalize edilerek bulanık kriter ağırlıkları bulunur.

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_j)^{-1} \quad (2)$$

Her kriter için elde edilen bulanık ağırlıkların aritmetik ortalamaları alınarak öncelik ağırlıkları hesaplanır.

Buradan sonraki aşamada her alternatifin hesaplanan kriter ağırlığı ile matris çarpımından alternatiflerin skorları elde edilmekte ve sıralanmaktadır. Ancak bu çalışmada Bulanık AHP yöntemi kriterlerin ağırlıklarını belirlemesi ile tamamlanmıştır. Tedarikçilerin skorları ve sıralama Taguchi yöntemi ile belirlenmiştir.

3.2. Taguchi Kayıp Fonksiyonu

Taguchi kalite kaybı fonksiyonu, Genichi Taguchi (1986) tarafından geliştirilmiş ve hedef değerden sapma ile ilgili bir maliyet fonksiyonu olarak literatüre girmiştir. İkinci dereceden bir fonksiyon olarak artan bir varyasyonla kayıpların etkisi büyümektedir. Taguchi Kayıp Fonksiyonu için Kethley ve diğerleri (2002)

tarafından önerilen, daha küçük daha iyidir (3) ve daha yüksek daha iyidir (4) olarak adlandırılan, tek taraflı minimum ve tek taraflı maksimum limitler olan spesifikasyon limitleri aşağıda gösterilmiştir. $L(y)$, hedef değerden belirli bir sapma ile ilişkili mali kaybı temsil ederken k , hedef değerden sapmalarla finansal kaybın artma oranını belirleyen bir sabit olan kayıp katsayısını temsil etmektedir. Formülasyondaki y değeri değerlendirilmekte olan kalite karakteristiğinin gerçek değeridir. T ise kalite karakteristiğinin hedef değeridir.

$$L(y) = k \cdot (y - T)^2 \quad (3)$$

$$L(y) = k / (y - T)^2 \quad (4)$$

Taguchi yöntemi, tedarikçi seçiminde hedef değere göre tedarikçi performansının etkin bir şekilde belirlenmesi için kullanılmaktadır. Hedef değerden farklı olan tedarikçi performanslarının kayıp fonksiyonu tedarikçilerin ayırt etmeyi sağlamaktadır.

3.3. Örnek İşletme için Tedarikçi Seçimi Kriterlerinin Belirlenmesi

Satın alma yöneticisi ile yapılan görüşmeler sonrası aşağıdaki üst ve alt kriterler işletmenin tedarikçilerini değerlendirmesi ve seçmesi aşamasında kritik faktörler olarak belirlenmiştir.

Kalite

Kalite Ekibindeki Kişi Sayısı: Tedarikçilerin yeterli sayıda kalite çalışanına sahip olması fason ürünlerin teslimat kalite oranını arttırmaktadır. Tedarikçilerin ekibinde 2 ile 5 arası kalite üyesi olması beklenmektedir. Bu üyelerden biri üretim yerini, üretilen parçaların ölçülerini takip edebilmekte, diğer üye ise firmadaki denetim, düzeltici faaliyet vb. işlemleri takip edebilmektedir.

Kalite Sertifikasyonları: Sektöre parça üretmek için kalite sertifikalarına sahip olmak şarttır. Tedarikçinin ISO9001 ve/veya AS9100 belgesine sahip olması gerekmektedir. Bu belgelerden birine sahip olan tedarikçi %50 puan alırken bu iki sertifika dışındaki belgeler ise %10 puan olarak hesaplanmaktadır.

Kaliteli Ürün Teslim Oranı: Havacılık ve uzay endüstrisi diğer endüstriler ile kıyaslandığında kalite kuralları bakımından daha keskindir. Ölçülmemiş ve kusurlu parçaların son kullanıcılara sevk edilmesine imkân verilmeyecek şekilde kalite süreçleri belirlenmiştir. Çalışılan tedarikçilerden gelen hammadde ve yarı mamullerin hatasız bir şekilde teslim alınması beklenmektedir. İşletmenin giriş kalite kontrolünde belirlenen ve kalite standartlarına uygun olmayan ürünler tedarikçiye iade edilerek performans kayıtlarına işlenmektedir.

Ölçüm Ekipman Seviyesi: Tüm tedarikçiler, zorluk derecesi nedeniyle üretilen parçalar için ölçüm ekipmanına sahip olmalıdır. Fason tedarikçilerin kalite ölçümlerinde CMM (Koordinat Ölçüm Makinaları), kumpas, mastar, mikrometre vb. ekipmanları bulundurması beklenmektedir.

Teslimat

Teslimat Zamanında Sapma: Tedarikçi, sipariş teyidinde termin süresini belirtmektedir. Bu termin süresinde 2 iş güne kadar gecikme kabul edilip tedarikçi performansına işlenirken 5 iş gününden sonraki gecikmeler bunun haricinde mali yaptırımlara tabi olmaktadır.

