



İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

Istanbul Commerce University Journal of Science

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



Araştırma Makalesi / Research Article

OTOMOTİV YAN SANAYİ SEKTÖRÜNDE TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE AHP, BULANIK AHP VE BULANIK TOPSIS YAKLAŞIMI*

AHP, FUZZY AHP AND FUZZY TOPSIS APPROACH IN SUPPLIER SELECTION IN
AUTOMOTIVE SUB-INDUSTRY SECTOR

Meryem ÖZEN¹

Oğuz BORAT²

Sorumlu Yazar / Corresponding Author
meryemozenn@outlook.com

Geliş Tarihi / Received
07.04.2020

Kabul Tarihi / Accepted
24.04.2020

Öz

İşletmelerin ayakta kalabilmeleri için buldukları sektörde yüksek performanslar sergilemeleri gerekir. İşletmelerin başarılı olması tedarik zincirlerinin doğru yönetilmesiyle doğrudan ilişkilidir. Tedarik zinciri yönetiminde ürünün hammaddeden başlayarak nihai müşteriye ulaşıncaya kadar, karşılaşılan her halkadaki riskler şirketin geleceği için hayati öneme sahiptir. Tedarikçi seçimi işletmelerde karar vermesi gereken önemli bir problemdir. İşletmeler tedarikçi seçerken çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanmaları doğru karar vermeleri açısından karar desteği sağlar. Bu çalışmada Covid-19 salgınının otomotiv sektöründe tedarikçi seçimi etkisi üzerinde durulmuştur. İstanbul'da faaliyet gösteren bir otomotiv yan sanayi firmasının IATF 16949:2016 otomotiv kalite yönetim sistemi ve firmanın tedarikçi risk analizinden yararlanarak, üç farklı uzman karar vericisiyle birlikte 4 aday tedarikçi arasından kendisine en uygun tedarikçiyi seçebilmesi üzerine çalışılmıştır. Bu çalışmada çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP, BAHP ve BTOPSIS ile çalışmalar yapılmış ve karar vericilere karar desteği sağlanmıştır. Son olarak, duyarlılık analizi yapılarak farklı durumlar altında tedarikçiler incelenmiş ve yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: AHP, bulanık AHP, bulanık TOPSIS, Covid-19, tedarikçi seçimi.

Abstract

In order for the enterprises to survive, businesses need to perform high in their sector. Successful businesses are directly related to the correct management of supply chains. In supply chain management, the risks in every ring encountered are vital for the future of the company, starting from the raw material of the product until reaching the final customer. Supplier selection is an important problem that businesses have to decide on. Enterprises provide decision support in order to make the right decision by using multi-criteria, decision making methods when choosing suppliers. In this study, the impact of Covid-19 epidemic on supplier selection in the automotive industry is emphasized. An automotive supplier industry company operating in Istanbul worked on the IATF 16949: 2016 automotive quality management system and the company to select the most suitable supplier among the 4 candidate suppliers with three different expert decision makers. In this study, studies were conducted with AHP, Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS, which are multi-criteria, decision making methods, and decision support was provided to decision makers. Finally, by conducting sensitivity analysis, suppliers were examined and interpreted under different circumstances.

Keywords: AHP, Covid-19, fuzzy AHP, fuzzy TOPSIS, supplier selection.

*Bu çalışma, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yapılan "COVID-19 SALGINININ OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE TEDARİKÇİ SEÇİMİNE ETKİSİ VE BİR OTOMOTİV YAN SANAYİ SEKTÖRÜNDE TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE AHP, BULANIK AHP VE BULANIK TOPSIS YAKLAŞIMI" başlıklı yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

¹İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Küçükyalı, İstanbul, Türkiye.
meryemozenn@outlook.com, [Orcid.org/0000-0002-2169-3243](https://orcid.org/0000-0002-2169-3243).

²İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Küçükyalı, İstanbul, Türkiye.
oborat@ticaret.edu.tr, [Orcid.org/0000-0002-2242-6024](https://orcid.org/0000-0002-2242-6024).

1.GİRİŞ

Globalleşen dünyada firmalar sürekli rekabet halindedirler. Müşterilerinin, taleplerini karşılamak için hızlı, doğru ve yenilikçi cevaplar vermelidirler. Bu da, aynı hedefleri benimseyen, uzun vadede birlikte çalışabilecekleri tedarikçilerle mümkündür (Susuz, 2005).

Müşteri isteklerine karşılık verirken firma, kendi ticari kaygılarını ve risklerini de göz önünde bulundurmak zorundadır. Firmanın ticari kârlılığını artırması için hammadde maliyetlerini düşürmesi, sürekli iyileştirmeyi benimsemesi, kısa çevrim zamanlarına ve düşük stok seviyelerine ihtiyacı ortaya çıkmaktadır (Chan ve Qi, 2003).

Tedarik zinciri yönetiminde, işletmeler risk analizlerini ve stratejik planlarının oluştururken dikkate aldıkları önemli konuların başında gelmektedir. Bir firmanın tedarik zinciri yönetiminde en uygun tedarikçiyi ya da tedarikçileri seçmesi önemli bir problemdir (Özdemir, 2007).

Otomotiv sektörü, gerek farklı sektörlerle etkileşim halinde olması gerekse gelişmiş ülkelerin ekonomilerinin önemli parçalarından birisini oluşturması sebebiyle dünyada azımsanamayacak bir yere sahiptir. Otomotiv Sanayii Derneği (OSD)'nin açıkladığı verilere göre Türkiye'de 2018 yılına göre ihracat %4 azalsa da 2019 yılında 19.760.179 adet taşıt üretilmiştir. 2019 yılında 758.000.000 \$ otomotiv sektörüne yatırım yapılmıştır. Otomotiv sektörü Türkiye'de 50.104 kişiye istihdam sağlamaktadır (OSD, 2020).

Bir aracın ortalama 30.000 ayrı parçası vardır. Bu parçaların bir bölümünü şirketler kendi içinde üretilirken bir kısmını da dışarıdan tedarik etmek zorunda kalır. Tedarik zincirinin bir bölümündeki bir gecikme, kritik malzemelerin üretimini ve dağıtımını yavaşlatarak üretim hattının kapanmasına neden olabilir.

Otomotiv endüstrisinin global olması, politik, ekonomik, çevresel, pazar yeri ve diğer faktörlere karşı çok hassas hale getirir. Ticari anlaşmalar, siyasi manevralar, parça ve araç ithalat ve ihracatı maliyetlerini önemli ölçüde değiştirebilir. Çevresel felaketler otomotiv tedarik zincirinin büyük bölümlerini bozabilir (Blume Global, 2020).

Otomotiv sektörüne orijinal ekipman sağlayanlar, otomotiv sektörü tedarikçileri için IATF 16949:2016 kalite yönetim sistemine uygun olarak çalışmalarını zorunludur. ISO tarafından geliştirilen bu standart Uluslararası Otomotiv Üreticileri Birliği (IATF) adı altında; Otomotiv üreticileri (BMW Group, Citroen, Daimler (Mercedes), Chrysler, Fiat, Ford Motor, Peugeot, Renault, General Motors Corporation, Volkswagen ve iştirakleri Audi ve Porsche) ile orijinal ekipman üreticileri (OEM)'ler, devlet kuruluşları, akademisyenler toplanarak kurmuş oldukları sivil toplum kuruluşları (STK), Amerika'da kurulan Automotive Industry Action Group (AIAG), Almanya'da kurulan Verband der Automobilindustrie (VDA), İngiltere'de Society of Motor Manufacturers and Traders (SMMT), İtalya'da kurulan Associazione nazionale dei Valutatori di Sistemi Qualità (ANFIA), Japon araç üreticileri birliği (JAMA) ve Fransa'da kurulmuş olan Fédération des industries des équipements pour véhicules (FIEV) grubu tarafından desteklenmektedir.

IATF 16949:2016 standardının oluşturulma ihtiyacı şu şekilde ortaya çıkmıştır. Globalleşen çalışma hayatında, firmaların ilgili taraflarının istek ve beklentilerinin artmış olması harmonizasyon ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Bu durumda STK'lar ve firmalar toplanarak kalite yönetim sistemi için genel gereklilikleri ve diğer istatistiksel ihtiyaçları standartlaştırmak için IATF 16949 standardını ortaya çıkartmışlardır.

Günümüzde hala özellikle ülkelere özgü yasal gereklilikler nedeniyle genel bir çözüme ulaştırılamamıştır. Standart müşteri odaklılık prensibi, süreç odaklılık ve risk temeli üzerine yoğunlaşmıştır. Şu anda her ne kadar STK'ların, OEM'ler, tedarikçiler ve bu firmalara hizmet sağlayan otomotiv firmaları üzerindeki etkileri azaltılmış olsa da yasal gereklilikler sebebiyle genel bir çözüme ulaşılamamıştır.

