



İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

Istanbul Commerce University Journal Of Science

<http://dergipark.gov.tr/ticaretfbd>



Araştırma Makalesi / Research Article

OTOMOTİV SANAYİNDE TEDARİKÇİ PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ *

A MODEL PROPOSAL FOR SUPPLIER PERFORMANCE EVALUATION IN THE
AUTOMOTIVE INDUSTRY

Öznur ŞAHİN¹

Berk AYVAZ²

Sorumlu Yazar / Corresponding Author
oznur.shn100@gmail.com

Geliş tarihi / Received
09.03.2020

Kabul tarihi / Accepted
22.05.2020

Öz

Hızla büyüyen rekabetçi piyasada, firmaların çalışmak istediği tedarikçileri seçme ve değerlendirme süreci karmaşık bir seçim problemi olarak firmaları tehdit etmektedir. Stratejik kararların gerçekleşmesi açısından çalıştıkları tedarikçileri belirli ölçütlere göre değerlendirme ve seçme süreci, işletmeler için hayati önem taşımaktadır. Bu bağlamda hangi tedarikçi ile çalışılmak istendiğinin ve en önemli unsur niteliğindeki tedarikçiden neyin ne kadar sipariş verileceği kararının doğru ve sistematik bir şekilde planlanması gerekir. Bu çalışma, otomotiv sanayiinde faaliyet gösteren bir firmanın tedarikçi performans değerlendirmesi problemi üzerinde odaklanmıştır. Bu çalışmadaki amaç, otomotiv sanayiinde çeşitli kriterler doğrultusunda performans değerlendirme ölçütleri belirlemek, bu ölçütlere dayanarak potansiyel tedarikçileri belirlenen kriterler doğrultusunda değerlendirmek ve en uygun olanını belirlemektir. Bu amaçla çok kriterli karar verme tekniklerinden Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) yöntemi ile kriterler ağırlıkları belirlenmiş ve Bulanık Electre yöntemi ile de belirlenen alternatiflerin sıralaması gerçekleştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Bulanık AHP yöntemi, bulanık Electre yöntemi, çok kriterli karar verme yöntemleri, tedarikçi performans değerlendirmesi.

Abstract

In the competitive market, the process of selecting and evaluating suppliers that firms want to work challenges firms as a complex selection problem. The process of evaluating and selecting suppliers based on certain criteria for the realization of strategic decisions is important for businesses. For this reason, it is necessary to plan accurately and systematically which decision to work with which supplier and what and how much to order from the supplier. This study focused on the problem of supplier performance evaluation of a company operating in the automotive industry. The aim of the study is to determine performance evaluation criteria in line with various criteria in the automotive industry, to evaluate potential suppliers according to these criteria with the criteria determined and to determine the most appropriate one. For this purpose, the criteria weights were determined by the Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) method and the alternatives determined by the Fuzzy Electre method were also sorted.

Keywords: Fuzzy AHP method, fuzzy Electre method, multi criteria decision making, supplier performance evaluation.

*Bu çalışma, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yapılan "OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE TEDARİKÇİ PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ İÇİN YENİ BİR MODEL ÖNERİSİ" başlıklı yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

¹İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Küçükyalı, İstanbul, Türkiye.
oznur.shn100@gmail.com, Orcid.org/0000-0003-2516-9796

²İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Programı, Küçükyalı, İstanbul, Türkiye.
bayvaz@ticaret.edu.tr, Orcid.org/0000-0002-8098-3611

1. GİRİŞ

Firmaların yaşamlarını sürdürebilmeleri ve rakiplerine karşı üstünlük sağlayabilmeleri için gelişen teknolojiyi yakından takip ederek buna ayak uydurmaları ve kaynaklarını en etkin ve verimli bir şekilde sağlayabilecek yeni bir model arayışı içinde olmaları gerekir. Bu gereksinimler işletmelerin önüne Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY) kavramının çıkmasına neden olmaktadır. TZY'deki en önemli süreçlerden birisi de satın alma sürecidir. Değişen müşteri taleplerine daha hızlı ve doğru bir şekilde cevap verebilmelerine bağlı olarak satın alma kararları giderek karmaşıklaşmaktadır. Bu gelişmeler satın alma kararlarının alınmasında, tedarikçi seçimi ve değerlendirmesinin önem kazanmasına sebep olmuştur.

Doğru tedarikçilerle çalışmak, firmaların hedeflerine ulaşması için atılacak önemli bir adımdır. Otomotiv sanayii içinde tedarikçi seçimi ve performans değerlendirilmesi stratejik bir önem taşımaktadır. Otomotiv sanayii, içerdiği gerek ana üreticileri gerekse bu ana üreticilerin tedarikçileri olmak üzere ekonomiye katkı sağlayan birçok kuruluşu bünyesinde barındıran geniş bir yelpazeye sahip bir sektördür. Bu durumda otomotivde tedarikçi seçiminin ve değerlendirmesinin üzerinde durulması gereken önemli bir nokta olduğunu gösterir.

Bu çalışmada, otomotiv sanayiinde faaliyet gösteren bir üretim firmasının, tedarikçi performans değerlendirmesini analiz etmek için model oluşturulmuştur. Bu amaçla, uygulamanın gerçekleştirildiği firmanın Tedarik Zinciri Bölümü'nde çalışan üç karar vericiyle birlikte ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. Karar vericilerden biri Tedarik Zinciri Müdürü, diğer ikisi Satın Alma Uzmanı olmak üzere, alanında yetkin 3 uzman tarafından, kriterler belirlenmiş ve ürün ve hizmet satın alınan üç adet tedarikçi, belirlenen bu kriterler çerçevesinde değerlendirilmiştir. Her bir kriterin Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) modeli ile ağırlıkları belirlenmiş ve sonrasında Bulanık Electre yöntemi ile tedarikçi performans ölçümü yapılarak, tedarikçiler performanslarına göre sıralanmıştır. Bulanık AHP bütün ölçütler için en iyi olanı belirleyen ve sözel belirsizliği sayısal verilere dönüştüren bir yaklaşım olması, Bulanık Electre yönteminin de her bir kriter için tüm alternatiflerin ikili olarak kıyaslanması ve uyum – uyumsuzluk üstünlük değerlerinden yola çıkarak alternatifleri en baskın değerden en zayıfa doğru bir sıralama yapması amacıyla ilgili sektördeki çalışmalara ışık tutacaktır. Bu bulgularla, Bulanık AHP ve Bulanık Electre yöntemlerinin geçerliliği bilimsel analiz edilmiş, tedarikçiler bilimsel bir yaklaşımla değerlendirilmiş, tedarikçilerin uyum - uyumsuzluk üstünlükleri belirlenmiştir. Bu sonuçların, bir yöntemin sınanması anlamında literatüre, tedarikçiler arasında performans sıralamalarını öğrenerek kendilerini iyileştirme çalışmalarına yol göstermesi bakımından tedarikçilere, tedarikçilerin görece önceliklerini belirlemesi bakımından da işletmelere katkı sağlaması beklenebilir.

Araştırmada ilk olarak tedarikçi değerlendirme ve seçme yöntemleriyle ilgili literatür gözden geçirilmiştir. Daha sonra Bulanık AHP ve Bulanık ELECTRE yöntemleri teorik olarak anlatılmıştır. Otomotiv sanayiine özgü değerlendirme kriterleri ve uygun AHP modeli tanıtılmış, örnek işletme verilerinden, elde edilmiş uygulama bulgularına yer verilmiştir. Son olarak, çalışmanın sonuçları değerlendirilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Birçok işletme için gerek üretim faaliyetlerinde gerekse lojistik planlama faaliyetlerindeki en önemli bileşenlerden birisi tedarikçi seçme sürecidir. İşletmelerde tedarikçi seçiminin doğru ve etkin bir şekilde yapılamaması, firmaları finansal ve operasyonel olarak zarara uğratmakla birlikte, firmanın içinde bulunduğu tedarik zincirlerinde de birçok problemin yaşanmasına neden olabilmektedir. Tedarikçi seçiminin doğru bir şekilde yapılabilmesi ise, satın alma maliyetlerinde

azalma sağlarken, firmaların da rekabet gücünün artmasına imkan sağlamaktadır. Günümüzde işletmeler çalışabilecekleri birçok tedarikçi bulabilmektedir. Bu durum da, rekabetin yoğun olduğu günümüz dünyasında, işletmeler açısından tedarikçi değerlendirme ve seçim problemini önemli bir hale getirmektedir (Göktürk vd., 2011).

Bu bölümde tedarikçi seçim ve performans değerlendirme konusu üzerinde yapılan çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmalarda kullanılan kriter ve uygulanan çözüm yöntemleri analiz edilmiştir.

L1, Fun ve Hung (1997), yaptığı çalışmada, bir tedarikçi performans ölçüsü önermek ve VPI (Tedarikçi Performans Endeksi) adı verilen bir endeks elde etmeyi amaçlamıştır. Tedarikçi performans kriterleri olarak kalite, maliyet, teslimat, esneklik ve cevap süresi belirlenmiştir. Çalışmada, Fuzzy Bag yöntemi kullanılmış, nitel ve nicel belirlenen bütün kriterler için tüm puanlar, SUR adı verilen ağırlıklı ortalamaların sezgisel toplamı ile çözülmüştür (L1 vd., 1997).