Kombine Sevkiyat: Kombine sevkiyatın organize edilmesi, etkin üretim planlama tekniklerinin kullanılmasıyla ilgilidir. Tedarikçi, zamanında teslimat hedefini göz önüne alarak birden fazla siparişi birleştirerek sevkiyat maliyetlerini azaltması talep edilmektedir.

Finansal Koşullar

Fiyat: Kalite kriterinden sonra işletme en ucuz fiyatı sunan tedarikçilerle çalışmayı tercih etmektedir. Tedarikçilerden alınan hammadde ve yarı mamullerin ortalama fiyatları piyasaya göre değerlendirilip 1 ile 5 arasında puanlandırılmıştır. En düşük fiyat veren tedarikçi 1 ile temsil edilmektedir.

Ödeme Vadesi: İşletme en uzun ödeme vadesi ile çalışmayı tercih etmektedir. İşletmenin sahip olduğu tedarikçiler 30 gün ile 75 gün arasında değişen vadeler ile iş yapmaktadır.

Kapasite

Torna ve Freze Makinelerinin Sayısı: Torna ve freze makinelerine sahip olmak, genel olarak fason parça üretimi için bir gerekliliktir. Parça paketlerinin dış kaynak kullanımı sayesinde parçalar, sahip oldukları makine sayısına ve makine özelliklerine göre tedarikçilere atanabilmektedir. Tedarikçilerin dış kaynak kullanımında beklenti en az dört makinedir. Bir dış kaynak tedarikçisi seçilirse, tedarikçi birden fazla tip parça üretebilmelidir.

Müşteri Ciro Payı: Müşteri ciro payı tedarikçi açısından işletmenin önemi ile doğrudan ilişkilidir. Tedarikçideki işletmenin payı diğerlerinden daha yüksekse, tedarikçi daha önemli müşteri olarak işletmeye ağırlık vermesi beklenmektedir.

Vardiya Sayısı: Tedarikçiden işletmeye parça akışının sağlanması, tedarikçinin tesisindeki vardiya sayısı ile ilgilidir. Tedarikçinin 3 vardiya çalışabilmesi özellikle acil sipariş durumunda tedarikçinin hızlı aksiyon alıp siparişi yetiştirmesine olanak sağlamaktadır.

4. Analiz ve Bulgular

Satın alma yöneticisi ile belirlenen tedarikçi seçim kriterleri, kriter limitleri, hedef değerleri ve spesifikasyon limitleri Tablo 2’de verilmiştir. Satın alma yöneticisinin Bulanık Sayılarla AHP Önem Ölçek Tablosundaki (Tablo 1) açıklamalara verdiği yanıtlara istinaden alt ve üst kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuş Buckley’in (1985) geometrik ortalama yöntemi adımları izlenerek hesaplanan kriter ağırlıkları yine Tablo 2’de gösterilmiştir. Taguchi Kayıp Fonksiyonunda k kayıp katsayılarını hesaplamak için teslim zamanından sapma ve fiyat kriterleri için düşük değer beklendiğinden denklem (4) kullanılmıştır. Diğer kriterler için ise yüksek değer beklentisi olduğundan denklem (3) uygulanmıştır. Denklemlerde yer alan “k” kayıp katsayısı değerini hesaplayabilmek için öncelikle hedeften sapmayı teslim eden spesifikasyon limitleri kullanılmaktadır. L(y) mali kayıp değeri tüm fonksiyonlar için 100 olarak kabul edilmiştir. Kayıp katsayı değerleri Tablo 2’de belirtilmiştir.

Tablo 2. Tedarikçi Seçim Kriterler Ağırlıkları ve Taguchi İndeksleri

Kriterler	Kriter Ağırlıkları	Hedef Değer	Limit Değerleri	Spesifikasyon Limiti (y-T)	k kayıp katsayısı
Kalite	0,362				
Kalite Ekibindeki Kişi Sayısı	0,068	5	2-5	2,00	400,00
Kalite Sertifikasyonları	0,236	100	%50-%100	0,50	25,00
Kaliteli Ürün Teslim Oranı	0,494	100%	%80-%100	0,80	64,00
Ölçüm Ekipman Seviyesi	0,202	4	2-4	2,00	400,00
Teslimat	0,204				
Teslim Zamanından Sapma	0,734	2	2-5	5	4,00
Kombine Sevkiyat	0,266	4	1-4	1	100,00
Finansal Koşullar	0,256				
Fiyat	0,673	1	1-5	5	4,00
Ödeme Vadesi	0,327	75	30-75	30	90000,00
Kapasite	0,178				
Sahip olunan Torna ve Freze Makine Sayısı	0,451	10,00	4-10	4,00	1600,00
Müşteri Ciro Payı	0,217	25%	%15-%25	0,15	2,25
Vardiya Sayısı	0,332	3	2-3	2	400,00