Standartta müşteri odaklılık nedeniyle müşteri özel istekleri üzerine durulmuş ve müşterinin isteklerini karşılama potansiyeli standartta yerini almıştır. Örneğin: Başta Alman firmaları ve VDA kapsamına giren firmaların tedarikçilerinden VDA 6.3 proses denetimi yapmalarını zorunlu tutmaktadır. VDA 6.3 proses denetiminin yapılmaması durumunda firmaya müşteri özel isteklerinin karşılanmaması nedeniyle majör uygunsuzluk verilmekte ve uygunsuzluğun kapatılmaması durumunda ise otomotiv firması tedarikçisiyle olan ilişkisini kesmektedir (IATF,2016).

IATF 16949:2016 standardı dinamik bir standart olup, IATF 16949 sertifikasına sahip olan ya da olmak isteyen firmalardan gelen sorulara cevap vererek standardın maddeleri, IATF tarafından yorumlanır (Sactioned Interpretations-SIs). Bu nedenle otomotiv sektöründe yer alan firmaların, IATF sitesini sürekli takip etmesi ve güncellenen bilgilere göre aksiyonlar alınması gerekmektedir. Örneğin: IATF 16949:2016 standardında siber güvenlik maddesine değinilmemesine rağmen, SIs'ta yazması nedeniyle firmanın acil durumlar aksiyon planına siber saldırılara karşı nasıl önlem alması gerektiğini açıklamayı ve eylem planına uygun tatbikatları yapması gerekmektedir.

Otomotiv sektörü global bir sektör olması sebebiyle her türlü dış etkene çok duyarlıdır. Dünyayı etkisi altına alan Covid-19 Korona virüsü Pandemisi hakkında da 27 Şubat tarihinde, "IATF Global Waivers and Measures in Response to the Coronavirus Pandemic (COVID-19)" isimli bildiri yayımlanmıştır. Bu bildiri 3. Parti denetimlerine, yani bağımsız denetim kuruluşları tarafından gerçekleştirilecek olan herhangi bir uzaktan (web konferanslar gibi) denetimlere izin verilmemektedir. Bunun yerine, sertifikanın son geçerlilik tarihlerinden itibaren 6 ay (183 takvim günü) daha geçerlilik süresinin uzatılmasına karar verilmiştir (IATF, 2020). Bu durum az da olsa, otomotiv sektörünü rahatlatmakta ve satış engelini az da olsa azaltıcı yönde etki etmektedir.

Covid-19 virüsü, Aralık 2019'da Çin'in Wuhan şehrinde başlayarak tüm dünyadaki otomotiv sektörünü etkisi altına almıştır. Wuhan bünyesinde General Motors, Honda, Nissan, Peugeot Group ve Renault gibi otomobil fabrikaları bulunduğu için "motor şehri" olarak bilinmektedir. Sadece Honda için Wuhan'da, Çin'deki toplam üretimin yaklaşık %50'si gerçekleşmektedir (World Economic Forum, 2020). Covid-19'un etkileri sadece Çin'le sınırlı kalmamıştır; Toyota da, Covid 19 korona virüsü pandemisi nedeniyle yurtdışındaki keskin talep düşüşüne bağlı olarak Japonya'da bulunan beş tesisinin üretimini durdurmuştur.

Nissan İngiltere'deki fabrikasındaki üretimi Nisan ayı boyunca askıya almıştır. Avrupa Otomobil üreticileri Birliği (ACEA)'ya göre otomobil üretiminde çalışan Avrupalıların en az 1.110.107'sinin işi covid-19 krizi sebebiyle etkilenmektedir (Just Auto, 2020).

Gartner Inc.'deki kıdemli direktör analist Koray Köse, tedarik zinciri üzerinde yapılan araştırmalar, otomotiv sanayindeki kayıpların ilk çeyrekte %15 olabileceği konusunda uyarmıştır. Çin'de insanların 7/24 birlikte çalıştığını ve bir odayı 8 kişi paylaşarak birlikte yaşadığını hatırlatmakta ve maddi, manevi kayıplardan kurtulmanın bir yolunun olmadığını söylemektedir.

Otomotiv sanayiinin, tam zamanında üretim (just in time) sistemlerini benimsemesinden dolayı özellikle büyük parça stoklarını depolamaktan kaçınmak için parçaların montaj tesislerine

zamanında teslim edilmesine bağlı olduğundan, planlanmamış iş kesintisi veya gecikmesine karşı otomotiv sektörünün savunmasız olduğunu söylemektedir. Bir tedarikçi firma ürün akışını sağlayamadığında, ana firmada birkaç montaj tesisi de çalışamaz hale gelebilecektir (Garsten, 2020).

Otomotiv firmalarının sözleşmelerde belirttiği ve müşteri özel istekleri arasında bulunan bazı zorunlu istekleri vardır. Bunlardan birisi tedarikçi performans puanlarının belli bir seviyede olmasıdır. Bu puan çoğu zaman bir portal üzerinden iade edilen ürünler, geciken ya da zamanından önce gelen malzemeler, istenen malzemenin istendiği miktarda gelmesine göre değişiklik gösteren performans puanlarıdır. Performans puanlarının belli bir puanın altına düşmesi durumunda ana firma tedarikçisiyle ilişkisini keser.

Ana firmanın ürünün fonksiyonlarını yerine getirmemesi durumunda, yanlış ürün gönderimleri için ya da sevkiyat gecikmesi gibi problemlerle karşılaşmamak için aldığı bazı önlemler vardır. Örneğin: Ana firmaya OEM olan bir firma yanlış ürün göndermesi durumunda ürünün toplanması da OEM'e ait olmak üzere, tedarikçilerinden yüksek miktarlarda hat durdurma cezaları isteyebilirler.

Covid-19 salgını hem sosyal hayatı hem de ticari hayatı etkilemesinden dolayı otomotiv üreticilerinin beklenmedik bir üretim veya iş kesintisi durumunda alternatif kaynaklar geliştirmemiş olmaları nedeniyle yapılan araştırmalar, endüstrilerdeki şirketlerin sadece %11'inin, ihtiyaç duyulduğunda alternatif tedarikçiler bulunduran planlar geliştirdiğini göstermektedir.

Şu anda IATF 16949 tarafından açıklanan bir bildiri olmamasına rağmen, analist Koray Köse, firmaların bir eylem planı oluşturması gerektiğini önermektedir (Garsten, 2020).

Covid-19 salgınının, otomotiv sektöründe tedarikçi seçimini de etkilemiştir, firmaların gerek sosyal mesafeyi sağlamak amacıyla iş gücünü düşürmesi ve yurtdışından sağladıkları kaynakların zamanında ulaşmaması nedeniyle firmaları alternatif tedarikçiler aramak zorunda bırakmıştır. Salgın sebebiyle firmalar tedarikçilerini yurtiçinden aramaya başlamıştır.

Bu makale 4 bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın ilk bölümü Literatür Taramasıdır. Bu bölümde, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) ve Bulanık TOPSIS (BTOPSIS) yöntemine ait yapılmış çalışmalara yer verilmiştir. Metodoloji ve Yöntemler bölümünde bu çalışmada kullanılan AHP, BAHP ve BTOPSIS yöntemlerine ait bilgiler sunulmuştur.

Uygulamalar bölümünde otomotiv yan sanayiinde yer alan bir firmada yapılan bu çalışmanın uygulaması açıklanmış ve yapılan çalışma duyarlılık analiziyle desteklenmiştir. Sonuçlar bölümünde elde edilen çıktılar değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

1971 yılında Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiş çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisi olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)'ye Van Laarhoven ve Pedrycz tarafından 1983 yılında; Buckley ise 1985 yılında karşılaştırma oranlarını bulanık sayılarla belirleyerek bazı çalışmalar yapmışlardır.

Chang 1996 yılındaki yaptığı çalışmada ileri sürülen Genişletilmiş Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemiyle üçgensel bulanık sayıları kullanmıştır. Weck ve diğerleri 1997 yılında

yaptıkları çalışmada, klasik AHP'ye bulanık mantık matematiğini de ekleyerek, farklı üretim çevrim zamanları için alternatifleri değerlendirmişlerdir.

Otel işletmelerinde tedarikçi seçimi sürecinde Ahp ve Bahp yöntemlerinin uygulanması isimli çalışmada, hizmet kalitesini otel sektöründe kritik bir süreç olarak ele almıştır. Bu çalışmada Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) yöntemleri kullanılmıştır. Çözüm sonuçları yorumlanmıştır. Çalışmada ana kriterler fiyat, güvenilirlik, ürün kalitesi, teslimat performansı, ödeme kolaylığı ve referans olarak belirlenmiştir (Manap Davras ve Karaatlı,2014).

Kuo ve diğerleri ise, yer seçimi problemleri için bir karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Bu karar destek sisteminde hiyerarşik düzen ve değerlendirme bölümlerinde bulanık AHP yöntemini kullandıkları görülmüştür (Çakar, 2019).

TOPSIS yöntemi, Electre (Eliminasyon et Choix Traduisant la Réalité) yöntemine ek olarak Yoon ve Hwang tarafından 1981 yılında geliştirilmiştir. Çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisi olan TOPSIS yöntemi, Öklid mesafe yaklaşımından faydalanarak, pozitif ideal çözüm, negatif ideal çözüm ve alternatif mesafe hesaplamasını yapmaktadır.