Dulmin ve Mininno (2002), çok kriterli karar verme yöntemlerinden Promethee Analizi Yöntemi kullanılarak karayolu ve demiryolu taşımacılığı alanında faaliyet gösteren orta ölçekli bir İtalyan firmasına uygulanmıştır. Tedarikçi seçimi için fiyat artışı, işlem süresi, prototip yapımı süresi, tasarım revizyon zamanı, kalite sistemi, eş tasarım ve teknoloji olmak üzere 7 adet ana kriter belirlenmiştir (Dulmin ve Mininno, 2002).

Wang, Huang ve Dismukes (2003), çalışmasında tedarikçi seçiminde hem kalitatif hem de kantitatif faktörleri dikkate almak için entegre bir analitik hiyerarşi süreci (AHP) ve önleyici hedef programlama (PGP – Preemptive Goal Programming) temelli çok kriterli karar verme metodolojileri kullanılmıştır. Tedarikçi seçim problemi için teslimat güvenilirliği, esneklik, maliyet ve varlıklar kriterleri belirlenmiştir (Wang vd., 2003).

Güner (2005), Denizli’de faaliyet gösteren bir mermer–traverten işletmesinin tedarikçi değerlendirme ve seçim problemi ele alınmıştır. Bu uygulamada Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Bulanık AHP tercih edilmiştir, ikili karşılaştırmalarda bulanık sayılar ve dilsel değişkenler kullanılmıştır. Bu çalışma sonucunda tedarikçi seçimi problemi için ürün, pazar, servis ve firma olarak dört ana kriter belirlenmiş ve her bir ana kriter için alt kriterleri listelenmiştir (Güner, 2005).

Akman ve Alkan (2006), yaptığı çalışmada Kocaeli’ de faaliyet gösteren bir firmanın tedarikçi performansının değerlendirilmesi problemi incelenmiştir. Problem çözüm yöntemi olarak Bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmada, tedarikçi performansının değerlendirilmesinde teknik yeterlilik, teslimat, kalite, hizmet, esneklik, fiyatlandırma ve yenilik kriterleri belirlenmiştir (Akman ve Alkan, 2006).

Sevкли, Koh, Zaim, Demirbağ ve Tatoğlu (2007), tedarikçi seçim analizi çalışmasının amacı, beyaz eşya sektöründe faaliyet gösteren Avrupa’nın ikinci büyük üreticisi Beko’nun, tedarikçi seçim problemine ilişkin hibrit(karma) bir model geliştirmektir. Bu çalışmada tedarikçi seçimi, Analitik Hiyerarşik Süreci Ağırlıklı Bulanık Doğrusal Model(AHP – FLP) yöntemleri uygulanmıştır. Performans değerlendirme, insan kaynakları, kalite sistem değerlendirme, üretim, iş kriterleri ve bilgi teknolojileri olmak üzere 5 ana kriter belirlenmiştir. Çalışmada ana kriterlere ek olarak 25 adet alt kriter belirlenmiştir (Sevкли vd., 2007).

Küçük ve Ecer (2008), perakende sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın tedarikçilerini Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) kullanarak değerlendiren bir çalışmadır. Ele alınan bu çalışmada tedarikçi performans değerlendirme ana kriterleri olarak, maliyet, kalite, teslimat ve profil şeklinde belirlenmiştir (Küçük ve Ecer, 2008).

Ross ve Buffa (2009), Veri Zarflama Analizi yöntemini kullanarak, satıcı performansının tedarikçi performansı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bu doğrultuda, hem satıcı davranışını hem de tedarikçi davranışını etkileyen performans faktörleri kullanılarak tedarikçi değerlendirme amaçlanmıştır. Veri iletişim teknolojilerinin kullanımının izlenmesi, kalite ve teslimat uygulamaları, kararlılık ve planlama güvenilirliği olmak üzere 3 ana kriter belirlenmiştir (Ross ve Buffa, 2009).

Awasthi, Chauhan ve Goyal, (2010), çalışmada tedarikçilerin çevresel performansını değerlendirmek için bulanık çok kriterli karar verme metodolojisi yaklaşımı kullanılmıştır. Bu bağlamda problem çözümünde Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Ele alınan makalede, tedarikçi değerlendirme için 12 adet kriter belirlenmiştir. Belirlenen bu kriterler, çevre dostu teknolojinin kullanımı, çevre dostu malzeme kullanımı, yeşil pazar payı, yeşil kuruluşlarla ortaklık, yönetim taahhüdü, çevre politikalarına bağlılık, yeşil arge projeleri, çalışan eğitimi, yalın süreç planlaması, çevre için tasarım, çevre belgelendirmeleri, kirlilik kontrolü girişimleri şeklindedir (Awasthi vd., 2010).

Andıkaçtı (2011), Veri Zarflama Analizi (VZA) ve Analitik Hiyerarşi (AHP) yöntemleri kullanılarak, bir perakende firmasında tedarikçi etkinliği ölçümü yapılmıştır. Bu çalışmada tedarikçi performans ölçümü için kullanılan kriterler; maliyet, red(ıskarta) oranı, stok devir hızı, envanter brüt kar marjı, satış kalitesi, satış performansı, konum, teslimat ve ortaklık şeklindedir (Andıkaçtı, 2011).

Hassanzadeh ve Zhang (2012), çalışmada, Bulanık Küme Teorisi (FST – Fuzzy Set Theory) yöntemi kullanılarak tedarikçi seçim ve değerlendirme problemi ele alınmıştır. Bu çalışmada tedarikçi seçim ve değerlendirme 3 başlık altında yapılmıştır. Bunlar; tedarikçi ilişkili, bölüm ilişkili ve süreç ilişkili şeklindedir. Tedarikçi ilişkili belirlenen kriterler; maliyet, teslimat ve deneyim kriterleridir. Bölüm ilişkili belirlenen kriterler; kalite, güvenlik ve geri dönüşüm kriterleridir. Süreç ilişkili belirlenen kriterler ise, süreç kapasitesi, tasarım süreci, atıkların azaltılması ve teknoloji kullanımı şeklindedir (Hassanzadeh ve Zhang, 2012).

Bai ve Sarkis (2014), sürdürülebilir tedarik zinciri performans ölçümünün belirlenen KPI lar kullanılarak göreceli performansı değerlendirilmiştir. Maliyet, zaman, kalite, esneklik ve inovasyon kriterleri kullanılmış ve çok kriterli karar verme tekniklerinden Veri Zarflama Analizi yöntemi kullanılarak performans ölçümü yapılmıştır (Bai ve Sarkis, 2014).

Zollo (2015), İtalya’da kitle taşımacılığı alanında çalışan ve aynı malzeme sınıfını üreten, 38 tedarikçisi bulunan büyük bir şirkette tedarikçilerin yetkinliklerinin ve teknik bilgilerinin haritalanması ve değerlendirilmesi için bir metodoloji sunmayı amaçlamaktadır. Tedarikçi performans değerlendirme için finans, insan kaynakları, endüstri özellikleri ve konumlandırma, bilgi/teknoloji edinme ve yönetimi, pazarlama, örgütsel rekabet edilebilirlik, ürün geliştirme, üretim ve lojistik yönetimi, ilişki kurma ve koordinasyon kriterleri kullanılmıştır. Problem çözümünde Fuzzy Bilgi Sistemi kullanılmıştır (Zollo, 2015).

Uçar (2016), çalışmada Türkiye petrol piyasasında tedarikçi seçimi problemi Bulanık Küme Teorisi, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), TOPSIS ve amaç programlamadan oluşan melez bir yaklaşım ile çözümlenmeye çalışılmıştır. Tedarikçi seçimi için karlılık, finans, marka, bayi desteği ve lojistik olmak üzere 5 adet kriter belirlenmiştir. Her bir kritere ait 22 tane de alt kriter belirlenmiştir (Uçar, 2016).

Yalçın (2017)’in çalışmada, yeşil tedarik zinciri içerisinde en iyi tedarikçinin seçimi amaçlanmıştır. Çalışmada kriterler kalite, fiyat, teslimat, esneklik ve çevre olarak belirlenmiştir.

Belirlenen kriterler çerçevesinde, Sezgisel Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (IF–AHP) ve Promethee teknikleri kullanılarak en iyi tedarikçinin belirlenmesi amaçlanmıştır (Yalçın, 2017).

Gholamrezanezhad (2017), İran petrol endüstrisinde ele alınan çalışmada, tedarikçi seçimini araştırmak için maliyet, zaman, kalite, ekipman ve mesafe olmak üzere 5 ana kriter belirlenmiştir. Çok kriterli karar verme tekniklerinden TOPSIS yöntemi kullanılarak tedarikçi seçimi gerçekleştirilmiştir (Gholamrezanezhad, 2017).