Tedarikçilerin belirlenen her bir alt kritere ilişkin sahip oldukları performans değerleri (y) geçmiş verilerinin aritmetik ortalamasına göre hesaplanmış ve Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Tedarikçi Performans Değerleri

Tedarikçi	Kalite				Teslimat		Finansal Koşullar		Kapasite		
	Kalite Ekibindeki Kişi Sayısı	Kalite Sertifikasyonları	Kaliteli Ürün Teslim Oranı	Ölçüm Ekipman Seviyesi	Teslim Zamanından Sapma	Kombine Sevkiyat	Fiyat	Ödeme Vadesi	Torna ve Freze Makine Sayısı	Müşteri Ciro Payı	Vardiya Sayısı
A	3,00	3,00	0,87	3,00	3	1	2	45	5	0,18	3
B	5,00	2,00	0,92	2,00	3	2	1	75	6	0,22	2
C	4,00	4,00	0,89	4,00	2	2	3	30	6	0,05	2
D	2,00	2,00	0,98	4,00	5	3	5	60	8	0,12	3

Her bir tedarikçi performansı kriter hedefine bağlı olarak uygun Taguchi kayıp fonksiyonuna tabi tutulmuş ve hesaplanan Taguchi kayıp değerleri Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Tedarikçilerin Taguchi Kayıp Değerleri

Tedarikçi	Kalite				Teslimat		Finansal Koşullar		Kapasite		
	Kalite Ekibindeki Kişi Sayısı	Kalite Sertifikasyonları	Kaliteli Ürün Teslim Oranı	Ölçüm Ekipman Seviyesi	Teslim Zamanından Sapma	Kombine Sevkiyat	Fiyat	Ödeme Vadesi	Torna ve Freze Makine Sayısı	Müşteri Ciro Payı	Vardiya Sayısı
A	44,4	44,4	84,6	44,4	36,0	100,0	1,0	44,4	64,0	69,4	44,4
B	16,0	100,0	75,6	100,0	36,0	25,0	4,0	16,0	44,4	46,5	100,0
C	25,0	25,0	80,8	25,0	16,0	25,0	0,4	100,0	44,4	900,0	100,0
D	100,0	100,0	66,6	25,0	100,0	11,1	0,2	25,0	25,0	156,3	44,4

Tedarikçilerin kayıp değerleri önce normalize edilmiş, ardından alt ve üst kriter ağırlıklarıyla çarpılarak üst kriterlere göre toplam skorları hesaplanmıştır. Tablo 5'te tedarikçilerin skorları ve önem sıraları verilmiştir. Sonuçlara göre C tedarikçisi işletmeye maliyeti en az olduğundan bu tedarikçi ile ilk sırada çalışmak işletme açısından avantajlıdır. Özellikle kalite ve teslimat performans kayıplarının görece az olması bu tedarikçiyi öne çıkartmaktadır. İkinci sıradaki D tedarikçisi ise finansal koşullar ve kapasite kriterlerine göre işletmeye en az maliyet getirmektedir.

Tablo 5. Tedarikçi Seçim Sonuçları

Tedarikçi	Kalite	Teslimat	Finansal Koşullar	Kapasite	Tedarikçi Kayıp Skoru	Tedarikçi Önem Sırası
A	0,085	0,062	0,072	0,040	0,259	3
B	0,110	0,037	0,130	0,042	0,319	4
C	0,063	0,021	0,059	0,070	0,213	1
D	0,105	0,083	0,016	0,026	0,230	2

A, B ve D tedarikçilerini analiz etmek ve bu tedarikçilerin nasıl daha üst sıralara çıkabileceğini değerlendirmek için Tedarikçi Kayıp Analizi Şekil 2'de gösterilmiştir. Tedarikçilerin yüksek kriter puanları ile düşük kayıp değerlerine sahip olması beklenmektedir. Şekle göre minimum kayıp ve maksimum ağırlığına sahip 4. Bölge

işletme açısından istenen ideal tedarikçi kriter skorlarını barındırmaktadır. 1. ve 2. Bölgedeki tedarikçilerin performanslarının geliştirilmesi beklenmektedir. 1. ve 3. Bölgeler kriter önem derecesi düşük olduğundan öncelikle kriter puanları 2. Bölgede yer alan tedarikçilerin puanlarını 4. Bölgeye taşıması için değerlendirilmesi tercih edilmektedir. İkinci sıradaki D tedarikçisinin birinci sıraya geçebilmesi için öncelikle ortalama kaybın üzerine çıkmasında etkili olan teslim sürelerinde iyileştirme yapması önerilmektedir. İkinci olarak tedarikçinin kalite sertifikasyonlarını takip edip kalite ekibini büyütmesi gerekmektedir. Üçüncü sıradaki A tedarikçisinin ilk odaklanması gereken nokta fiyat performansıdır. Ardından sahip olduğu torna/freze makine sayılarını arttırması ve sevkiyatlarında sipariş birleştirmesi hususuna öncelik vermesi gerekmektedir. A tedarikçisinin ortalama kayıp üzerindeki performans puanları genellikle 2. Bölgede yer aldığından tedarikçinin geliştirilmesi büyük etki yaratacaktır. Son olarak B tedarikçisinin performans değerleri 1. ve 3. Bölgelerde yer aldığından işletmenin bu tedarikçinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar için öncelikli bütçe ayırmaması önerilmektedir.