Literatürde farklı sektörlerde TOPSIS yönteminin yaygın olarak kullanıldığını görmek mümkündür. Bunun en önemli nedeni analitik hiyerarşi prosesi ve ağırlıklı toplam yönteminden farklı olmasıdır. Yöntemler arasındaki fark, TOPSIS yönteminin pozitif ve negatif olmak üzere ideal çözümlere sahip olmasıdır. Bu çözümlerin sonucunda, yakınlık katsayısı hesaplanır (Çakar, 2019).

Tedarikçi seçimi, alıcıya kaliteli ve zamanında; ürün ya da hizmetleri sunabilecek uygun tedarikçileri belirleme sürecidir. Tedarikçi seçimi, etkin bir tedarik zinciri oluşturmak için en kritik faaliyetlerden biridir. Başka bir deyişle, tedarikçi seçimi hem nitel hem de nicel faktörleri içinde bulunduran çok kriterli bir karar verme problemidir.

Bu çerçevede tekstil sektöründe faaliyette bulunan büyük firmalara fason üretim yapan bir üretim işletmesinin tedarikçi seçim problemi bulanık TOPSIS tekniğiyle değerlendirilmiş ve çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak, yöneticilere karar desteği sağlanmıştır (Vatansever, 2003).

Keza Kocaeli'de otomotiv yan sanayiinde faaliyet gösteren bir firma için üç tedarikçinin performansı BAHP yöntemiyle değerlendirilmiştir, (Akman ve Alkan, 2006).

Bhutia ve Phipon (2012) tedarik zincirindeki tedarikçilerin, TOPSIS tekniğine dayalı olarak değerlendirilmesi için bir metodoloji geliştirmiştir. Çalışmada süreci etkileyen bazı önemli kriterler dikkate alınmıştır. Bu kriterler ürün kalitesi, hizmet kalitesi, teslim süresi ve fiyattır. AHP'ye dayalı olarak her bir ölçüt için tedarikçilerin ağırlıkları hesaplanmış ve tedarikçileri sıralamak için bulunan ağırlıklar TOPSIS yöntemi kullanılarak; her tedarikçinin sırası TOPSIS'ten elde edilen yakınlık katsayılarına göre belirlenmiştir.

Literatürde, BAHP ve BTOPSIS yöntemlerinin bir arada kullanıldığı da sıklıkla görülmektedir. Kul, Şeker ve Yurdakul (2014), bir probleme klasik AHP ve TOPSIS yöntemleri ile BAHP ve BTOPSIS yöntemlerini uygulamış; bulanıklığın sonuçlar üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, ikili karşılaştırmalar yoluyla yapılan ağırlıklandırılmaların sıralama sonucunda daha etkili olduğu, ayrıca BTOPSIS'ten ziyade BAHP'nin karar alma konusunda çok daha önemli olduğu gösterilmiştir.

Aladağ, Çelik ve Alkan (2016) otomotiv sektöründeki bir firmanın tedarikçi seçiminde çok kriterli karar verme yaklaşımında AHP, BHP ve TOPSIS'i uygulamıştır. Çalışmanın ilk bölümde otomotiv sektöründe tedarikçi seçiminde dikkat edilmesi gereken kriterleri firmalarda anket çalışması yaparak belirlemiştir. İkinci bölümde, firmanın tedarikçileri arasında bulunan ve aday olan tedarikçileri çok kriterli bir yapıda değerlendirip göreceli olarak sıralamıştır. Belirlenen ölçütler için en uygun tedarikçinin seçilmesinde BAHP kullanılmıştır. Tedarikçilerin öncelik sıralamalarında BAHP, TOPSIS ve AHP yöntemleri kullanılmıştır.

Tedarikçi seçimi her sektörde her firma için stratejik bir konu olarak düşünölmeye ve görölmeye başlamaktadır.

Kumar, Padhi ve Sarkar (2019) çalışmalarında bir ağır lokomotif üreticisinin tedarikçi seçiminde en güvenilir tedarikçiyi bulmak için kalite, teslimat, fiyat ve hizmet gibi bazı ana kriterler kullanmıştır. Ardından, Taguchi kayıp fonksiyonu, analitik hiyerarşi süreci AHP ve TOPSIS olmak üzere üç yöntemi kullanarak tedarikçilerin seçilmesi sürecinde objektiflik sağlayan entegre bir model üzerine çalışılmıştır. Son olarak, tedarikçi seçimi yapılacak olan firmanın iki vakası duyarlılık analizi ile modelin güvenilirliği gösterilmeye çalışılmıştır.

Literatürde tedarikçi seçimiyle ilgili farklı yöntemlerle uygulamalarda mevcuttur.

Gri ilişkisel analiz ile çok kriterli tedarikçi seçimi: Otomotiv sektöründe bir uygulama isimli çalışmada otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin 82 adet tedarikçisiyle gri ilişkisel analiz yönteminden yararlanarak performans değerlendirme süreci hakkında çalışılmıştır (Özdemir ve Deste, 2009).

Belirsizlik altında çevre bilinçli tedarikçi seçim probleminin incelenmesi isimli çalışmada öncelikle kaynakların sınırlı olmasından ve çevre bilincine sahip sistemlerin kurulmasının öneminden bahsedilmiştir. Ardından yeşil tedarik zincirinde tedarikçi seçimi gerçekleştiren bir işletmenin değerlendirmesi gereken kriterler belirlenmiştir. Otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firma için tedarikçi değerlendirmesi ve analizi üzerine çalışılmıştır. Çalışmada yeşil tedarik zincirinde, tedarikçi seçimi yapılırken çevreci kriterlerin şiddetinin otomotiv sektöründe yüksek olduğu görölmektedir. (Özkır,2018)

Yeşil tedarik zinciri yönetiminde ÇKKV: otomotiv ana sanayi örneği isimli çalışmada, yeşil tedarik zinciri yönetimi (YTZY), Ana firma üzerindeki ilişkisini çok kriterli karar verme yöntemleriyle incelenmiştir.

Kriterler YTZY'ye göre belirlenmiştir. Kriter oran ağırlıkları metodu kullanılarak kriterler ağırlıklandırılmıştır. Ford Otosan firmasının fabrikaları mutlak sayıları, bulanık sayıları ve sezgisel bulanık sayıları olmak üzere 8 ayrı yöntem içerir. YTZY kriterlerine göre yöntemler tek tek değerlendirilmiştir. Karar verici olarak 11 firma için duyarlılık analizi yapılmak üzere 10 farklı senaryo oluşturulmuştur. Son olarak TOPSIS metotlarının çalışmada daha etkin olduğu görölmüştür (Koca ve Behdioğlu, 2019).

Bulanık Multimoora ile Personel Seçimi: Havacılık Sektöründe Bir Uygulama isimli çalışmada MULTIMOORA yöntemi kullanılarak işletmelerin en önemli kaynaklarından birisi olan insan kaynağında personel seçimi problemi üzerine çalışılmıştır. Havacılık sektöründe yer alan bu firma kendisine en uygun personeli seçmeyi amaçlamaktadır. Sonuçları test etmek ve önerilen yöntemin kullanılabilirliğini karşılaştırmak amacıyla personel adaylarına bütünleşik AHS-TOPSIS yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bütünleşik AHP-TOPSIS ve MULTIMOORA yöntemlerinin aynı sonucu verdiği görölmüştür (Kuşakçı vd, 2019).

Bulanık VIKOR ile Personel Seçimi: Otomotiv Yan Sanayiinde Uygulama isimli çalışmada otomotiv sektörüne yedek parça üretimi yapan bir firmanın personel seçimi üzerine çalışılmıştır. Çalışmada çelişen kriterler olması sebebiyle, Bulanık VIKOR yöntemi kullanılmıştır (Öztürk ve Kaya, 2020).

3. METODOLOJİ ve YÖNTEMLER

3.1.AHP Yöntemi

Literatürde kullanıldığı sıkça görülen, çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisi olan klasik AHP Yönteminin uygulama adımları Şekil 1’de açıklanmıştır.

Bu adımlar sırasıyla uygulanır ve şekilde bahsi geçen ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması için Thomas L. Saaty’nin geliştirdiği 1’den 9’a kadar önem puanlarının verildiği AHP İkili Karşılaştırma tablosu kullanılır, (Tablo 1).