Saraç (2018), üniversitelerde kullanılan demirbaş teknolojik ürünlerin satın alımında rol oynayan tedarikçilerin seçim problemi incelenmiştir. Çalışma kapsamında, tedarikçi seçim kriterleri, marka, fiyat, kalite, teslimat ve hizmet olarak belirlenmiştir. Belirlenen kriterlere göre çok kriterli karar verme tekniklerinden AHP yöntemi kullanılmış ve sonuçları analiz edilmiştir (Saraç, 2018).

Min, Chao, Nan-Ping, Guang-Yan, Wen-Jun ve Shan-Lin, Y (2018), Çin’de yüksek hızlı tren endüstrisinde tedarikçi performans değerlendirme çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan tedarikçi değerlendirme kriterleri fiziksel kalite, teslimat performansı, hizmet, fiyat, kalite yönetim sistemi ve çevresel güvenlik kriterleri belirlenmiştir. Ele alınan çalışmada tedarikçi performans değerlendirme problemi belirlenen kriterlere göre ER (Evidential Reasoning Approach) yaklaşımına dayalı çok kriterli karar verme yöntemi kullanılmıştır (Min vd., 2018).

Goswami ve Ghadge (2019), çalışmasında Hyundai Steel Company tedarikçilerinin verileri kullanılarak, bu tedarikçilerin her birinin kompozit verimliliği belirlenmiştir. Çalışan sayısı, enerji tüketimi, satış, roa, arge yatırımı ve [CO₂] emisyonu kriterleri kullanılmıştır. Problem çözümünde bir hedef programlama tabanlı iki amaçlı verimlilik modeli kullanılmıştır (Goswami ve Ghadge, 2019).

Şallı (2019), İstanbul’da Anadolu yakasında afet öncesi safhada en uygun tedarikçinin belirlenmesi çalışması yapılmıştır. Tedarikçi seçim için, işbirliği özelliği, kaynak boyutu, kalite iyileştirme özelliği, maliyet minimizasyonu, esneklik, güven gelişimi, teslim süresinde azalma, uzun dönemli stratejik hedefler, kapasite, ilişkisel yönelim, kaynak ve bilgi paylaşımı, değerlendirme ve sertifikalandırma sistemi, coğrafi konum, bilgi teknolojisi araçlarını kullanma ve veri doğruluğu olmak üzere 15 kriter belirlenmiştir. Tedarikçi seçim problemi Yorumlayıcı Yapısal Modelleme ve Analitik Ağ Süreci (AHS) yöntemi kullanılarak çözülmüştür (Şallı, 2019).

Tedarikçi performans değerlendirme ve seçimi ile ilgili incelenen literatür, yapılacak araştırmanın genel çerçevesinin belirlenmesi ve teorik yapının bir bütün olarak oluşturulabilmesi için ele alınmıştır. Bu incelemeler sonucu, kriterlerin belirlenmesi literatür taramasından hareketle oluşturulmuştur. Çalışmada, tedarikçi performans değerlendirme problemi için çok kriterli karar verme tekniklerinden, BAHF ve Bulanık Electre yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Birçok uygulamada kullanılan BAHF yöntemi kriter ağırlıklarının belirlenmesi için kullanılırken, etkin sıralama yöntemlerinden birisi olan ve literatürde henüz çok örneğine rastlanmayan Bulanık Electre yöntemi ile tedarikçilerin performanslarına göre sıralanması için ele alınmış ve bir uygulama yapılmıştır.

3. PROBLEM TANIMI VE METODOLOJİ

Bu çalışmada, otomotiv sanayiinde faaliyet gösteren bir üretim firmasının mevcut işbirliği yaptığı tedarikçilerinin, performansının değerlendirilmesi ve performanslarına göre sıralanması incelenmiştir. Tedarik Zinciri Departmanı’ndan uzman ve konuyla ilgili bilgi sahibi toplam üç

karar verici tarafından T1, T2 ve T3 olmak üzere üç adet tedarikçi arasında değerlendirme yapılmıştır. Amaç, firmanın belirlenen kriterlere göre tedarikçilerinin Bulanık AHP ve Bulanık Electre yöntemleri entegre bir şekilde kullanılarak mevcut tedarikçilerinin performanslarını değerlendirmektir. Bulanık AHP yöntemi ile kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir. Ardından Bulanık Electre yöntemi ile performanslarına göre tedarikçiler sıralanmıştır.

Problem kapsamında 8 ana kriter belirlenmiştir. Bunlar;

- Fiyat/Maliyet (Büke, 2011)
- Ürün ve Hizmet Kalitesi (Aksoy, Öztürk, 2011)
- Zaman Kullanımı (Gökalp, Soylu, 2011)
- Teslimat (Ohdar, Ray, 2004)
- Konum (Andıkaçtı, 2011)
- Esneklik (Verma, Pullman, 1998)
- Stok Durumu (Ersoy, 2018)
- İletişim ve İşbirliği (Ayyıldız, 2010)

Alternatifler ise;

- T1 tedarikçisi
- T2 tedarikçisi
- T3 tedarikçisi

şeklindedir. Kriter açıklamaları aşağıdaki gibidir:

Fiyat/Maliyet: Fiyat ve maliyet, rekabette üstünlük sağlamanın en önemli iki faktörü olarak bilinmektedir. İşletmeler, maliyetlerini düşürebilmek ve karlılığını artırabilmek için en düşük fiyattan en kaliteli ürün ya da hizmeti satın almak isteyeceklerdir. Fiyat/Maliyet kriteri aynı zamanda bütçeye uygunluk, fiyat güvenilirliği, ödeme şekli etkenlerini de kapsamaktadır.

Ürün ve Hizmet Kalitesi: İşletmelerin tedarikçilerini belirlemesinde, sipariş ettiği toplam ürün içindeki hatalı ürün miktarı, ürün kalitesi, üretim kalitesi, iade oranı gibi ölçütler önem kazanmaktadır. Aynı zamanda müşteriden beklenen kalite standartları da bu süreçte önem kazanmaktadır.

Zaman Kullanımı: Firmaların tedarikçilerini belirlerken doğru miktarda ürün ya da hizmeti doğru zamanda teslim etmesi ürünün üretim süreci ve siparişlerin teslimatı için önem taşımaktadır. Bu nedenle tedarikçiler belirlenirken zaman çizelgesine uyum kabiliyeti tedarikçi değerlendirmesinde önemli bir kriter olarak ele alınmaktadır.

Teslimat: Müşteri taleplerine göre tedarikçilerin teslimat çizelgelerini doğru bir şekilde izleme kabiliyeti olmalıdır. Tedarikçi firmanın önceden planlanmış bir teslimat çizelgesine uyma kabiliyeti tedarikçi – üretici ilişkilerinin değerlendirilmesinde önemli bir kriter olarak yer almaktadır (Akman ve Alkan, 2006). Zamanında teslimat ve doğru miktarda teslimat, tam zamanlı üretim yapan firmalar için kritik önem olarak ele alınmaktadır.

Konum: Bir şehrin uzak veya yakın çevresiyle her türlü ilişkisini sağlayan coğrafi şartların tümü konum olarak tanımlanır (Demirel vd., 2018). Konum kriteri üretici – tedarikçi açısından ulaşım maliyetlerini de etkileyen önemli kriterler arasındadır.

Esneklik: Oluşan müşteri taleplerine göre firmaların tedarikçilerinden beklediği ürün miktarı esnekliği, zaman esnekliği, ürün çeşitliliği esnekliği gibi alt kriterlerin tümünü ifade eder.

Stok Durumu: Talep tahminlerinde meydana gelebilecek olası değişimlere karşı, ürün satın alınmasında rol oynayan tedarikçilerin stok elde tutma oranları da önem kazanmaktadır (Karagöz, 2009).

İletişim ve İşbirliği: Tedarikçi ile üretici arasındaki iletişimin kolay ve sorunsuz olması, tedarikçilerden istenilen bilgilerin paylaşılması, ilişki kurma sıklığı, tedarikçi değerlendirme ilişkilerini etkileyen önemli faktörlerdir (Çetin ve Önder, 2015).

3.1. Bulanık Analitik Hiyerarşik Proses

Bulanık AHP yöntemi, literatürde ilk olarak Van Laarhoven ve Pedrycz tarafından 1983 yılında, üçgensel bulanık ağırlıkları üçgensel bir bulanık karşılaştırma matrisinden oluşturmak için bulanık logaritmik en küçük kareler tekniği ile yapılmıştır. 1985 yılında Buckley, bulanık ağırlık değerlerini hesaplamak için geometrik ortalama tekniğini kullanmış ve dörtgensel üyelik fonksiyonlarına ait karşılaştırma oranlarının bulanık önceliklerini belirlemiştir. Boender ve ark. 1989 yılında Van Laarhoven ve Pedrycz (1983) yaklaşımını geliştirme çalışmalarında bulunmuşlardır. Uygun önceliklerin normalize edilmesi için daha iyi bir yaklaşım geliştirmişlerdir (Toksarı, 2011).