Tedarikçilerin seçiminde kriter ağırlıklarının sıralamaya olan etkisini gözlemleyebilmek için farklı senaryolar üzerine çalışılmıştır. Öncelikle alt kriterlerin ve üst kriterlerin ağırlıklarının kendi aralarında birbirine eşit olduğu diğer bir deyişle ağırlıkların geçersiz olduğu durumda tedarikçi skorları ve sıralama Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Eşit Kriter Ağırlıklarına Göre Tedarikçi Seçim Sonuçları

Tedarikçi	Kalite	Teslimat	Finansal Koşullar	Kapasite	Tedarikçi Kayıp Skoru	Tedarikçi Önem Sırası
A	0,021	0,018	0,012	0,013	0,064	2,00
B	0,028	0,008	0,018	0,014	0,068	4,00
C	0,014	0,005	0,014	0,031	0,065	3,00
D	0,029	0,014	0,004	0,010	0,056	1,00

Tabloda görüldüğü üzere kriterlerin ağırlıklarının ortadan kalktığı durumda tedarikçi kayıp skorları ve önem sıraları değişmiştir. C tedarikçisi ilk sıradan üçüncü sıraya gerilerken D tedarikçisi ikinci sıradan ilk sıraya yükselmiştir. A tedarikçisi bir basamak öne çıkarken B tedarikçisinin sırası sabit kalmıştır.

Alt kriterlerin kriter ağırlıkları sabit tutulup üst kriterlerden birine yüksek önem puanı (0,7) diğerlerine ise düşük önem puanı (0,1) verecek şekilde Taguchi kayıp skorları tekrar hesaplanmış ve Tablo 7'de görüldüğü gibi tedarikçi önem sıralarındaki değişim belirtilmiştir.

Tablo 7. Farklı Kriter Ağırlıklarına Göre Tedarikçi Seçim Sonuçları

Tedarikçi	Kalite 0,7 Teslimat 0,1 Finansal Koşullar 0,1 Kapasite 0,1		Kalite 0,1 Teslimat 0,7 Finansal Koşullar 0,1 Kapasite 0,1		Kalite 0,1 Teslimat 0,1 Finansal Koşullar 0,7 Kapasite 0,1		Kalite 0,7 Teslimat 0,1 Finansal Koşullar 0,1 Kapasite 0,7	
	Tedarikçi Kayıp Skoru	Tedarikçi Önem Sırası	Tedarikçi Kayıp Skoru	Tedarikçi Önem Sırası	Tedarikçi Kayıp Skoru	Tedarikçi Önem Sırası	Tedarikçi Kayıp Skoru	Tedarikçi Önem Sırası
A	0,075	2,00	0,070	4,00	0,055	2,00	0,057	2,00
B	0,094	4,00	0,046	2,00	0,071	4,00	0,062	3,00
C	0,060	1,00	0,039	1,00	0,060	3,00	0,100	4,00
D	0,091	3,00	0,055	3,00	0,031	1,00	0,046	1,00

Sonuçlar incelendiğinde kalite ve teslimat kriterlerinin en önemli kriter olarak belirlendiği durumda C tedarikçisi, finansal koşullar ve kapasite kriterlerinin en önemli kriter olarak belirlendiği durumda ise D tedarikçisi en başarılı tedarikçi olarak seçilmektedir. A tedarikçisi kalite, finansal koşullar ve kapasite boyutlarında ikinci olarak başarılı bir profil çizmesine rağmen teslimat ile ilgili gelişimini arttırması gerekmektedir. B tedarikçisi ise finansal koşul dışındaki kriterlerde diğer tedarikçilerden geri kalarak işletmenin öncelik listesinde son sırada yer almaktadır.

5. Sonuç ve Tartışma

İşletmelerin tedarikçi seçimi stratejik bir karardır. Bu bağlamda tedarikçilerin özellikle tek bir kriter üzerinden değerlendirilmesi ve diğer boyutların ihmal edilmesi sığ bir bakış açısı olmaktadır. İşletmeler içinde buldukları sektörün gerekliliklerine bağlı olarak tedarikçi değerlendirme ve seçimi konusunda farklı kriterler belirleyebilmektedir. Literatürde kalite, fiyat ve zamanında teslimat gibi nicel ile çevresel, sosyal ve ilişkisel gibi nitel kriterlere tedarikçi değerlendirme kriterleri olarak sıklıkla rastlanmaktadır (Pi ve Low, 2006; Liao ve Kao, 2010; Choudhary ve Shankar, 2014; Azizi vd., 2015; Wang vd., 2020; Song vd., 2017; Demir vd., 2018; Krishankumar vd., 2020; Jia vd., 2020; Tong vd., 2022; Asadabadi vd., 2023).