Şekil 1.’de bahsedilen CR-tutarlılık oranı hesaplanırken CI-Tutarlılık indeksi bulunur. Aşağıdaki denklem 3.1 uygulanır.

$$CI = \lambda_{\max}/(n - 1) \quad (3.1)$$

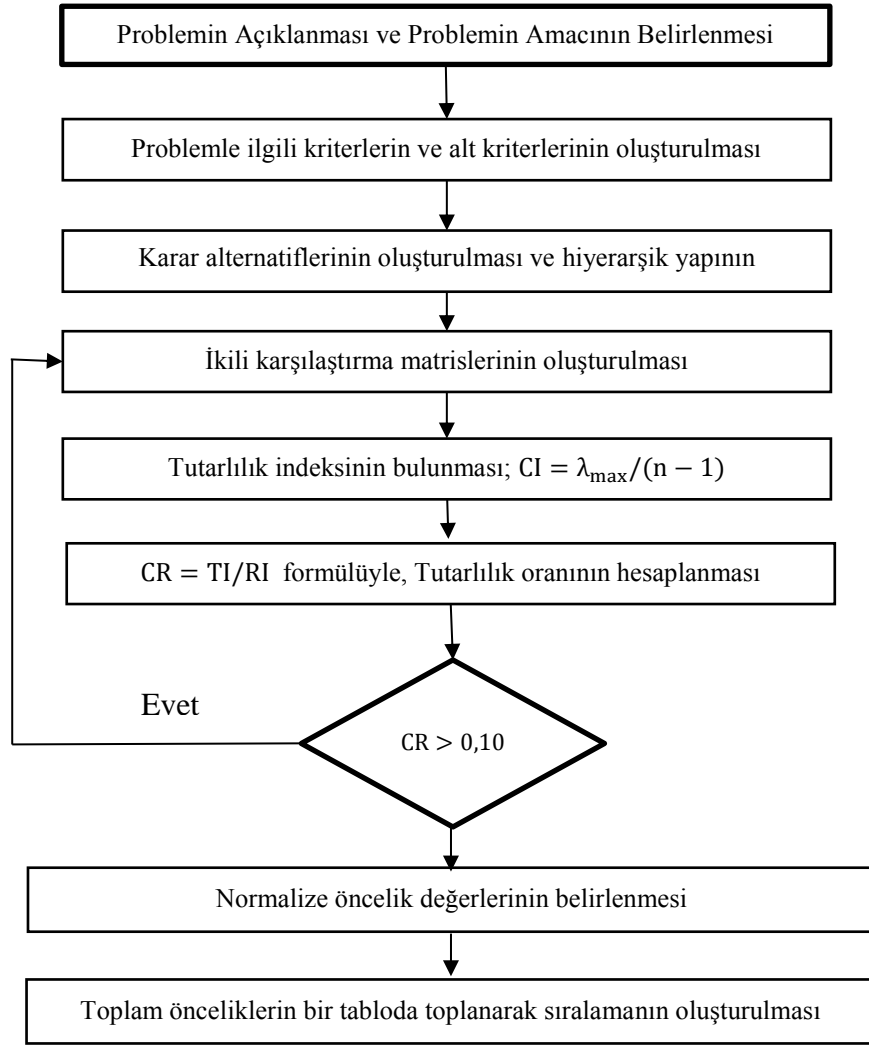
Tutarsızlık oranı (CR) hesaplanırken Tablo 2’den yararlanılarak, aşağıdaki denklem 3.2 kullanılarak tutarlılık oranı hesaplanmış olur.

$$CR = CI/RI \quad (3.2)$$

Tutarlılık oranını (CR)’yi bulmak için; RI, Rassal tutarlılık değerlerine ihtiyaç vardır. Tablo 2’de N değerine denk gelen RI değeri bulunur.

CR değeri 0.10 değerinden küçük olmalıdır. 0.10’dan büyük bir değer çıkarsa, tutarsızlık olur ve değerlendirmelerin yazdığı tüm matrisler incelenmeli ve yapılacak düzenlemelerin ardından adımlar tekrarlanmalıdır.

CR değerinin 0 çıkması durumunda tam tutarlı olduğu söylenir, (Özcan ve Özyörük 2005).



Şekil 1. AHP Uygulama Adımları (Ayçin, 2019)

Tablo 1. AHP İkili Karşılaştırma Önem Puanları ve Değer Tanımları

Önem Puanı	Değer Tanımları
1	Her iki seçenek eşit önemdedir
3	1. seçenek 2. den biraz daha önemlidir
5	1. seçenek 2. den oldukça önemlidir
7	1. seçenek 2. den çok önemlidir
9	1. seçenek 2. den son derece önemlidir
2, 4, 6, 8	Ara değerler, iki ardışık değer arasında uzlaşma gerektiğinde kullanılır

Tablo 2. Ortalama Rassal Tutarlılık Değerleri

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

3.2. Bulanık AHP (BAHP) Yöntemi

Yöneticiler karar verirken belirsizliklerle ve karmaşıklıklarla karşıya karşıyadır. Kompleksliğin ve belirsizliklerin olduğu problemlere bulanık ya da fuzzy yöntem adı verilmektedir (Erik, 2005).

Klasik AHP yöntemi, karar vericinin sezgiye dayalı deterministik ölçümler yapmasını sağlayamaz. Önceliklendirmelerle birlikte belirsizlikler bulanık küme teorisi olarak modellenebilir. Bu da bulanık sayılarla mümkündür. Klasik AHP’de karar verilirken 1’den 9’a kadar olan skala arasından değerlendirme yapılır. BAHP’de ise; ölçütlerin birbirleriyle karşılaştırılması bulanık sayılar vasıtasıyla yapılmaktadır, (Susuz, 2005).

BAHP’nin adımları aşağıdaki gibidir:

1.Adım: Karar vericiler seçilir. Her bir karar vericinin, konu hakkında uzman kişiler olması gerekmektedir.

2.Adım: Kriterler ve varsa alt kriterler belirlenir.

3.Adım: Kriter değerlendirmek için üç gensel bulanık sayı dönüştürme cetveli tablo 3’den yararlanılarak matrisler oluşturulur ve bulanık geometrik ortalamaları hesaplanır, (Çakar, 2019).

4.Adım: Kriterlerin her birisi için bulanık ağırlıklar hesaplanır.

5.Adım: Belirlenen bulanık ağırlıklar her bir alternatif için alternatiflerin öncelikleri hesaplanır. Alternatifleri değerlendirmek için tablo 4 kullanılır, (Xue vd, 2018).

6. Adım: Üçgen bulanık sayılar, üç tane gerçek sayıyla (l, m, u) tanımlanmıştır. l, m, u değerleri sırasıyla en düşük olası değeri, net değeri ve en büyük olası değer olarak tanımlanmaktadır. Bu adımda l, m ve u değerleri kullanılarak alt ve üst sınırlar belirlenir, (Aladağ ve Çelik 2016). Bu değerlerin hesaplanması denklem 3.3. ve denklem 3.4’te gösterilmiştir.

$$\text{Alt Sınır: } LB = \{[(m - l)x\alpha_n] + l\} \quad (3.3)$$

$$\text{Üst Sınır: } UB = \{u - [(u - m)x\alpha_n]\} \quad (3.4)$$

Birleştirilen alt sınır önceliği W_{kl} denklem 3.5’de gösterildiği gibi, üst sınır önceliği de W_{ku} denklem 3.6’da gösterildiği gibi hesaplanır.

Tablo 3. Kriter Değerlendirmede Üçgenel Bulanık Sayı Dönüştürme

Önem Yoğunluklarının Tanımı	Önem Şiddeti	Üçgenel Bulanık Sayı	Önem Yoğunluğunun Tersisi	Üçgenel Bulanık Sayının Tersisi
Eşit Önemlilik (EÖ)	1	(1,1,1)	(1/1)	(1,1,1)
Diğerine Göre Biraz Daha Önemli (DBÖ)	2	(1,2,4)	(1/2)	(1/4,1/2,1/1)
Hemen Hemen Önemli (HHÖ)	3	(1,3,5)	(1/3)	(1/5,1/3,1/1)
Güçlü Önemli (GÖ)	5	(3,5,7)	(1/5)	(1/7,1/5,1/3)
Çok Güçlü Önemli (ÇGÖ)	7	(5,7,9)	(1/7)	(1/9,1/7,1/45)
Aşırı Önemli (AÖ)	9	(7,9,11)	(1/9)	(1/11,1/9,1/7)

Tablo 4. Alternatiflerin Değerlendirilebilmesi için Bulanık Sayılar

Dilsel Değişkenler	Üçgensel Bulanık Sayılar
Çok İyi	(3,5,5)
İyi	(1,3,5)
Orta	(1/5,1/3,1/3)
Zayıf	(1/5,1/3,1)
Çok Zayıf	(1/5,1/5,1/3)

$$W_{kL} = \frac{\sum_{l=1}^L \alpha_l (LB_k)_l}{\sum_{l=1}^L \alpha_l} \quad (3.5)$$

$$W_{kL} = \frac{\sum_{l=1}^L \alpha_l (UB_k)_l}{\sum_{l=1}^L \alpha_l} \quad (3.6)$$

Birleştirilen alt ve üst sınır öncelikleri her bir alternatif için ağırlıklarıyla denklem 3.7 kullanılarak birleştirilir.

$$W_{dk} = \lambda W_{k(UB)} + (1 - \lambda) W_{k(LB)} \quad \lambda \in [0,1] \quad (3.7)$$

W_{dk} : Alternatif için sadeleştirilmiş öncelik değeri
 λ : İyimserlik İndeksi

İyimserlik indeksi 1, 0,5 ve 0 olmak üzere karar vericinin iyimser, orta ve karamsar görüşlerini ortaya koyabilmesi için kullanılır (Çakar, 2019).