Chang (1996) Bulanık AHP analizinde Genişletilmiş Analiz Yöntemi'ni geliştirmiştir. Bulanık AHP yaklaşımının uygulama adımlarına geçmeden önce karar vericilerin tercihleri geometrik ortalama formülü kullanılarak birleştirilmiştir:

$$R=(a,b,c), k=1,2,3,\dots,K \text{ (R: üçgensel bulanık sayı ve K: karar vericilerin sayısı)}$$

$$a = (a_1 * a_2 * \dots * a_k)^{1/k}, b = (b_1 * b_2 * \dots * b_k)^{1/k}, c = (c_1 * c_2 * \dots * c_k)^{1/k}$$

Chang'ın geliştirdiği Genişletilmiş Analiz Yöntemi'nin adımları aşağıdaki gibidir;

Adım 0: Ölçütler kümesi $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ve hedef kümesi $G = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$ olmak üzere, her bir hedef için her ölçüt dikkate alınarak mertbe analizi (g_i) belirlenmektedir. i . kritere göre j . Hedefin M mertbe analizi değeri $M_{g_i}^j$ şeklinde gösterilir. Hedeflere ilişkin m derece analiz değeri, $i=1,2,\dots,n$ ve $j=1,2,\dots,m$ olmak üzere $M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m$ üçgensel bulanık sayılar biçiminde ifade edilir ve $M_{g_i} = (l_i, m_i, u_i)$ biçiminde gösterilir.

Adım 1: i . nesneye göre bulanık yapay mertbe değeri aşağıdaki gibi tanımlanır.

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

Burada (l_i, m_i, u_i) üçgensel bir bulanık sayı olmak üzere şu şekilde elde edilir;

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = (\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j) \quad (2)$$

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{j=1}^m u_j}, \frac{1}{\sum_{j=1}^m m_j}, \frac{1}{\sum_{j=1}^m l_j} \right) \quad (3)$$

Adım 2: Elde edilen sentez değerleri (bulanık sayı) karşılaştırılır ve bu değerlerden yararlanarak ağırlık değerleri elde edilir. $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ üçgen bulanık sayılarının, $M_2 \geq M_1$ 'nin olasılık derecesi

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{m1}(x), \mu_{m2}(y))] \quad (4)$$

şeklinde tanımlanır. M_1 ve M_2 üçgensel bulanık sayıları $V(M_2 \geq M_1)$ ve $V(M_1 \geq M_2)$ değerleri hesaplanarak karşılaştırılmaktadır.

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) \quad (5)$$

$$\mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & m_2 \geq m_1 \\ 0 & -u_2 \\ \frac{I_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - I_1)} & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (6)$$

Yukarıdaki denklemde yer alan $V(M_2 \geq M_1)$ ifadesi M_1 ve M_2 üçgensel bulanık sayıların kümesinin üyelik fonksiyon değerini göstermektedir (Şişman ve Doğan, 2016).

Adım 3: Konveks bir bulanık sayının k adet konveks bulanık sayılardan büyük olabilmesinin olabilirlik derecesi;

$$V(M_1, M_2, \dots, M_k) = \min V(M \geq M_i), \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (7)$$

gibi tanımlanmaktadır. Burada,

$$d'(A_i) = \min V[(S_i \geq S_k)] \quad (8)$$

varsayımı yapılır. Burada $k=1,2,\dots,n$ $k \neq i$ için ağırlık vektörü W' ise,

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (9)$$

eşitliği elde edilir. Burada A_i , ($i=1,2,\dots,n$) n tane elemanıdır (Akar, Çakır, 2016).

Adım 4: Denklem (9) da elde edilen ağırlık vektörü normalize edilir. Elde edilen bu W vektörü bulanık bir sayı değildir.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (10)$$

$$d(A_i) = \frac{d'(A_i)}{\sum_{i=1}^n d'(A_i)} \quad (11)$$

biçiminde hesaplanır.

Tablo 1'de verilen Bulanık Dönüşüm Ölçeği kullanılarak, kriterlerin birbiri ile kıyaslaması yapılır.

Tablo 1. Bulanık Dönüşüm Ölçeği

Önem Yoğunluk Tanımı	Önem Düzeyi	Üçgen Bulanık Ölçek	Önem Yoğunluk Tersisi	Üçgen Bulanık Ölçeğinin Tersisi
Eşit Önemlilik (EÖ)	1	(1,1,1)	(1/1)	(1/1, 1/1, 1/1)
Diğerine Göre Biraz Üstün(DGÜ)	2	(1,2,4)	(1/2)	(1/4, 1/2, 1/1)
Hemen Hemen Önemli (HÖ)	3	(1,3,5)	(1/3)	(1/5, 1/3, 1/1)
Güçlü Önemli (GÜ)	5	(3,5,7)	(1/5)	(1/7, 1/5, 1/3)
Çok Güçlü Önemli (ÇGÖ)	7	(5,7,9)	(1/7)	(1/9, 1/7, 1/5)
Aşırı Önemli (AÖ)	9	(7,9,11)	(1/9)	(1/11, 1/9, 1/7)

3.2. Bulanık Electre Yöntemi

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan Electre yönteminin bulanık küme yöntemi ile entegrasyonu sonucu Bulanık Electre Yöntemi geliştirilmiştir (Eray, 2015). Bulanık Electre Yönteminin amacı, karar vericilerinin dilsel değişkenlere göre olan yorumlarını bulanık sayılara dönüştürerek, belirlenen birçok değerlendirme kriterini hem uyumluluk tercih taleplerini hem de uyumsuzluk tercih taleplerini dikkate alarak, alternatiflerin seçilmesi ya da sıralanmasını sağlamaktır (Çakar, 2020).

Alternatiflerin değerlendirilmesi Tablo 2’de bulunan ölçütlere göre yapılır.

Tablo 2. Alternatif Değerlendirme İçin Bulanık Değerlendirme Ölçeği

Dilsel Değişkenler	Üçgen Bulanık Sayılar
Çok İyi (Ç.İ)	(3, 5, 5)
İyi (İ)	(1, 3, 5)
Orta (O)	(1, 1, 1)
Zayıf (Z)	(1/5, 1/3, 1)
Çok Zayıf (Ç.Z)	(1/5, 1/5, 1/3)

Bulanık Electre’nin çözüm adımları Sevklı (2010) tarafından aşağıdaki gibi açıklanmaktadır:

Adım 1: Birinci adımda, karar verme sürecinde yer alan K sayıdaki karar verici kümesi oluşturulur (D_1, D_2, \dots, D_K). Belirlenen kriterler (C_1, C_2, \dots, C_n), karar vericiler tarafından değerlendirilir ve toplam bulanık önem ağırlıklığı, $K= 1, 2, \dots, k$ ve $j= 1, 2, \dots, n$ için bulanık üçgen sayıları ($\tilde{W}_j = (l_j, m_j, u_j)$) hesaplanır. Uygulama adımında kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması Bulanık AHP yöntemine göre yapılmıştır.

K sayıdaki karar vericinin oluşturduğu kümede kriterlerin sıralaması y_{jk} ise; bulanık ağırlıklar aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$l_j = \min_k \{y_{jk}\}, \quad m_j = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k y_{jk}, \quad u_j = \max_k \{y_{jk}\} \quad (12)$$

Ağırlıkların belirlenmesinden sonra her bir kriter için toplam bulanık önem ağırlığının normalizasyonu, $\tilde{W}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$

$$w_{j1} = \frac{l_j}{\sum_{j=1}^n l_j}, \quad w_{j2} = \frac{m_j}{\sum_{j=1}^n m_j}, \quad w_{j3} = \frac{u_j}{\sum_{j=1}^n u_j} \quad (13)$$

şeklindedir.

Normalize edilmiş toplanmış bulanık önem ağırlık matrisi şu şekilde oluşturulur. $\tilde{W} = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ (Çakar, 2020).

Adım 2: Karar matrisi $X = (x_{ij})_{m \times n}$ aşağıdaki gibi oluşturulur. Burada i ($i= 1, 2, \dots, m$) alternatifleri ifade eder.

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (14)$$

(Eray, 2015).

Adım 3: Oluşturulan karar matrisindeki değerler normalize edilerek r_{ij} değerleri bulunur. Bu değerler kullanılarak normalize edilmiş karar matrisi ($\mathbf{R}=(r_{ij})_{m \times n}$) elde edilir.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (15)$$

Adım 4: Her bir kriter için farklı ağırlıklar dikkate alındığında, her kriterin normalize edilmiş ağırlıkları ve normalize edilmiş karar matrisindeki değerlerin önemi ile çarpılarak ($v_{ij} = r_{ij} * \tilde{w}_{ij}$) normalize edilmiş ağırlıklı karar matrisi $\tilde{\mathbf{V}}=[\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}$ hesaplanır.