Bu çalışma havacılık endüstrisinde yer alan bir işletme için tedarikçi seçim problemini ele almıştır. Bu sektör için özellikle kritik olan hatasız üretimin yanı sıra düşük maliyetli, talep edilen miktarda ve zamanında sipariş teslimi özellikleri öne çıkmaktadır. İşletmenin satın alma yöneticisi ile yapılan görüşmeler sonucunda kalite, finansal koşullar, teslimat ve kapasite üst kriterler olarak belirlenmiştir. Destekleyici objektif ölçütler elde etmek için bu kriterler altında alt kriterler oluşturulmuştur. Tedarikçilerin kalite ekibindeki kişi sayısı, kalite sertifikasyonları, kaliteli ürün teslim oranı, ölçüm ekipman seviyesi, teslim zamanından sapma, kombine sevkiyat, fiyat, ödeme vadesi, sahip olunan torna ve freze makine sayısı, müşteri ciro payı ve vardiya sayısı alt kriterlerine göre sahip oldukları performans değerleri kullanılmıştır.

Belirlenen kriterlere göre tedarikçilerin değerlendirilmesi ÇKKV problemi olarak ele alınmakta, öncelikle kriter ağırlıkları belirlenip ardından tedarikçi skorları hesaplanmaktadır. Her biri farklı özellikteki tedarikçilerin kriter ağırlıklarının hesaplanmasında ÇKKV yöntemlerinden Bulanık AHP yöntemi uygulanmış ve üst kriterler önem sırasına göre kalite, finansal koşullar, teslimat ve kapasite olarak belirlenmiştir. Alt kriterler ise kalite altında kaliteli ürün teslim oranı, kalite sertifikasyonları, ölçüm ekipman seviyesi ve kalite ekibindeki kişi sayısı, finansal koşullar altında fiyat ve ödeme vadesi, teslimat altında teslimat zamanında sapma ve kombine sevkiyat, kapasite altında ise sahip olunan torna ve freze makine sayısı, vardiya sayısı ve müşteri ciro payı olarak önem derecesi kazanmıştır. Kriter ağırlıklarının Bulanık AHP ile belirlenmesinden sonra performans değerlendirme aşamasında Taguchi yöntemi uygulanmıştır. Taguchi yöntemi, tedarikçi seçim yöntemi olarak tedarikçi performanslarının hedef değerden sapmalarıyla ilgilenmektedir (Pi vd., 2006; Liao vd., 2016; Ordoobadi, 2010; Azadeh ve Zarrin, 2014; Kumar vd., 2019). Taguchi Kayıp Fonksiyonu üzerinden tedarikçi kayıpları seçim skorları olarak kullanılmıştır. Sonuçlara göre dört tedarikçi arasından minimum kayba sahip olan C tedarikçisi işletmenin ilk sırada çalışması gereken tedarikçisi olarak belirlenmiştir. İkinci ve üçüncü sıradaki D ve A tedarikçileri geliştirme potansiyeli yüksek olan ve işletmenin odaklanması gerektiği önerisinde bulunulmuştur. B tedarikçisi ise işletmeye yük getiren ve iş ilişkisinin tekrar gözden geçirilmesi gerektiği sonucu görülmüştür.

Kayıp analizi sonuçlarına göre tedarikçileri geliştirmeye yönelik D tedarikçisinin teslimat sürelerinde iyileştirme yapması ve kalite sertifikasyonlarını arttırması önerilmektedir. Geliştirilmesi en avantajlı olan A tedarikçisinin rekabetçi bir fiyat politikası üzerinde çalışması önerilmektedir. Bununla birlikte sahip olduğu torna/freze makine sayılarını arttırarak daha fazla iş kapasitesine sahip olması beklenmektedir. Son olarak işletme açısından büyük etki yaratmayacağından B tedarikçinin geliştirilmesi için bütçe ayrılmasına gerek görülmemektedir. Yapılan duyarlılık analizine göre farklı kriter ağırlıklarında sonuçların nasıl değiştiği ortaya konmuştur. İşletmenin zaman içerisinde kriter ağırlıklarını güncelleyerek tedarikçilerin performanslarını değerlendirebileceği gösterilmiştir.