7.Adım: Alternatiflerin öncelik sıralamasını belirlemek için denklem 3.8 yardımıyla gerekli hesaplamalar yapılır ve en yüksek sayıya sahip olan alternatif seçilir.

$$W_{nk} = \frac{W_{dk}}{\sum_{i=1}^k W_{dk}} \quad (3.8)$$

3.3. Bulanık TOPSIS (BTOPSIS)

TOPSIS yöntemiyle AHP yönteminin arasındaki fark; TOPSIS yönteminde, ideal çözüm pozitif ideal çözümden en kısa mesafeye ve geometrik açıdan negatif ideal çözümden de en uzun mesafeye sahip olmasıdır. BTOPSIS yöntemi adımları aşağıdaki gibidir.

1.Adım: Öncelikle Karar (A) Matrisinin Oluşturulması

A matrisi karar vericiler (uzman kişiler) tarafından oluşturulur. Bu matris başlangıç matrisidir. Karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralamak amaçlı alternatifleri, sütun bölümünde ise karar verme aşamasında kullanılabilecek olan kriterler bulunmaktadır. Bulanık ifadelerle denklem 3.9'la gösterilen matris oluşturulur.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.9)$$

Yukarıda verilen A_{ij} karar matrisinde, m karar nokta adedini, n ise değerlendirme faktörü adedini vermektedir (Civir 2015).

2. Adım: Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

1.adımda bulunan standart karar matrisi denklem 3.10 kullanılarak normalize edilir, (Öztürk 2019).

$$R = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \rightarrow (r_{ij}^L, r_{ij}^M, r_{ij}^U) = \left(\frac{l_{ij}}{u_j^+}, \frac{m_{ij}}{u_j^+}, \frac{u_{ij}}{u_j^+} \right), i = (1, 2, \dots, m); j \in K_m \quad (3.10)$$

$$u_j^+ = \max_i(u_{ij}); j \in K_m \quad (3.11)$$

3. Adım: Ağırlıklarla Çarpılarak, Normalize Bulanık Karar Matrisinin Hazırlanması

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad \tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} x \tilde{w}_j \quad (3.12)$$

4. Adım: Bulanık Pozitif ve Negatif İdeal Çözüm Değerlendirilmelerinin Belirlenmesi

$$\tilde{A}^+ = \{\tilde{r}_1^+, \tilde{r}_2^+, \dots, \tilde{r}_n^+\} = \{\max_i\{(r_{ij}^L, r_{ij}^M, r_{ij}^U)\} | J \in K_m, \min_i\{(r_{ij}^L, r_{ij}^M, r_{ij}^U)\} | j \in K_u\} \quad (3.13)$$

$$\tilde{A}^- = \{\tilde{r}_1^-, \tilde{r}_2^-, \dots, \tilde{r}_n^-\} = \{\min_i\{(r_{ij}^L, r_{ij}^M, r_{ij}^U)\} | J \in K_m, \max_i\{(r_{ij}^L, r_{ij}^M, r_{ij}^U)\} | j \in K_u\} \quad (3.14)$$

4. Adım: Her alternatif için bulanık pozitif ideal çözüm uzaklığı, bulanık negatif ideal çözüm uzaklığı ve tepe yöntemleri de kullanılarak denklem 3.15 ve denklem 3.16'dan yararlanılarak hesaplanır. Pozitif ve negatif ideal uzaklık demek aynı zamanda en çok tercih edilen en büyük faydanın ve en az tercih edilen en küçük zararın ölçülmesi anlamına gelmektedir (Erkan 2019).

$$S_i^* = \sum_{j \in K_m} w_j (\tilde{r}_j^+ - \tilde{r}_{ij}) + \sum_{j \in K_m} w_j (\tilde{r}_{ij} - \tilde{r}_j^+) \quad ,$$

$$S_i^- = \sum_{j \in K_m} w_j (\tilde{r}_j^- - \tilde{r}_{ij}) + \sum_{j \in K_m} w_j (\tilde{r}_{ij} - \tilde{r}_j^-) \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.15)$$

$$S_i^* \rightarrow w_j = (\tilde{r}_{ij} - \tilde{r}_j^+) = \sqrt{\frac{1}{3} [(\tilde{r}_{11}^+ - \tilde{r}_{11})^2 + (\tilde{r}_{11}^+ - \tilde{r}_{21})^2 + (\tilde{r}_{11}^+ - \tilde{r}_{31})^2]}$$

$$S_i^- = w_j = (\tilde{r}_{ij} - \tilde{r}_j^-) = \sqrt{\frac{1}{3} [(\tilde{r}_{11} - \tilde{r}_{11}^-)^2 + (\tilde{r}_{21} - \tilde{r}_{11}^-)^2 + (\tilde{r}_{31} - \tilde{r}_{11}^-)^2]} \quad (3.16)$$

5. Adım: Her alternatif için bulanık yakınlık katsayıları hesaplanır denklem 3.17'de ki gibi hesaplanır ve alternatiflerin sıralamaları oluşturulur.

$$CC_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad i=1, 2, \dots, m \quad (3.17)$$

4. UYGULAMALAR

Bu çalışmada IATF 16949:2016 Kalite Yönetim Sistemine sahip İstanbul'da faaliyet gösteren otomotiv yan sanayii sektöründe printed circuit board (pcb) plakalı şamandıra, mekanik seviye göstergesi, reed switchli tüp şamandıra, yağ çubuğu gibi otomotiv yan sanayii ürünleri üreten, ürün satışlarının %75'ini pcb plakalı şamandıralardan oluşan bir firma ele alınmıştır. Firma üç büyük otomotiv firmasına OEM olarak çalışmakta ve gelirinin %48'ini ihracattan kazanmaktadır. Ürün satışlarının yoğunluğunu pcb plakalı şamandıralardan elde etmesi sebebiyle, bu şamandıraların kritik malzemesi olan pcb plakasının tedarikçi seçimine yoğunlaşmıştır.

Otomotiv sektöründe, IATF 16949:2016 uluslararası otomotiv kalite yönetim sistemi, ürün satışından, üretim sürecine, müşterilerle ilişkilerden, tedarikçi ilişkilerine kadar firmanın tüm hayatını etkilemektedir. Firma, IATF 16949:2016'nın şartlarını sağlamaması durumunda ürün satışlarının durmasına ve pazardaki prestijini kaybetme ihtimali vardır. Bu nedenle firma kendisine en uygun tedarikçiyi belirlerken, IATF 16949:2016 standardının 8.4.1.2. tedarikçi seçim süreci maddesini kendine göre yorumlayarak değerlendirmek zorundadır. Firma tedarikçi seçerken;

- Tedarikçinin ürün uygunluğu ve kesintisiz ürünü organizasyona sağlama riskinin değerlendirilmesi,
- Kalite ve sevkiyat performansı, tedarikçi kalite yönetim sisteminin değerlendirilmesi, firma tedarikçi performans değerlendirmesi yapmak zorundadır.

Standartta tedarikçi seçerken kullanılacak diğer kriterler hakkında öneriler verilmektedir: Genel işletme performansı, satın alınan ürün, malzeme ve servis karmaşıklığı (teslimat özellikleri), gerekli teknolojiler (ürün ve proses içinde), kaynakların yeterliliği (insan, altyapı vs.), tasarım ve geliştirme yetenekleri (proje yönetimine hakimiyeti), iş sürekliliği planlama (acil durumlara hazırlıklı olma, esneklik), lojistik prosesi, müşteri hizmetleridir.

Bu çalışmada firmada otomotiv sektöründe yıllardır çalışan ve firmada en az 5 yıl en çok 43 yıllık tecrübesi bulunan üç karar verici (üretim planlama müdürü, kalite yönetim sistem müdürü ve satın alma sorumlusu) tarafından ana kriterler, tedarikçi risk analizleri ve IATF 16949:2016 firma kalite el kitabı göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır.

Bu çalışma kalite, finans, teslimat, genel işletme performansı ve esneklik 5 ana kriterin tedarikçi seçiminde ana kriter olarak belirlenmesiyle başlar.