\tilde{v}_{ij} normalize edilmiş pozitif üçgen bulanık sayıları ifade eder.

$$\mathbf{v}^l = \begin{bmatrix} v_{11}^l & v_{12}^l & \dots & v_{1n}^l \\ v_{21}^l & v_{22}^l & \dots & v_{2n}^l \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{m1}^l & v_{m2}^l & \dots & v_{mn}^l \end{bmatrix}, \quad \mathbf{v}^m = \begin{bmatrix} v_{11}^m & v_{12}^m & \dots & v_{1n}^m \\ v_{21}^m & v_{22}^m & \dots & v_{2n}^m \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{m1}^m & v_{m2}^m & \dots & v_{mn}^m \end{bmatrix}, \quad \mathbf{v}^u = \begin{bmatrix} v_{11}^u & v_{12}^u & \dots & v_{1n}^u \\ v_{21}^u & v_{22}^u & \dots & v_{2n}^u \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{m1}^u & v_{m2}^u & \dots & v_{mn}^u \end{bmatrix} \quad (16)$$

Adım 5: Her bir kriterin farklı ağırlıkları (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}) için uyumluluk ve uyumsuzluk indeksleri hesaplanır. Uyum indeksi C_{pq} , ikili karşılaştırmalardaki güven derecesini ifade eder ($A_p \rightarrow A_q$).

$$C_{pq}^l = \sum j * w_{j1}, \quad C_{pq}^m = \sum j * w_{j2}, \quad C_{pq}^u = \sum j * w_{j3} \quad (17)$$

Burada j^* uyumluluk kümesinde (C_{pq}) yer alan nitelikleri (kriterleri) göstermektedir.

Adım 6: Uyuşmazlık indeksi (D_{pq}), p ve q alternatifleri arasında yapılacak tercih açısından anlaşmazlığı ifade eder. Uyuşmazlık indeksi aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$D_{pq}^l = \frac{\sum j^+ |v_{pj^+}^l - v_{qj^+}^l|}{\sum j^+ |v_{pj^-}^l - v_{qj^-}^l|}, \quad D_{pq}^m = \frac{\sum j^+ |v_{pj^+}^m - v_{qj^+}^m|}{\sum j^+ |v_{pj^-}^m - v_{qj^-}^m|}, \quad D_{pq}^u = \frac{\sum j^+ |v_{pj^+}^u - v_{qj^+}^u|}{\sum j^+ |v_{pj^-}^u - v_{qj^-}^u|} \quad (18)$$

Burada, j^+ , D_{pq} ve v_{ij} setindeki uyumsuzlukta yer alan niteliklerdir.

Adım 7: Uyumluluk ve uyumsuzluk indekslerinin son hali aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$C_{pq} = \sqrt[Z]{\prod_{z=1}^Z C_{pq}^z}, \quad D_{pq} = \sqrt[Z]{\prod_{z=1}^Z D_{pq}^z} \quad (19)$$

$Z = 3$

Adım 8: Uygunluk Baskınlığı Matrisi (F) ve Uygunsızlık Baskınlığı Matrisi (G) hesaplanır. Bu işlem durulaştırma (defuzzyfication) prosedürü olarak kabul edilir.

$$C_{pq} \geq \bar{C} \quad \text{ve} \quad D_{pq} \geq \bar{D} \quad \text{olmak üzere;}$$

$$\begin{aligned} \text{If } c_{pq} \geq \bar{C} \text{ then } f_{pq} = 1; \text{ if } c_{pq} \leq \bar{C} \text{ then } f_{pq} = 0 \quad \text{and} \\ \text{If } d_{pq} \geq \bar{D} \text{ then } g_{pq} = 1; \text{ if } d_{pq} \leq \bar{D} \text{ then } g_{pq} = 0 \end{aligned} \quad (20)$$

\bar{C} ve \bar{D} , sırasıyla C_{pq} ve D_{pq} ortalamalarını ifade etmektedir.

$$\bar{C} = \left[\frac{1}{m(m-1)} \right] * \sum_{p=1}^m \sum_{q=1}^m c_{pq}, \quad \bar{D} = \left[\frac{1}{m(m-1)} \right] * \sum_{p=1}^m \sum_{q=1}^m d_{pq} \quad (21)$$

Adım 9: Toplam Baskınlık Matrisi (E) F ve G matrislerinin çarpılması sonucu hesaplanır.

Adım 10: Toplam üst mertebeye matrisi P hesaplanır. Öncelikle uyum aşan ve uyumsuzluk dışlama matrisleri hesaplanır. Bu matrisler hesaplandıktan sonra toplam üst mertebeye matrisi hesaplanır.

Uyum aşan matrisi C' aşağıdaki denklem ile hesaplanır:

$$\begin{aligned} c^* &= \max(c_{pq}) \\ C' &= |c^* - c_{pq}| \end{aligned} \quad (22)$$

Uyumsuzluk dışlama matrisi D' aşağıdaki denklem ile hesaplanır:

$$\begin{aligned} d^* &= \max(d_{pq}) \\ D' &= |d^* - d_{pq}| \end{aligned} \quad (23)$$

Toplam üst mertebeye matrisinin hesaplanması: P

$$P = \frac{D'}{(C'+D')} \quad (24)$$

Adım 11: Alternatiflerin sıralanması. Alternatif olan her P sırasının ortalaması bulunur ve elde edilen sonuçlar en yüksek değerden en düşük değere göre sıralanır.

$$\bar{p} = p_{pq} / n, \quad n = \text{satır sayısı} \quad (25)$$

(Çakar, 2020).

3.3. Problem Çözümü Adımları

Problem çözümü için çok kriterli karar verme modellerinden, Bulanık AHP ve Bulanık Electre Yöntemleri birbiri ile entegre edilerek kullanılmıştır.

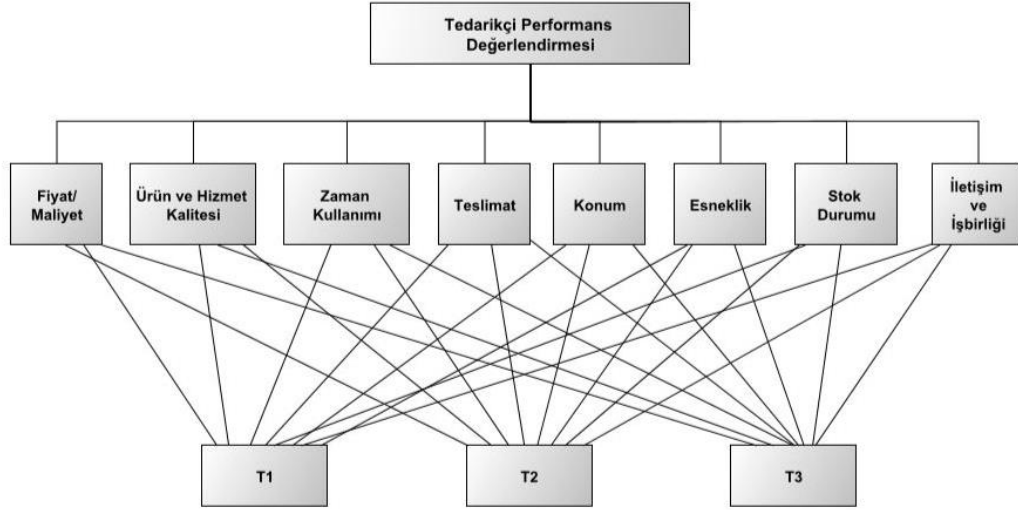
Aşağıda verilen Tablo 3'de işlem adımları sırası ile özetlenmiştir:

Tablo 3. Tedarikçi Performans Değerlendirme Uygulama Adımları

BAHP Yöntemi Kullanılarak Yapılan İşlem Adımları	Bulanık Dönüşüm Ölçeği kullanılarak, uzmanlar tarafından kriterlerin değerlendirilmesi
	Uygulamada kullanılan 3 uzman değerlendirmesinin tek matriste gösterimi
	Uzman değerlendirmelerinin, geometrik ortalama metodu kullanılarak 3 uzman için 1/3. Kuvveti alınması ile bulanık kriter değerlendirme matrisinin oluşturulması
	Elde edilen bulanık kriter değerlendirme matrisi ile uygulamada kullanılan 8 kriter için 1/8. Kuvveti alınarak geometrik ortalama hesap sonuçlarının bulunması
Bulanık Electre Yöntemi Kullanılarak Yapılan İşlem Adımları	Geometrik ortalama sonuçlarına göre, sayıların çaprazlama olarak toplam sayısına bölünmesi ile kriterlerin bulanık ağırlığı matrisinin oluşturulması
	Bulanık AHP yöntemi ile bulunan “Kriterlerin Bulanık Ağırlıkları”, Bulanık Electre Yöntemi ile tüm ağırlıklar 1’e bölünmesi ve hesaplanan ağırlıklar toplama bölünerek normalizasyon işlemi yapılması
	“Alternatif Değerlendirme için Bulanık Değerlendirme Ölçeği” kullanılarak, tedarikçilerin uzmanlar tarafından bulanık mantık ile değerlendirilmesi
	İlk Karar Matrisinin oluşturulması ve w_{j1} ile çarpılarak normalize edilmesi, İkinci Karar Matrisinin oluşturulması ve w_{j2} ile çarpılarak normalize edilmesi, Üçüncü Karar Matrisinin oluşturulması ve w_{j3} ile çarpılarak normalize edilmesi
	İlk Karar Matrisi kullanılarak C_1 uyumluluk ve D_1 uyumsuzluk matrisi, İkinci Karar Matrisi kullanılarak C_2 uyumluluk ve D_2 uyumsuzluk matrisi, Üçüncü Karar Matrisi kullanılarak C_3 uyumluluk ve D_3 uyumsuzluk matrisinin hesaplanması
	C_1, C_2, C_3 uyum matrislerinin kullanılarak C uyum matrisi, D_1, D_2, D_3 uyumsuzluk matrislerinin kullanılarak D uyumsuzluk matrisinin bulunması
	F Üstünlük Matrisi, G Uyumsuzluk Üstünlük Matrisi, E Toplam Baskınlık Değeri matrislerinin oluşturulması
	C' Baskın Uyumluluk Matrisi ve D' Baskın Uyumsuzluk Matrisinin bulunması
	P Bütünleşik Baskın Matrisinin hesaplanması ve matris satır ortalamalarının hesaplanması
P Bütünleşik Baskın Matris satır ortalama değerlerine göre tedarikçi performanslarının büyükten küçüğe doğru Bulanık Electre Sıralama işlemi	