Havacılık sektöründeki endüstriyel tedarikçilerin seçimi bağlamında Bulanık AHP ve Taguchi yöntemlerini birlikte ele alması bu çalışmanın özgün değerini oluşturmaktadır. Çalışmada işletmelerin belirlenen farklı kriterler altında kendisine en düşük kayıp yaratan tedarikçiler ile öncelikli olarak çalışması ve geliştirilmeye uygun tedarikçilere yönelerek değerlendirmeler yapmasına olanak verecek bir bakış açısı ortaya konmuştur. Önceki çalışmalar özellikle kalite, fiyat ve zamanında teslimat gibi ana kriterler üzerinden tedarikçilerin performanslarını değerlendirmişlerdir (Pi ve Low, 2006; Liao ve Kao, 2010; Choudhary ve Shankar, 2014; Azizi vd., 2015; Wang vd., 2020). Bu çalışmada genel kriterler altında daha somut alt kriterler belirlenerek değerlendirme boyutları detaylandırılmıştır. Örnek işletmenin tedarikçi seçimi için veri erişilebilirliği açısından belli bir ürün grubunun ele alınması ise çalışmanın sınırlılığı olarak görülmektedir. Sonraki çalışmalarda bu yaklaşımın daha fazla tedarikçiye sahip ürün grupları için uygulanması ve bu tedarikçilerin segmentlerle değerlendirilmesi işletmelerin ihtiyaçlarını karşılama konusunda daha verimli olacaktır. Ayrıca gelecek çalışmalarda tedarikçi performans verilerinin trend analizi gibi yöntemlerle gelecek tahmini performans değerlerinin kullanılması tedarikçilerin seçiminde daha geçerli bir izdüşüm sağlayabilir.



Şekil 2. Tedarikçi Kayıp Analiz

Kaynaklar

- Albino, V. ve Garavelli (1998). A neural network application to subcontractor rating in construction firms, *International Journal of Project Management*, 16(1), 9-14.
- Asadabadi, M.R., Ahmadi, H.B., Gupta, H. ve Liou, J.J.H. (2023). Supplier selection to Support environmental sustainability: the stratified BWMTOPSIS method, *Annals of Operations Research*, 322, 321-344.
- 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, 11-23.
- Azadeh, A., Zarrin, M. ve Salehi, N. (2016). Supplier selection in closed loop supply chain by an integrated simulation-Taguchi-DEA approach, *Journal of Enterprise Information Management*, 29(3), 302-326.
- Azizi, A., Yarmohammadi, Y. ve Yasini, A. (2015). Superior Supplier Selection- A Joint Approach of Taguchi, AHP, and Fuzzy Multi-Objective Programming, *Aust. J. Basic & Appl. Sci.*, 9 (2), 163-170.
- Beşkese, A. ve Şakra, A. (2010). A model proposal for supplier selection in automotive industry, 14th international research/expert conference TMT, Mediterranean Cruise, 11-18 Eylül 2010.
- Buckley, J. J. (1985). Fuzzy hierarchical analysis, *Fuzzy Sets and Systems*, 17(3), 233-247.
- Chamodrakas, I., Batis, D. ve Martakos, D. (2010). Supplier selection in electronic marketplaces using satisficing and fuzzy AHP, *Expert Systems with Applications*, 37(1), 490-498.
- Chan, F., Chan, H., Ip, R. ve Lau, H. (2007). A decision support system for supplier selection in the airline industry, *Journal of Engineering Manufacturing*, 221(4), 741-758.
- Chang, D.Y. (1992). Extent Analysis and Synthetic Decision. *Optimization Techniques and Applications*, 1, 352-355.
- Choudhary, D. ve Shankar, R. (2014). A goal programming model for joint decision making of inventory lot-size, supplier selection and carrier selection, *Computers & Industrial Engineering*, 71, 1-9.
- Çalık, A. (2021). A novel Pythagorean fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodology for green supplier selection in the Industry 4.0 era. *Soft Comput*, 25, 2253-2265.
- De Boer, L, Labro E. Ve Morlacchi P. (2001). A review of methods supporting supplier selection, *EJ Purch Supply Manag.* 7:75-89.
- Demir, L., Akpınar, M.E., Araz, C. ve Ilgin, M.A. (2018). A green supplier evaluation system based on a new multi-criteria sorting method: Vikorsort, *Expert Systems with Applications*, 114, 479-487.
- Donald, R. ve O'Shaughnessy, J.L. (1982). Decision Criteria Used in Buying Different Categories of Products, *J.Purch. Mater. Manag.*, 18, 9-14.
- Dostaler, I. (2013). Competing in the global aerospace supply chain: The case of the Canadian aerospace industry, *Oper Manag Res*, 6, 32-43.
- Ecer, F. (2022). Multi-criteria decision making for green supplier selection using interval type-2 fuzzy AHP: a case study of a home appliance manufacturer, *Oper Res Int J*, 22, 199-233.
- Galankashi, M. R., Helmi, S. A. ve Hashemzahi, P. (2016). Supplier selection in automobile industry: A mixed balanced scorecard-fuzzy AHP approach, *Alexandria Engineering Journal*, 55(1), 93-100.
- Gülen, K.G. (2007). Supplier selection and outsourcing strategies in supply chain management, *Journal of Aeronaut Space Technology*, 3(2):1-6.
- Gören, H.G. (2018). A decision framework for sustainable supplier selection and order allocation with lost sales, *J. Clean. Prod.*, 183, 1156-1169.
- Ho, W., Xu, X. ve Dey P.K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review, *European Journal of Operational Research*, 202 (1), 16-24.
- Holt, G.D. (1998). Which contractor selection methodology?, *International Journal of Project Management*, 16 (3), 153-164.