Kalitenin ana kriter olarak belirlenmesi; IATF 16949:2016, 8.4.2.3 Tedarikçi Kalite Yönetim Sistemi Geliştirme maddesine göre, IATF 16949:2016 Kalite Yönetim Sistemine sahip firmaların tedarikçilerinin; en az ISO 9001:2015 Kalite Yönetim Sistemine sahip olmaları gerekmekte ve tedarikçilerini kalite yönetim sistemine uygun olarak geliştirmeli ve sürekli iyileştirme yapmaları için teşvik etmelidir. Otomotiv sektöründeki firmalar, tasarım geliştirme süreçlerinde tedarikçi firmalardan PPAP (Üretim Parçası Onay Prosesi) dosyası hazırlamalarını isteyebilir. Bu dosyalar ana otomotiv firmalarına üretim yapan OEM'ler için zorunlu ancak tedarikçiler için OEM isteğine bağlıdır. Bu dosya, prosesin ve ürünün düzgün çalıştığını ana firmaya doğrulaması için gereklidir. Eğer tedarikçi firmanın ürünü ya da hizmeti özel bir prosese ya da ürüne doğrudan etki ediyorsa, tedarikçi PPAP dosyası hazırlamak zorundadır. Ürünün kalitesinde önemli olan diğer bir nokta ürünün ömrüdür. Satın alınmak istenen pcb plakalarının smd dizgi olması sebebiyle, üzerindeki smd komponentlerin belirli bir ömrü (en fazla 2 yıl) olmasından dolayı, tedarikçinin FIFO (ilk giren ilk çıkar) kuralını benimsemiş olması önemlidir. Aynı zamanda tedarikçi firma esd (elektronik statik deşarj) kurallarına uyarak ürünün güvenliğini sağlamalıdır. Komponentlerin bozulmaması için anti-statik alanı oluşturarak depolamalı ve sevk etmelidir. Firma tedarikçi risk analizinde, potansiyel hata modu olarak tedarikçisinin kalite belgesinin bulunmaması ve ürün ömrüne dikkat etmemesi durumlarını risk olarak değerlendirmiş ve kendi firmasına olan şiddetini 10/10 olarak puanlamıştır.

Risk analizinde şiddet hiçbir zaman değişmez. Ancak doğru aksiyonlar alınarak, risklerin olasılıkları düşürülebilir.

Finans ana kriteri belirlenmesi; Bir işletmenin en önemli varlık nedenlerinden birisi kar sağlamaktır. Her firma, firmasının maliyetlerinin düşmesi için miktar iskontosu yapmasını ve elindeki nakit sermayeyi elinde tutmak ve tedarikçisinin kendisine ödeme kolaylıkları

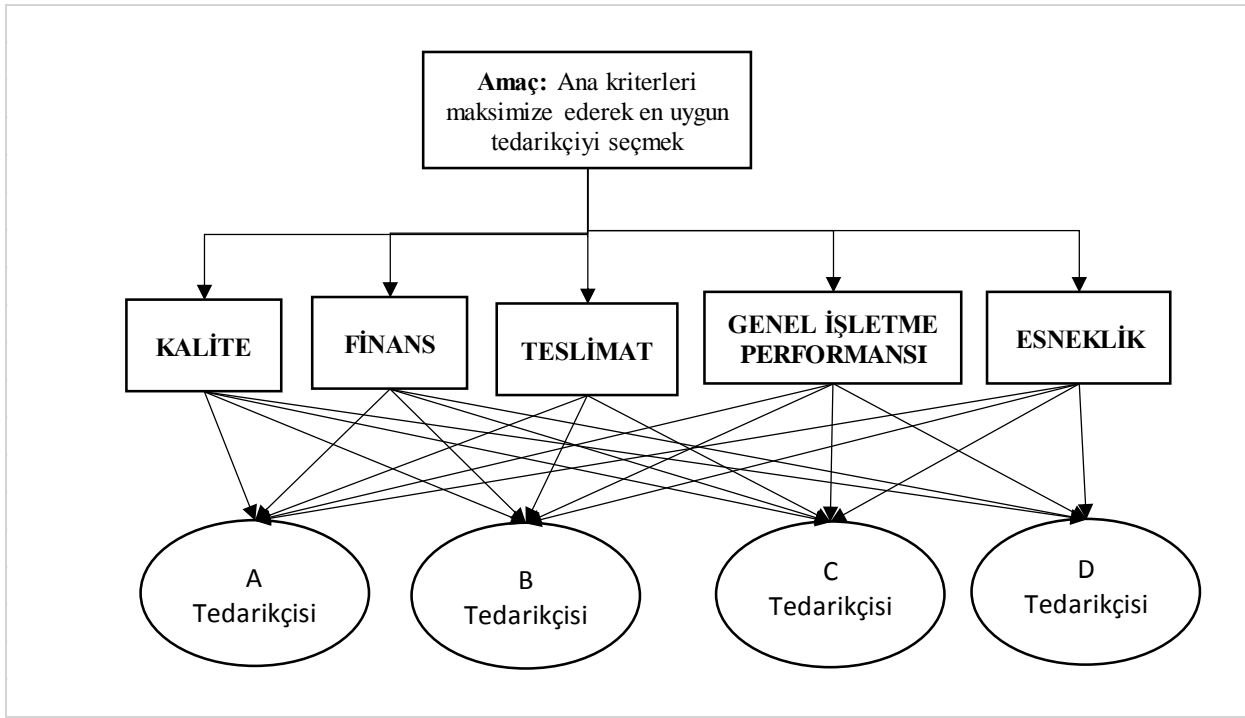
sağlamasını ister. Firma, tedarikçi risk analizinde finans hakkında, fiyat değişikliklerinin sık olması potansiyel hata olarak belirleyip risk analizinde yer vermiştir. Firmaya olan şiddetini 8/10 olarak belirlemiştir.

Teslimat ana kriterinin belirlenmesi; IATF standardında belirtildiği gibi ürünü kesintisiz ve zamanında tedarikçinin sağlanması önemlidir. Aksi halde, ana firmaya malzemelerin tedarikçi kaynaklı geç ulaşmasında bu çalışmanın giriş bölümünde ve uygulama bölümlerinde de bahsedildiği gibi yüksek cezai yaptırımlara neden olabilir. IATF 16949 gereği firma tedarikçilerini değerlendirmek zorundadır. Tedarikçi değerlendirmesinde dikkat edilmesi gereken ölçütlerden biride, teslimattır. Firma tedarikçi risk analizinde, potansiyel hata modu olarak tedarikçi performans puanının düşük olması ve teslimatın aksaması olarak belirlemiş ve aksaması durumunda şiddetini 9/10 olarak belirlemiştir. Bu nedenle firma için teslimat ana kriter olarak belirlenmiştir.

Genel İşletme Performansı ana kriterinin belirlenme sebebi; Tedarikçilerden müşteri odaklı olması ve uygunsuzluk durumunda tespitini yapıp, hızlı bir şekilde çözüm bulması beklenir. Tedarikçi kaynaklı hataların tekrarını önlemek için düzeltici faaliyetler oluşturması ya da Global 8D'den yararlanması otomotiv sektöründe gereklidir. Yeterli ve yetkin personel, yeterli alt yapı kaynaklarının bulunması aynı zamanda tasarım ve geliştirme yeteneklerinin üst düzeyde olması firmaya değer katacağı ve müşteri isteklerine cevap verebilirliği artacağı için genel işletme performansı da ana kriter olarak belirlenmiştir. Ayrıca Firma tedarikçi risk analizinde tedarikçiyle iletişime geçememe, kaynak yetersizliği gibi durumları potansiyel hata modu olarak belirlemiş. Şiddetini 7/10 olarak belirtmiştir.

Esneklik ana kriterinin belirlenmesi; Firmada yalın üretim sistemlerinin benimsenmesi sebebiyle, kritik stoklarla çalışmakta ve siparişe göre üretim yapılmaktadır. Bu nedenle gelen siparişlerin değişkenlik göstermesi sebebiyle tedarikçinin bu belirsizliğe karşı miktarda ve teslimatta esnek olması beklenmektedir. Firma tedarikçi risk analizinde potansiyel hata modu olarak tedarikçi performans puanının düşük olması olarak belirlemiştir. Firma, tedarikçi performansını ölçerken istenen miktarda istendiği kadar ve istenen zamanda gelmesi hususlarında değerlendirmesi sebebiyle risk analizinde bu durumun risk derecesini 9/10 olarak belirtmiştir.

Firmanın karar desteğe ihtiyaç duyduğu 4 tane alternatif tedarikçi arasından seçim yapmak için, AHP, BAHP ve BTOPSIS yöntemleriyle en uygun tedarikçinin seçimi amaçlanmıştır. Çalışmada Microsoft Excel 2019 sürümü kullanılmıştır. Şekil 2'de en uygun tedarikçi seçimi hiyerarşik yapısı düzenlenmiştir. Ana kriterler ve alternatifler Şekil 2 En uygun tedarikçi seçimi hiyerarşi yapısında gösterilmiştir.



Şekil 2. En Uygun Tedarikçi Seçimi Hiyerarşi Yapısı

Tablo 5’de gösterilen ikili karşılaştırmalar sayısal ifadeler kullanılarak tek tek her bir karar vericiyle değerlendirme yapılmıştır. Sonrasında ana kriterler için önem skalasına göre üç karar vericinin kararlarının geometrik ortalamaları alınarak, ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Normalize edilmiş ana kriterler tablo 6’da gösterilmiştir.