4. UYGULAMA

Çalışmanın bu bölümünde, otomotiv sanayiinde faaliyet gösteren bir işletmenin tedarikçileri ele alınmakta ve belirlenen değerlendirme kriterleri ile işbirliği yapılabilecek en uygun tedarikçilerin analiz edilmesi amacıyla iki aşamalı bir çözüm önerisi oluşturulmuştur. İlk olarak, değerlendirme kriterleri belirlenerek, kriter ağırlıkları Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi (BAHP) ile hesaplanmaktadır. Belirlenen üç adet tedarikçinin üç ayrı uzman değerlendirmesi de BAHP yöntemi ile tek bir matriste toplanmıştır. İkinci aşamada, Bulanık Electre Yöntemi kullanılarak 3 alternatif tedarikçinin sıralamaları yapılmıştır.



Şekil 1. Hiyerarşik Yapı

Alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilmesi her bir uzman tarafından ayrı ayrı incelenmiş ve analiz edilmiştir. 3 uzman değerlendirmesi sonucu, kriterlerin kendi aralarında Bulanık AHP yöntemi kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi Tablo 4'deki gibi yapılmış ve bulanık ağırlıkları hesaplanmıştır.

Tablo 4. 3 Uzman Tarafından Bulanık Dönüşüm Ölçeği Kullanılarak Değerlendirilen Kriterlerin Tek Bir Matriste Gösterimi

	Fiyat / Maliyet	Ürün ve Hizmet Kalitesi	Zaman Kullanımı	Teslimat	Konum	Esneklik	Stok Durumu	İletişim ve İşbirliği
Fiyat/ Maliyet	EÖ, EÖ, EÖ	HÖ, EÖ, EÖ	HÖ, HÖ, DGÜ	HÖ, GÜ, EÖ	AÖ, ÇGÖ, ÇGÖ	DGÜ, HÖ, HÖ	EÖ, HÖ, EÖ	EÖ, DGÜ, HÖ
Ürün ve Hizmet Kalitesi	HÖ, EÖ, EÖ	EÖ, EÖ, EÖ	DGÜ, HÖ, DGÜ	ÇGÖ, GÜ, ÇGÖ	AÖ, ÇGÖ, AÖ	AÖ, GÜ, GÜ	DGÜ, DGÜ, GÜ	ÇGÖ, GÜ, GÜ
Zaman Kullanımı	HÖ, HÖ, DGÜ	DGÜ, HÖ, DGÜ	EÖ, EÖ, EÖ	EÖ, EÖ, EÖ	AÖ, GÜ, ÇGÖ	DGÜ, DGÜ, HÖ	EÖ, DGÜ, EÖ	DGÜ, EÖ, EÖ
Teslimat	HÖ, GÜ, EÖ	ÇGÖ, GÜ, ÇGÖ	EÖ, EÖ, EÖ	EÖ, EÖ, EÖ	ÇGÖ, GÜ, ÇGÖ	EÖ, DGÜ, DGÜ	DGÜ, HÖ, GÜ	EÖ, DGÜ, HÖ
Konum	AÖ, ÇGÖ, ÇGÖ	AÖ, ÇGÖ, AÖ	AÖ, GÜ, ÇGÖ	ÇGÖ, GÜ, ÇGÖ	EÖ, EÖ, EÖ	EÖ, EÖ, EÖ	EÖ, EÖ, DGÜ	HÖ, EÖ, HÖ
Esneklik	DGÜ, HÖ, HÖ	AÖ, GÜ, GÜ	DGÜ, DGÜ, HÖ	EÖ, DGÜ, DGÜ	EÖ, EÖ, EÖ	EÖ, EÖ, EÖ	DGÜ, EÖ, EÖ	DGÜ, EÖ, EÖ
Stok Durumu	EÖ, HÖ, EÖ	DGÜ, DGÜ, GÜ	EÖ, DGÜ, EÖ	DGÜ, HÖ, GÜ	EÖ, EÖ, DGÜ	DGÜ, EÖ, EÖ	EÖ, EÖ, EÖ	DGÜ, HÖ, HÖ
İletişim ve İşbirliği	EÖ, DGÜ, HÖ	ÇGÖ, GÜ, GÜ	DGÜ, EÖ, EÖ	EÖ, EÖ, HÖ	HÖ, EÖ, HÖ	DGÜ, EÖ, EÖ	DGÜ, HÖ, HÖ	EÖ, EÖ, EÖ

İkili karşılaştırma matrisleri sonucu 3 uzman değerlendirmesinin bulanık sayı karşılıklarının geometrik ortalamaları alınarak Tablo 5’de bulunan bulanık değerlendirme matrisi elde edilir.

Tablo 5. Uzman Değerlendirmelerinin Geometrik Ortalaması Alınarak Hesaplanan Bulanık Değer Matrisi

	Fiyat/ Maliyet	Ürün ve Hizmet Kalitesi	Zaman Kullanımı	Teslimat	Konum	Esneklik	Stok Durumu	İletişim ve İşbirliği
Fiyat/ Maliyet	1, 1, 1	1, 1,442, 1,709	1, 2,62, 4,641	1, 1, 1	5,593, 7,611, 9,622	1, 2,620, 4,641	1, 1,442, 1,709	1, 1,818, 2,714
Ürün ve Hizmet Kalitesi	0,584, 0,693, 1	1, 1, 1	1, 2,289, 4,308	4,217, 6,257, 8,276	6,257, 8,276, 10,28 8	3,979, 6,082, 8,138	1,442, 2,714, 4,820	3,556, 5,593, 7,611
Zaman Kullanımı	0,215, 0,381, 1	0,232, 0,436, 1	1, 1, 1	1, 1, 1	4,717, 6,804, 8,849	1, 2,289, 4,308	1, 1,259, 1,587	1, 1,259, 1,587
Teslimat	0,305, 0,405, 0,693	0,120, 0,159, 0,237	1, 1, 1	1, 1, 1	4,217, 6,257, 8,276	1, 1,587, 2,519	1,442, 3,107, 5,192	1, 1,817, 2,714
Konum	0,103, 0,131, 0,178	0,097, ,120, 0,159	0,113, 0,146, 0,211	0,120, ,159, 0,237	1, 1, 1	1, 1, 1	1, 1,259, 1,587	1, 2,080, 2,924
Esneklik	0,215, 0,381, 1	0,122, 0,164, 0,251	0,232, 0,436, 1	0,396, 0,629, 1	1, 1, 1	1, 1, 1	1, 1,259, 1,587	1, 1,259, 1,587
Stok Durumu	0,584, 0,693, 1	0,207, 0,368, 0,693	0,629, 0,793, 1	0,192, 0,321, 0,693	0,629, 0,793, 1	0,699, 0,793, 1	1, 1, 1	1, 2,620, 4,641
İletişim ve İşbirliği	0,368, 0,550, 1	0,131, 0,178, 0,281	0,629, 0,793, 1	0,584, 0,693, 1	0,341, 0,480, 1	0,629, 0,793, 1	0,215, 0,381, 1	1, 1, 1

Tablo 5’den yararlanılarak kriterlerin geometrik ortalamalarının alınması sonucu Bulanık AHP yöntemi ile hesaplanan bulanık ağırlıklar Tablo 6’da gösterilmektedir.

Tablo 6. Kriterlerin BAHP Yöntemine Göre Bulanık Ağırlığı

Kriterler	Bulanık Ağırlıklar		
Fiyat/Maliyet	0,090	0,199	0,377
Ürün ve Hizmet Kalitesi	0,150	0,314	0,637
Zaman Kullanımı	0,061	0,123	0,264
Teslimat	0,060	0,121	0,243
Konum	0,024	0,043	0,096
Esneklik	0,034	0,065	0,141
Stok Durumu	0,038	0,080	0,165
İletişim ve İşbirliği	0,030	0,056	0,127

Tablo 6’da bulunan, kriterlerin bulanık ağırlıkları BAHF yöntemine göre hesaplandıktan sonra Bulanık Electre Yöntemine girdi oluşturmuştur. Bulanık Electre Yöntemi ile Tablo 6’da bulunan kriter ağırlıkları normalize edilir. Normalizasyon işlemi, tüm ağırlıkların 1’e bölünmesi ve sonrasında elde edilen sonuçların ağırlık toplamlarına bölünmesi ile tamamlanır. Tablo 7, ağırlıkların Bulanık Electre Yöntemi ile normalize edilmiş halini göstermektedir.