- Jain, V., A.K. Sangaiah, S. Sakhuja, N. ve Thoduka, R. (2016). Aggarwal Supplier selection using fuzzy AHP and TOPSIS: a case study in the Indian automotive industry, *Neural Computing and Applications*, 1-10.
- Jia, R., Liu, Y. ve Bai, X. (2020). Sustainable supplier selection and order allocation: Distributionally robust goal programming model and tractable approximation, *Computers & Industrial Engineering*, 140, 106267.
- Kethley, R. B., Waller, B. D. ve Festervand, T.A. (2002). Improving customer service in the real estate industry: A property selection model using Taguchi loss functions, *Total Quality Management*, 13(6), 739-748.
- Koul, S. Ve Verma, R. (2011). Dynamic vendor selection based on fuzzy AHP, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 22, 963-971.
- Krishankumar, R., Gowtham, Y., Ahmed, I., Ravichandran, K. ve Kar, S. (2020). Solving green supplier selection problem using q-rung orthopair fuzzy-based decision framework with unknown weight information, *Applied Soft Computing*, 94, 106431.
- Kumar, D., Rahman, Z. ve Chan, F.T.S. (2017). A fuzzy AHP and fuzzy multi-objective linear programming model for order allocation in a sustainable supply chain: A case study, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 30, 535-551.
- Kumar, R., Padhi, S. S. ve Sarkar, A. (2019). Supplier Selection of an Indian Heavy Locomotive Manufacturer: An Integrated Approach using Taguchi Loss Function, TOPSIS, and AHP, *IIMB Management Review*, 31, 78-90.
- Lemke, F, Goffin, K, Szwejcowski, M, Pfeiffer, R. Ve Lohmüller, B. (2000). Supplier Base Management: Experiences from the UK and Germany, *International Journal of Logistics Management*, 11, 45-58.
- Liang, Z., Miao, J., Brown, T., Sachdev, A.K., Williams, J.C. ve Luo, A.A. (2018). A low-cost and high-strength Ti-Al-Fe-based cast titanium alloy for structural applications, *Scripta Mater.*, 157, 124-128.
- Liao, C. ve Kao, H. (2010). Supplier selection model using Taguchi loss function, analytical hierarchy process and multi choice goal programming, *Computers and Industrial Engineering*, 58 (4), 571-577.
- Lima J.,F.R. ve Carpinetti, L.C.R. (2016). Combining SCOR® model and fuzzy TOPSIS for supplier evaluation and management, *International Journal of Production Economics*, 174, 128-141.
- Lo, S.C. ve Sudjarmika, F.V. (2016). Solving multi-criteria supplier segmentation based on the modified FAHP for supply chain management: A case study, *Soft Computing*, 20, 4981-4990.
- Manoliadis, O. ve Tsolas, I. (2009). Decision analysis framework for vendor selection in construction projects in Greece, *J Public Procure.*, 9, 248-261.
- Magdalena, R. (2012). Supplier Selection for Food Industry: A Combination of Taguchi Loss Function and Fuzzy Analytical Hierarchy Process, *The Asian Journal of Technology Management*, 5(1) 13-22.
- Mehdi, K.G., Amiri, M., Zavadskas, E.K. ve Antucheviciene, J. (2017). Supplier evaluation and selection in fuzzy environments: a review of MADM approaches, *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 30(1), 1073-1118.
- Ming-Lang, T., Chiang, J. H. ve Lan, L. W. (2009). Selection of Optimal Supplier in Supply Chain Management Strategy with Analytic Network Process and Coquet Integral, *Computers & Industrial Engineering*, 57, 330-340.
- Modibbo, U.M., Musa, H., Aquil, A. ve Irfan, A. (2021). Multi-criteria decision analysis for pharmaceutical supplier selection problem using fuzzy TOPSIS, *Management Decision*, 60(3), 806-836.
- Ng, S.T. ve Skitmore, R.M. (1995). CP-DSS: decision support system for contractor prequalification, *Civil Engineering Systems: Decision Making Problem Solving*, 12 (2), 133-160.
- Nguyen, T.L., Nguyen, P.H., Pham, H.A., Nguyen, T.G., Nguyen, D.T., Tran, T.H., Le, H.C., ve Phung, H.T. (2022). A Novel Integrating Data Envelopment Analysis and Spherical Fuzzy MCDM Approach for Sustainable Supplier Selection in Steel Industry, *Mathematics*, 10 (11), 1897.