Tablo 5. Üç Karar Vericinin Ortak AHP İkili Karşılaştırması

Ana Kriterler	Kalite	Finans	Teslimat	Genel İşletme Performansı	Esneklik
Kalite	1,00	1,53	1,61	6,80	4,72
Finans	0,65	1,00	4,48	4,72	5,13
Teslimat	0,62	0,22	1,00	1,41	1,14
Genel İşletme Performansı	0,16	0,21	0,71	1,00	2,71
Esneklik	0,21	0,19	0,87	0,37	1,00

Üç karar verici tarafından, tüm kriterler tek tek alternatiflere göre karşılaştırılmış, normalize edilmiş ve ardından tutarlılık oranları hesaplanmıştır. Hesaplanan her bir kriterin tutarlılık oranının 0.1’den küçük olduğu ve tutarlı olduğu görülmüştür. Tablo 7’de ana kriterlere göre tedarikçilerin normalize matris öz vektör değerleri gösterilmiştir. AHP’ye göre tedarikçi sıralaması Tablo 8’te verilmiştir.

Uygulamanın ikinci kısmında bulanık analitik hiyerarşi prosesiyle problem çözülmüştür. Her bir karar verici tarafından tablo 3 kriter değerlendirme için üçgensel bulanık sayı dönüştürme cetvelinden yararlanarak ikili karşılaştırma değerleri bulanıklaştırılmış ve geometrik ortalamaları alınıp, her bir kutu içindeki sayılar çaprazlama olarak toplam sayıya bölünerek kriter ölçüt ağırlıkları tablo 9 elde edilmiştir.

Tablo 6. Normalize Edilmiş Ana Kriterler

Normalize Edilmiş Ana Kriterler	Kalite	Finans	Teslimat	Genel İşletme Performansı	Esneklik	Normalize Matrisin Öz Vektör Değerleri
Kalite	0,378	0,485	0,186	0,476	0,321	0,3689
Finans	0,246	0,316	0,516	0,330	0,349	0,3515
Teslimat	0,234	0,071	0,115	0,099	0,078	0,1192
Genel İşletme Performansı	0,062	0,067	0,082	0,070	0,185	0,0931
Esneklik	0,080	0,062	0,101	0,026	0,068	0,0672

Tablo 7. Ana Kriterlere Göre Tedarikçilerin Normalize Matris Öz Vektörü

Tedarikçiler	Kalite	Finans	Teslimat	Genel Performans Değerlendirme	Esneklik	Ana Kriterler Öncelik Vektörü
A Tedarikçisi	0,44	0,39	0,39	0,52	0,52	0,37
B Tedarikçisi	0,31	0,30	0,30	0,13	0,13	0,35
C Tedarikçisi	0,20	0,23	0,23	0,19	0,19	0,12
D Tedarikçisi	0,05	0,09	0,09	0,15	0,15	0,09
Toplam:	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,07

Tablo 8. AHP Yöntemine Göre Tedarikçi Sıralaması

Tedarikçiler	Seçeneklerin Sıralama Puanları	Tedarikçi Sıralaması
A	0,43	1
B	0,28	2
C	0,21	3
D	0,08	4

Her bir alternatifler, ana kriterlere göre, her bir karar verici tarafından dilsel olarak değerlendirilip bulanıklaştırıldıktan sonra geometrik ortalamaları alınarak tablo 10 oluşturulmuştur. Bulanık AHP'ye göre tedarikçi sıralamaları tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 9. Kriter Ölçüt Ağırlıkları

Ölçütler	Bulanık Ağırlıklar		
Kalite	0,17	0,37	0,75
Finans	0,16	0,36	0,74
Teslimat	0,06	0,11	0,25
Genel İşletme Performansı	0,05	0,09	0,22
Esneklik	0,03	0,06	0,16

Tablo 10. Karar Vericilerin Ortak, Kriterleri Bulanık Olarak Değerlendirilmesi

Tedarikçiler/ Kriterler	Kalite	Finans	Teslimat	Genel Performans Değerlendirme	Esneklik
A Tedarikçisi	(2,1-4,2-5,0)	(1,0-1,4-1,7)	(1,4-1,7-1,7)	(2,1-4,2-5)	(1,4-3,6 5,0)
B Tedarikçisi	(1-3,0-5,0)	(1-2,1-2,9)	(1,0-1,4-1,7)	(1,0-1,4-1,7)	(0,6-1,0-1,7)
C Tedarikçisi	(1,0-2,1-2,9)	(1-3,-5)	(1-1-1)	(0,2-0,3-1)	(1,0-1,4 1,7)
D Tedarikçisi	(0,3-0,4-0,7)	(0,2-0,3-1,0)	(0,2-0,3-1,0)	(1-1-1)	(1-1-1)

Tablo 11. Bulanık AHP'ye Göre Tedarikçi Sıralaması

Tedarikçiler	Ağırlıkları	Normalize Ağırlık	Sıralama
A	3,3	0,35	1
B	2,8	0,30	2
C	2,6	0,28	3
D	0,7	0,07	4

Çalışmanın bu bölümünde Bulanık Analitik Hiyerarşi Sürecinden elde edilen “ana kriterlerin ağırlıkları” kullanılarak Bulanık TOPSIS metoduyla problem çözülmüştür. Bulanık TOPSIS yöntemine ait bulanık normalize karar matrisi tablo 12’de gösterilmiştir.

Her alternatifin ölçütlere göre bulanık pozitif ideal çözümüne S^+ ve bulanık negatif ideal çözümüne S^- uzaklık değeri hesaplanır. Tablo 13 ve 14 oluşturulur. Bulanık TOPSIS yöntemiyle tedarikçi sıralaması tablo 15’de verilmiştir.

Tablo 12 Bulanık Normalize Karar Matrisi

Tedarikçiler/ Kriterler	Kalite	Finans	Teslimat	Genel İşletme Performansı	Esneklik
A Tedarikçisi	0,072	0,033	0,016	0,020	0,009
	0,311	0,104	0,039	0,078	0,046
	0,749	0,252	0,086	0,220	0,160
B Tedarikçisi	0,035	0,033	0,011	0,009	0,004
	0,221	0,150	0,033	0,027	0,013
	0,749	0,431	0,086	0,075	0,055
C Tedarikçisi	0,0347	0,033	0,011	0,002	0,007
	0,1533	0,216	0,023	0,006	0,019
	0,4381	0,737	0,051	0,044	0,055
D Tedarikçisi	0,012	0,007	0,002	0,009	0,007
	0,030	0,024	0,008	0,019	0,013
	0,104	0,147	0,051	0,044	0,032
$\check{A}^+ =$	0,749	0,737	0,086	0,220	0,160
$\check{A}^- =$	0,012	0,007	0,002	0,002	0,004

Tablo 13. Bulanık Pozitif İdeal Çözüm Tablosu

S^+	Kalite	Finans	Teslimat	Genel İşletme Performansı	Esneklik	Satır Toplamı
A	0,27	0,35	0,03	0,08	0,06	0,80
B	0,30	0,32	0,03	0,11	0,08	0,84
C	0,33	0,29	0,03	0,12	0,08	0,85
D	0,41	0,39	0,04	0,11	0,08	1,03

Tablo 14. Bulanık Negatif İdeal Çözüm Tablosu

S^-	Kalite	Finans	Teslimat	Genel İşletme Performansı	Esneklik	Satır Toplamı
A	0,27	0,09	0,03	0,08	0,05	0,52
B	0,26	0,15	0,03	0,03	0,02	0,48
C	0,15	0,25	0,02	0,01	0,02	0,45
D	0,03	0,05	0,02	0,02	0,01	0,12

Tablo 15. Bulanık TOPSIS Tedarikçi Sıralaması

S^+	S^-	CCI	Sıralama
0,796	0,517	0,393	1
0,835	0,478	0,364	2
0,849	0,453	0,348	3
1,034	0,120	0,104	4

4.4. Duyarlılık Analizi

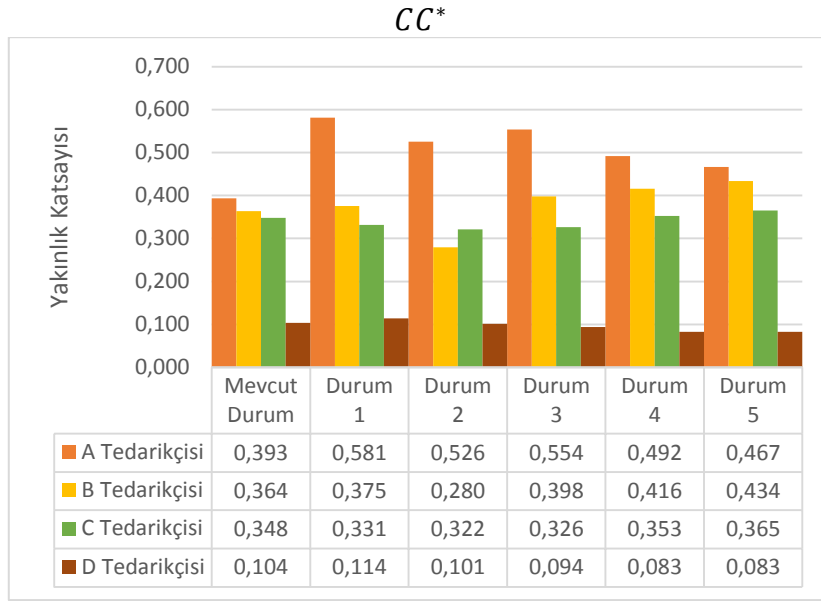
Duyarlılık analizi, kriter ağırlıklarında oluşabilecek değişikliklere, alternatiflerin ne derece duyarlı olduğunu ortaya koymak için yapılmaktadır. Tablo 16’da görüldüğü gibi, 5 farklı durum göz önünde bulundurularak duyarlılık analizi yapılmış ve alternatiflerin yakınlık katsayıları hesaplanmıştır.