Tablo 7. Kriter Ağırlıklarının Bulanık Electre Yöntemine Göre Normalize Edilmiş Hali

Kriterler	W_{j1}	W_{j2}	W_{j3}
Fiyat/Maliyet	0,061	0,054	0,061
Ürün ve Hizmet Kalitesi	0,037	0,034	0,036
Zaman Kullanımı	0,091	0,087	0,087
Teslimat	0,091	0,089	0,095
Konum	0,230	0,248	0,240
Esneklik	0,161	0,163	0,163
Stok Durumu	0,144	0,134	0,139
İletişim ve İşbirliği	0,184	0,191	0,180

Tedarikçiler, belirlenen kriterlere göre 3 uzman tarafından, Alternatif Değerlendirme İçin Bulanık Değerlendirme Ölçeği kullanılarak değerlendirilmiştir. 3 uzman değerlendirme sonucu geometrik ortalama ile hesaplanmış ve tek bir bulanık sayı matrisine dönüştürülmüştür. Oluşturulan bu matrise göre elde edilen bulanık mantık matrisi Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Alternatiflerin Bulanık Mantık İle Değerlendirilmesi

Tedarikçi Kriterler	Fiyat/Maliyet	Ürün ve Hizmet Kalitesi	Zaman Kullanımı	Teslimat	Konum	Esneklik	Stok Durumu	İletişim ve İşbirliği
T1	(1, 15, 41,6)	(3, 25, 41,6)	(1, 15, 41,6)	(0,3 3, 8,3)	(0,1, 0,1, 0,3)	(1, 5, 8,3)	(1, 15, 41,6)	(3, 25, 41,6)
T2	(0,06, 0,1, 0,3)	(0,3, 9, 41,6)	(0,3 3, 8,3)	(1, 15, 41,6)	(0,1, 0,1, 0,3)	(0,3, 3, 8,3)	(1, 15, 41,6)	(1, 15, 41,6)
T3	(0,01, 0,03, 0,3)	(0,3, 3, 8,3)	(1, 15, 41,6)	(0,3, 1, 1,6)	(0,3, 1, 1,6)	(0,3, 1, 1,6)	(1, 15, 41,6)	(0,3, 0,3, 0,3)

Tablo 8’deki bulanık mantık değerlendirme matrisi kullanılarak ilk karar matrisi, ikinci karar matrisi ve üçüncü karar matrisi tablosu oluşturulur. İlk karar matrisi, alternatiflerin bulanık mantık ile değerlendirilmesi tablosundaki en küçük sayıların seçilmesi ve bunların normalize edilmiş halleri Tablo 7’de bulunan kriter ağırlıkları ile çarpılması sonucu oluşturulur. Daha sonra aynı işlemleri ortanca ve en büyük değer için yaparak ikinci ve üçüncü karar matrisleri oluşturulur. Bulunan ilk karar matrisi, Tablo 7 kullanılarak W_{j1} ile çarpımı sonucu normalize edilir. İkinci karar matrisi, W_{j2} ve üçüncü karar matrisi, W_{j3} ile çarpılarak normalize edilmiş matrisler elde edilir. Bulunan her bir normalize edilmiş üç tablodaki, her bir kriterin farklı ağırlıkları için uyumluluk ve uyumsuzluk matrisi bulunur. C ve D matrislerini bulmak için Eşitlik (8) kullanılır, uyum ve uyumsuzluk matrisleri hesaplanır. Elde edilen bu matrisler ile F Uyum Üstünlük ve G Uyumsuzluk Üstünlük Matrisleri Eşitlik (9) ve Eşitlik (10) kullanılarak bulunur. F ve G matrislerinin çarpılması ile E Toplam Baskınlık Değerleri hesaplanır. Eşitlik

(11) ve Eşitlik (12) kullanılarak uyum aşan ve uyumsuzluk dışlama matrisleri hesaplanır, bu matrisler hesaplandıktan sonra toplam üst mertebeye matrisi hesaplanır ve P bütünleşik baskın matrisi oluşturulur. P matrisi aşağıdaki gibidir:

Tablo 9. P Bütünleşik Baskın Matrisi

Tedarikçi/Kriterler	T1	T2	T3	Satır Ortalama Değerleri
T1	-	1,000	0,387	0,69
T2	0,439	-	0,020	0,22
T3	0,533	0,552	-	0,54

Bu sonuçlara göre, tedarikçi performans değerlendirme için elde edilen Bulanık Electre Sıralama sonuçları Tablo 10'daki gibidir:

Tablo 10. Bulanık Electre Sıralama

P	Satır Ortalamaları	Sıralama
T1	0,694	1
T2	0,229	3
T3	0,543	2

Tedarikçi performans değerlendirme problemi için Tablo 10'daki satır ortalamaları karşılaştırıldığında tedarikçiler $T1 > T3 > T2$ şeklinde sıralanabilir.

Duyarlılık analizi, karar kriterlerindeki değişimlerin alternatifler arasındaki tercihleri nasıl etkilediğini açıklamak için kullanılmaktadır. “Verilerin değişmesi optimal kararlar üzerinde ne gibi etkiler yaratacaktır?” sorusunun cevabı duyarlılık analizleri yapılarak belirlenir.

Tedarikçi performans değerlendirme probleminde, karar verirken kullanılan 8 adet kriterin ağırlıklarında oluşabilecek değişiklikler verilen kararı etkileyebilir. Bu sebeple, ele alınan çalışmada kriter değerlendirmeleri için farklı senaryolar belirlenmiş ve problem bu senaryolar altında tekrar çözülerek tedarikçilerin performans puanları mevcut durum ile karşılaştırılmıştır. Belirlenen senaryolar Tablo 11’de belirtilmiştir.

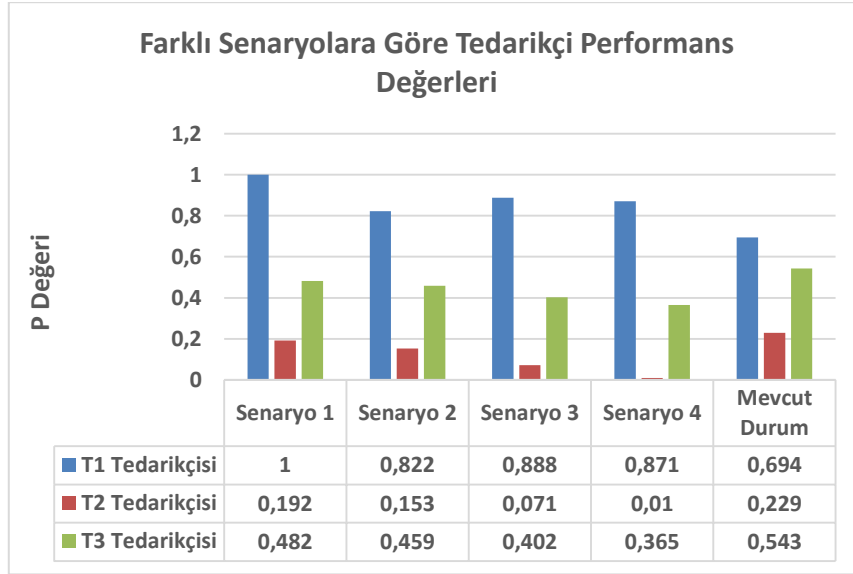
Tablo 11. Farklı Senaryolar İçin Kriterlerin Önem Düzeyi

	Fiyat/Maliyet	Ürün ve Hizmet Kalitesi	Zaman Kullanımı	Teslimat	Konum	Esneklik	Stok Durumu	İletişim ve İşbirliği
Senaryo 1	EÖ	EÖ	EÖ	EÖ	EÖ	EÖ	EÖ	EÖ
Senaryo 2	GÜ	GÜ	GÜ	GÜ	EÖ	EÖ	EÖ	EÖ
Senaryo 3	ÇGÜ	ÇGÜ	ÇGÜ	ÇGÜ	GÜ	GÜ	GÜ	GÜ
Senaryo 4	AÖ	AÖ	AÖ	AÖ	AÖ	AÖ	AÖ	AÖ

Tablo 11’e göre kriter ağırlıkları BAHP yöntemine göre hesaplanmıştır. Bulanık Electre Yöntemi ile de alternatiflerin P Bütünleşik Baskın Değerleri hesaplanmıştır. Tablo 12’de her senaryo sonucu hesaplanan, tedarikçilerin performans değerleri gösterilmektedir.

Tablo 12. Her Senaryo İçin P Değeri

	T1	T2	T3
Senaryo 1	1	0,192	0,482
Senaryo 2	0,822	0,153	0,459
Senaryo 3	0,888	0,071	0,402
Senaryo 4	0,871	0,01	0,365
Mevcut Durum	0,694	0,229	0,543



Şekil 2. Kriterlerin Farklı Önem Derecelerine Göre Duyarlılık Analizi

Şekil 2’de duyarlılık analizi sonucuna göre, kriterlerin değişimi yalnızca P değerinin değişimine etki etmektedir. Buna karşılık tedarikçilerin sıralamalarında değişim gözlenmemiştir.