- Oliveira, M., Fontes, D. B. M. M. ve Pereira, T. (2015). Evaluating vehicle painting plans in an automobile assembly plant using an integrated AHP-PROMETHEE approach. *International Transactions in Operational Research*, 1–24.
- Ordoobadi, S.M. (2010). Application of AHP and Taguchi loss functions in supply chain, *Industrial Management and Data Systems*, 110 (8), 1251-1269.
- Pi, W.N. ve Low, C. (2006). Supplier evaluation and selection via Taguchi loss functions and an AHP, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 27(5-6), 625–630.
- Rahman, Md. M., Bari, A.B.M.M, Ali, S.M., ve Taghipour, A. (2022). Sustainable Supplier Selection in the Textile Dyeing Industry: An Integrated Multi-Criteria Decision Analytics Approach, *Resources Conservation and Recycling*, 15, 1-13.
- Rasmussen, A., Sabic, H., Saha, S. ve Nielsen, I. E. (2023). Supplier selection for aerospace & defense industry through MCDM methods. *Cleaner Engineering and Technology*, 12, 100590.
- Russell, R., Wells, D., Waller, J., Poorganji, B., Ott, E., Nakagawa, T. ve Seifi, M. (2019). Qualification and certification of metal additive manufactured hardware for aerospace applications, *Additive Manufacturing for the Aerospace Industry*, 33–66.
- Saputro, T.E., Figueira, G. ve Almada-Lobo, B. (2022). A comprehensive framework and literature review of supplier selection under different purchasing strategies, *Computers & Industrial Engineering*, 167, 1-20.
- Schmelzle, U. ve Mukandwal, P. (2022). The impact of supply chain relationship configurations on supplier performance: investigating buyer–supplier relations in the aerospace industry, *The International Journal of Logistics Management*, <https://doi.org/10.1108/IJLM-12-2020-0465>.
- Sharma, S. ve Balan, S. (2013). An integrative supplier selection model using Taguchi loss function, TOPSIS and multi criteria goal programming, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 24 (6), 1123-1130.
- Shmelova, T., Sikirda, Y., Yatsko, M. ve Kasatkin, M. (2022). Collective Models of the Aviation Human-Operators in Emergency for Intelligent Decision Support System, in *IntelITSIS'2022: 3rd International Workshop on Intelligent Information Technologies and Systems of Information Security*, March 23–25, Khmelnytskyi, Ukraine.
- Secundo, G., Magarielli, D., Esposito, E. ve Passiante, G. (2017). Supporting decision-making in service supplier selection using a hybrid fuzzy extended AHP approach, *Business Process Management Journal*, 23(1), 196–222.
- Song, S., Xu, Z. ve Liu, H. (2017). Developing sustainable supplier selection criteria for solar air-conditioner manufacturer: An integrated approach, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 1461-1471.
- Stadtler, H. (2015). Supply chain management: An overview, In *Supply chain management and advanced planning*, Springer, 3–28.
- Swamy, A. ve Mishra S.K., (2021). AHP (Analytical Hierarchical Process): A novel approach of decision making in Aerospace industry supply chain optimization, *Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry*, 12(6), 6230-6243.
- Taguchi, G. (1986). *Introduction to quality engineering: designing quality into products and processes*, Asian productivity organization, Tokyo.
- Timmerman, E. (1986). An approach to vendor performance evaluation, *Journal of Purchasing and Supply Management*, 1, 27-32.
- Tong, L.Z., Wang, J. ve Pu, Z. (2022). Sustainable supplier selection for SMEs based on an extended PROMETHEE II approach, *Journal of Cleaner Production*, 330(1), 1-18.
- Torres-Sanchez, E.M., Saucedo-Martinez, J.A., Marmolejo-Saucedo, J.A. ve Rodriguez-Aguilar, R. (2023). Multi-criteria Decision-Making for Supplier Selection Using Performance Metrics and AHP Software: A Literature Review, in *Smart Applications with Advanced Machine Learning and Human-Centred Problem Design. ICAIAME 2021*, Springer, Cham.

- Triantaphyllou, E. (2000). *Multi-criteria decision making methods: A comparative study*. Kluwer Academic Publishers, London.
- Wang C.N., Tsai H.T., Ho T.P., Nguyen V.T., ve Huang Y.F. (2020). Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Model for Supplier Evaluation and Selection for Oil Production Projects in Vietnam. *Processes*, 8(2), 134.
- Weber, C.A. ve Desai, A. (1996). Determination of paths to vendor market efficiency using parallel co-ordinates representation: a negotiation tool for buyers, *European Journal of Operations Research*, 90, 142-55.
- Wisner, J., Tan, K. C. ve Leong, G. (2008). *Principles of supply chain management*. Boston, MA: Cengage Learning.
- Vasina, E. (2014). Analyzing the process of supplier selection. The application of AHP Method, in *Degree Programme in Industrial Management*, Centria University of Applied Sciences.
- Yadav, V. ve Sharma, M.K. (2016). Multi-criteria supplier selection model using the analytic hierarchy process approach, *Journal of Modelling in Management*, 11 (1), 326–354.
- Yazdani, M. (2014). An integrated MCDM approach to green supplier selection, *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 5, 443–458.
- Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy sets, *Information and Control*, 8, 338-353.