Tablo 16. Duyarlılık Analizinin Uygulanması için Kriterlere Verilen Farklı Durumlar

Ana Kriterler	Kalite	Finans	Teslimat	Genel İşletme Performansı	Esneklik
<u>Durum 1</u>	EÖ	EÖ	EÖ	EÖ	EÖ
<u>Durum 2</u>	GÜ	GÜ	GÜ	EÖ	EÖ
<u>Durum 3</u>	AÖ	AÖ	AÖ	EÖ	EÖ
<u>Durum 4</u>	AÖ	AÖ	AÖ	AÖ	EÖ
<u>Durum 5</u>	AÖ	AÖ	AÖ	AÖ	AÖ

Şekil 3’de, tablo 16’da ki durumlar kullanılarak aşağıdaki yakınlık katsayılarının hesaplamaları yapılmış ve çubuk grafiğiyle gösterilmiştir.

Şekil 3’de gösterildiği gibi, kriterlere verilen ağırlıkların değişmesi durumunda bile sonuçlar değişmemektedir. Sıralama yine A-B-C ve D tedarikçisi olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Farklı Kriter Ağırlıkları Kullanılarak Alternatiflerin Yakınlık Katsayıları

5. SONUÇ

Bu çalışmada Türkiye’nin lokomotif sektörlerinden birisi olan otomotiv yan sanayi sektörünün, kompleks ve kesin olmayan ifadeleri barındırması kalitatif ve kantitatif değişkenlerinin bulunması sebebiyle, tedarikçi seçimi üzerine odaklanılmıştır.

Çalışma iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada IATF 16949:2016 standardından ve şirketin tedarikçi risk analizinden faydalanarak, firmada yıllardır çalışan üç karar vericiyle ortak olarak kriterler belirlenmiş. Ardından bulanık ve klasik çok kriterli karar verme yöntemleriyle değerlendirilerek göreceli olarak sıralanmıştır. İkinci aşamada ise, duyarlılık analizi yapılarak kriterlere farklı ağırlıklar verilmesi durumunda, tedarikçilerin (alternatiflerin) farklı durumlar altında ne kadar duyarlı oldukları gösterilmiştir.

Belirlenen kriterlere göre en uygun tedarikçinin seçiminde ve öncelik sıralamalarında Analitik Hiyerarşi Prosesi, Bulanık TOPSIS ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesinden yararlanılmıştır. Farklı yöntemler kullanılarak tedarikçi sıralaması Tablo 17’de özetlendiği şekilde bulunmuştur.

Tablo 17. Farklı Yöntemlerden Elde Edilen Tedarikçi Sıralamaları

Tedarikçiler	AHP	BAHP	BTOPSIS	Sıralama
A	0,43	0,35	0,39	1
B	0,28	0,30	0,36	2
C	0,21	0,28	0,35	3
D	0,081	0,07	0,10	4

Tablo 17’de verilen değerlere göre üç farklı yöntemde de, en uygun tedarikçi sıralamasını A Tedarikçisi → B Tedarikçisi → C Tedarikçisi → D Tedarikçisi şeklinde vermektedir.

KAYNAKÇA

Akman, G., Alkan, A., (2006), "Tedarik Zinciri Yönetiminde Bulanık AHP Yöntemi Kullanılarak Tedarikçilerin Performansının Ölçülmesi: Otomotiv Yan Sanayiinde Bir Uygulama". İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 5(9), 23–46.

Aladağ, Z., Çelik, C., (2016), "Otomotiv Sektöründe Faaliyet Gösteren Bir Firmada Tedarikçi Seçimi : AHP-Bulanık AHP ve TOPSIS Uygulaması". Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 9(1), 43–83.

Ayçin, D.E., (2019), Çok Kriterli Karar Verme Bilgisayarlı Uygulamalı Çözümler. Ankara: Nobel Yayınevi.

Bhutia, P.W., Pshipon, R., (2012), "Appication of AHP and TOPSIS Method for Supplier Selection Problem", IOSR Journal of Engineering, 2(10), 43–50.

Blume Global, (2020), Blume Global, 01.04.2020.
<https://www.blumeglobal.com/learning/automotive-supply-chain/>.

Chan, F.T.S., Qi, H.J., (2003), "An Innovative Performance Measurement Method for Supply Chain Management". Supply Chain Management: An International Journal, 8, 209-223.

Çakar, P., (2019), Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme Problemleri. İstanbul: İstanbul Gelişim Üniversitesi Yayınları.

Erik, D., (2005), "Firmaların Başarı Kriterlerinin Tanımlanması ve Çalışanların Memnuniyeti Kriterinin Bulanık Mantık Yöntemi ile Ölçülmesi". İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 8, 131–142.

Evren, Ö., Bahar, Ö., (2005), Otomotiv Sektöründe Tedarikçi Seçimine Etki Eden Faktörler ve Tedarikçi Seçimi. V.Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul Ticaret Üniversitesi 25-27 Kasım 2005, 625–629.

IATF 2016, (2016), "IATF 16949:2016" Requirements for Quality Management Systems for Series and Spare Parts Production in the Automotive Industry. 1st edition, October 2016 VDA.

IATF, (2020), International Automotive Task Force. IATF Global Oversight:, 01.04.2020,
https://www.iaftglobaloversight.org/wp/wp-content/uploads/2020/03/FINAL-IATF-Measures-Coronavirus-Pandemic-COVID-19-Initial-Release_27Mar2020.pdf.

Just Auto, (2020), 01.04.2020, https://www.just-auto.com/news/updated-daily-automotive-coronavirus-briefing-free-to-read_id194210.aspx.

Koca, G., Behdioğlu, S., (2019). "Yeşil Tedarik Zinciri Yönetiminde Çok Kriterli Karar Verme: Otomotiv Ana Sanayi Örneği". Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 14 (3), 675-698.

Kul, Y., Şeker, A., Yurdakul, M., (2014), "Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Alışılmamış İmalat Yöntemlerinin Seçiminde Kullanılması". Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 29(3), 589–603.

Kumar, R., Padhi, S.S., Sarkar, A., (2019), "ScienceDirect Supplier Selection of an Indian Heavy Locomotive Manufacturer: An Integrated approach Using Taguchi Loss Function, TOPSIS, and AHP". *IIMB Management Review*, 31(1), 78–90.

Kuşakçı, A., Ayvaz, B., Öztürk, F., Sofu, F., (2019), "Bulanık Multimoora ile Personel Seçimi: Havacılık Sektöründe Bir Uygulama". *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(1), 96-110.

Manap Davras, G., Karaatlı, M., (2014), "Otel İşletmelerinde Tedarikçi Seçimi Sürecinde AHP ve BAHF Yöntemlerinin Uygulanması". *H.Ü.İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 32(1) 87-112.

OSD, (2020), Otomotiv Sanayii Derneği, 30.03.2020.
http://www.osd.org.tr/sites/1/upload/files/Yıllık_2020-5479.pdf.

Özçelik, S., (2020), TAYSAD Taşıt Araçları Tedarik Sanayicileri Derneği, 30.03.2020,
<http://www.taysadmag.com/uploads/bulutlarin-ne-kadar-uzerindeyiz08032019062011.pdf>.

Özdemir, A., (2007), "Tedarikçi Seçiminde Karar Modelleri ve Bir Uygulama Denemesi, Anadolu Üniversitesi", *Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi*, 158, Eskişehir.

Özdemir, İ., Deste, M., (2009), "Gri İlişkisel Analiz ile Çok Kriterli Tedarikçi Seçimi: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama". *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 38(2), 147-156.

Özkır, V., (2018), "Belirsizlik Altında Çevre Bilinçli Tedarikçi Seçimi Probleminin İncelenmesi", *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 19 (1) 23-37.

Öztürk,F., Kaya G.K., (2020), "Bulanık Vikor ile Personel Seçimi:Otomotiv Yan Sanayiinde Uygulama".*Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(1),94-108.

Susuz, Z., (2005), Analitik Hiyerarşi Prosesi'ne Dayalı Optimum Tedarikçi Seçim Modeli, 9.

Vatansever, K., (2003), "Tedarikçi Seçim Kararlarında Bulanık TOPSIS Yönteminin Kullanımı ve Bir Uygulama". *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(3), 155–168.

World Economic Forum, (2020), 06.04.2020,
<https://www.weforum.org/agenda/2020/02/coronavirus-china-automotive-industry/>.

Xue,M., Fu, C., Feng, N.P., Lu, G.Y., Chang, W.J., Yang, S.L., (2018), "Evaluation of Supplier Performance of High-speed Train Based on Multi-Stage Multi-Criteria Decision-Making Method". *Knowledge-Based Systems*, 162(June), 238–251.