Yapılan duyarlılık analizi özetlendiğinde, otomotiv sanayiinde tedarikçi performans değerlendirme kararı, kriter ağırlıklarının değişimi sonucu farklılık göstermemektedir. Ancak bu değişimler sonucunda yalnızca tedarikçi performanslarının değiştiği mevcut sıralamada bir değişiklik olmadığı analiz edilmiştir. Ele alınan her senaryoda sıralamanın değişmemesi sebebiyle kararın sabit olduğu söylenebilir.

5. SONUÇ

Tedarikçi değerlendirme ve seçme süreci, tedarik zincirinin etkin bir şekilde yönetilebilmesi için birçok kriterin ele alınmasını gerektiren kritik bir karar verme sürecidir. İşletmeler çalıştıkları tedarikçileri değerlendirmeden önce, firma için öncelik ölçütlerini belirlemeli ve belirledikleri bu ölçütlere göre tedarikçilerinde aradıkları kriterlere karar vermelidirler. Firmalar için beklentilerini karşılayan doğru tedarikçiler ile iş ortaklıkları kurarak çalışmak işletmenin performansını doğrudan etkileyen bir karardır. Bu gelişmeler işletmeler açısından tedarikçi değerlendirme problemini önemli bir hale getirmektedir.

Çalışmada, tedarikçi değerlendirme ile ilgili yapılan çalışmalardan bahsedilmiş, Bulanık AHP ve Bulanık Electre Yöntemleri anlatılmış ve bu yöntemler kullanılarak otomotiv sanayiinde faaliyet

gösteren bir firmanın ürün ve hizmet tedarik ettiği üç tedarikçisi değerlendirilmiştir. Belirlenen sekiz kriterin tespitinde literatür araştırması kullanılmıştır.

Belirlenen sekiz kriter ve değerlendirilen tedarikçilerin bu kriterlere göre değerlendirmesi, uygulamanın gerçekleştirildiği firmada çalışan üç uzman tarafından değerlendirilmiştir. Değerlendirmelerde Bulanık AHP ile kriter ağırlıkları hesaplanmış, Bulanık Electre Yöntemi ile de tedarikçilerin sıralanması işlemi gerçekleştirilmiştir.

Uygulama sonucunda, T1, T2 ve T3 tedarikçisi olmak üzere üç adet alternatif değerlendirilmiştir. Analiz edilen üç tedarikçi arasında Bulanık Electre Yöntemi sonucunda elde edilen tedarikçi ağırlıklı puanları hesaplanmıştır. Buna göre T1 tedarikçisi 0,694, T2 tedarikçisi 0,229 ve T3 tedarikçisi ise 0,543 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre performans değerlendirmedeki tedarikçi sıralaması $T1 > T3 > T2$ şeklinde bulunmuştur. Yani, analiz yapılan işletmede belirlenen kriterlere göre performansı en yüksek olan T1 tedarikçisi iken, performansı en düşük olan T2 tedarikçisidir.

KAYNAKÇA

Akar, G.S., Çakır, E., (2016), “Lojistik Sektöründe Bütünleştirilmiş Bulanık AHP – Moora Yaklaşımı İle Personel Seçimi”. Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi, 14(2), 185 – 199.

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, 9, 23 – 46.

Andıkaçtı, N., (2011), An Integrated Multi – Criteria Making Approach For The Vendor Performance Evaluation In A Retail Company. Galatasaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 74, İstanbul.

Awasthi, A., Chauhan, S.S., Goyal, S.K., (2010), “A Fuzzy Multi Criteria Approach For Evaluating Environmental Performance Of Suppliers”. Science Direct, International Journal Of Production Economics, 126, 370 - 378.

Bai, C., Sarkis, J., (2014), “Determining And Applying Sustainable Supplier Key Performance Indicators”. Supply Chain Management: An International Journal 19(3), 275 – 291.

Çakar, T., (2020), Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri. İstanbul Gelişim Üniversitesi Yayınları, İstanbul.

Çetin, O., Önder, E., (2015), “Tedarikçi seçiminde Analitik Ağ Süreci Yönteminin Kullanılması”. Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi KAÜ İİBF Dergisi, 6(10), 335 – 354.

Demirel, B., Yelek, A., Alağaç, H.M., Eren, T., (2018), “Taşınmaz Değerleme Kriterlerinin Belirlenmesi ve Kriterlerin Önem Derecelerinin Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi İle Hesaplanması”. Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi (KÜSBD), 8(2), 665 – 682.

Dulmin, R., Mininno, V., (2002), “Supplier Selection Using A Multi – Criteria Decision Aid Method”. Journal of Purchasing & Supply Management, 9, 177 – 187.

Eray, E., (2015), İnşaat Sektöründe Tedarikçi Seçiminde Kullanılan Çok Amaçlı Karar Destek Yöntemlerinin Karşılaştırılması. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 105, İstanbul.

Gholamrezanezhad, F., (2017), Supplier Selection By TOPSIS Methods Pilot Study From Iran. Atılım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 51, İstanbul.

Goswami, M., Ghadge, A., (2019), “A Supplier Performance Evaluation Framework Using Single And Bi – Objective DEA Efficiency Modelling Approach: Individual and Cross – Efficiency Perspective”. International Journal of Production Research, 1–24.

Göktürk, İ.F., Eryılmaz, A.Y., Yörür, B., Yuluğkural, Y., (2011), “Bir İşletmenin Tedarikçi Değerlendirme ve Seçim Probleminin Çözümünde AAS ve VIKOR Yöntemlerinin Kullanılması”. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 25, 61 – 74.

Güner, H., (2005), Bulanık AHP ve Bir İşletme İçin Tedarikçi Seçimi Problemine Uygulanması. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 133, Denizli.

Hassanzadeh, S., Zhang, G., (2012), “An Integrated Model For Closed – Loop Supply Chain Configuration And Supplier Selection: Multi – Objective Approach”. Expert Systems With Applications, 39, 6782 – 6791.

Karagöz, S., (2009), Tedarik Zinciri Yönetiminde Tedarikçi Seçimi ve AHP ile Uygulanması. Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 93, Denizli.

Küçük, O., Ecer, F., (2008), “Tedarikçi Seçiminde Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve Bir Uygulama”. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 11(1), 355 – 369.

Li, C.C., Fun, Y.P., Hung, J.S., (1997), “A New Measure For Supplier Performance Evaluation”. IIE Transactions, 29(9), 753 – 758.

Min, X., Chao, F., Nan-Ping, F., Guang-Yan, L., Wen-Jun, C., Shan-Lin, Y., (2018), “Evaluation Of Supplier Performance Of High-Speed Train Based On Multi-Stage Multi-Criteria Decision-Making Method”. Knowledge-Based Systems, 162, 238 – 251.

Ross, A., Buffa, F.P., (2009), “Supplier Post Performance Evaluation: The Effects of Buyer Preference Weight Variance”. International Journal of Production Research, 47(16), 4351 – 4371.

Saraç, Ö., (2018), Tedarikçi Seçim Problemlerinde Analitik Hiyerarşi Prosesinin Kullanılması: Elektronik Ürün Tedarikçi Seçimi Üzerine Bir Uygulama. İstanbul Arel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 88, İstanbul.

Sevкли, M., Koh, S.C.L., Zaim, S., Demirbağ, M., Tatoğlu, E., (2007), “Hybrid Analytical Hierarchy Process Model For Supplier Selection”. Emerald, Industrial Management & Data Systems (IMDS), 1, 122 – 142.

Sirisawat, P., Kiatcharoenpol, T., (2018), “Fuzzy AHP – TOPSIS Approaches To Prioritizing Solutions For Revers Logistics Barriers”. Science Direct, Computers & Industrial Engineering, 117, 303 – 318.

Şallı, E., (2019), Supplier Selection And Collaboration For Determining Joint Facility Location For Humanitarian Relief Distribution. Doğu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 125, İstanbul.

Şişman, B., Doğan, M., (2016), “Türk Bankalarının Finansal Performanslarının Bulanık AHP ve Bulanık Moora Yöntemleri İle Değerlendirilmesi”. Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, 23(2), 353-371.

Toksarı, M., Toksarı, M.D., (2011), “Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Yaklaşımı Kullanılarak Hedef Pazarın Belirlenmesi”. ODTÜ Geliştirme Dergisi, 38, 51 – 70.

Uçar, E., (2016), A Hybrid Approach For Supplier Selection: A Case Study For Petroleum Market. Galatasaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 99, İstanbul.

Wang, G., Huang, S.H., Dismukes, J.P., (2003), “Product – Driven Supply Chain Selection Using Integrated Multi – Criteria Decision Making Methodology”. International Journal Of Production Economics, 91, 1 - 15.

Yalçın, A.S., (2017), A Model For Supplier Selection Under Environmental Considerations. Marmara Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 175, İstanbul.

Yıldırım, B.F., Önay, O., (2013), “Bulut Teknolojisi Firmalarının Bulanık AHP – Mora Yöntemi Kullanılarak Sıralanması”. İ.Ü. İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi, 24, 59 – 81.

Zollo, G., (2015), “Knowledge Elicitation And Mapping In The Design of a Decision Support System For The Evaluation of Suppliers’ Competencies”. Vine, 45(4), 530 – 550.