

Bütünleşik bulanık ÇKKV yaklaşımı ile dijital tedarik zinciri açısından en uygun sektörün belirlenmesi

Determining the most suitable sectors in terms of the digital supply chain by integrated fuzzy MCDM approach

Ramazan Eyüp GERGİN* 

¹İrfan Can Köse Meslek Yüksekokulu, Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane, Türkiye.
gergin@gumushane.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 06.02.2022
Kabul Tarihi/Accepted: 16.06.2022

Düzeltilme Tarihi/Revision: 29.04.2022

doi: 10.5505/pajes.2022.12245
Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Günümüzde işletmeler tedarik zincirlerindeki dijital ilerlemeler nedeniyle birçok zorlukla karşı karşıya kalmaktadır. Dijitalleşmenin hem şirketler hem de geleceğin tedarik zincirleri için giderek daha önemli bir rol oynaması beklenmektedir. Buna paralel olarak işletmelerin gelecekte karşılaşacakları zorluklarla baş edebilmek için sektörlerin tedarik zincirlerinin dijitalleşmeye uygunluğunun belirlenmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada temel amaç orta ölçekli işletmelerin çalıştığı sektörlerin tedarik zincirlerinin dijitalleşmeye uygunluğunun belirlenmesidir. Bu amaç doğrultusunda dijital tedarik zincirinin oluşumunu etkileyen kriterler kapsamlı bir literatür araştırması ile belirlenmiştir. Söz konusu kriterlerin ağırlıklandırılmasında Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) yönteminden yararlanılmıştır. Çalışmanın alternatiflerini ise değerlendirmeye alınan orta ölçekli işletmelerin çalıştığı sektörler oluşturmaktadır. Kriter ağırlıklarının belirlenmesinin ardından, sektörlerin dijital tedarik zinciri açısından uygunluğu ise öncelikle Bulanık TOPSIS (BTOPSIS) ardından Bulanık VIKOR (BVIKOR) yöntemiyle değerlendirilmiştir. Bu iki yöntemden elde edilen sonuçların bütünleştirilerek nihai kararın elde edilmesi için BORDA sayım tekniğinden yararlanılmıştır. Çalışmanın sonuçları; Küresel Bağlantı dijital tedarik zinciri açısından en önemli kriter, BTOPSIS'e göre İmalat sektörü, BVIKOR'a göre Sağlık sektörü dijitalleşmeye en uygun sektör olarak belirlenmiştir. BORDA Sayım tekniğinin sonuçları ise genel sıralamada İmalat sektörünün dijitalleşmeye en uygun sektör olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Bulanık AHP, Bulanık TOPSIS, Bulanık VIKOR, Dijital tedarik zinciri, Tedarik zinciri yönetimi.

Abstract

In this day and age, businesses come up against several challenges due to digital progresses in their supply chain. Digitalization has been expected to play an increasingly important role for both companies and the supply chains of the future. Concordantly, it is important to determine the suitability of the supply chains of the sectors for digitalization in order to cope with the difficulties that the enterprises will face in the future. The main objective of this study is to determine the suitability of the supply chains of the sectors in which medium-sized enterprises operate for digitalization. For this purpose, the criteria which affecting the constitution of the digital supply chain are determined with a comprehensive literature search. Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) is utilized to weighting of the relevant criteria. Sectors which medium-sized enterprises are constitute the alternatives of the study. After the weighting of the criteria, in terms of digital supply chain the suitability of the sectors was evaluated via Fuzzy TOPSIS (FTOPSIS) and Fuzzy VIKOR (FVIKOR). BORDA count technique is utilized to obtain the final decision by integrating the results from these two methods. According to the results of the study, the most important criterion in terms of Global Connectivity digital supply chain was determined as the Manufacturing sector according to FTOPSIS and the Health sector has been determined as the most suitable sector for digitalization according to FVIKOR. As to BORDA Count method, results show that the manufacturing sector is the most suitable sector for digitalization in the general ranking.

Keywords: Fuzzy AHP, Fuzzy TOPSIS, Fuzzy VIKOR, Digital supply chain, Supply chain management.

1 Giriş

Günümüzde işletmeler, tedarik zincirlerindeki hızlı teknolojik ve dijital ilerlemeler nedeniyle küresel rekabet edebilirlik gereksinimlerini karşılamak, potansiyel uyum eksikliğini telafi etmek ve verimli pazarlara açılma stratejilerini tasarlama konularında birçok zorlukla karşı karşıya kalmaktadır. Bu zorluklar, işletmelerin küresel anlamda rekabet edebilirliklerini negatif yönlü olarak etkilemektedir. İşletmelerin küresel anlamda rekabet edebilirliklerini arttırabilmeleri için endüstri 4.0 ekseninde tedarik zincirlerinde iyileştirmeler gerçekleştirilmeleri gerekmektedir.

Dijitalleşmenin hem şirketler hem de geleceğin tedarik zincirleri için giderek daha önemli bir rol oynaması beklenmektedir [1]. Bu bağlamda ortaya çıkan yeni teknolojiler

ve dijitalleşme adımları tedarik zincirlerinde şeffaflık, güvenlik ve güvenilirlik açısından önemli değişikliklerin gerçekleştirilmesini zorunlu hale getirmektedir [2].

Dijital tedarik zinciri; ürünlerin çıkış noktasından varış noktasına ulaşmaya kadar gerçekleştirilen işlemlerin elektronik ortamlarda yapılmasını ifade etmektedir [3]. Dijital tedarik zincirleri; çalışanlar, müşteriler ve tedarikçiler arasındaki iletişimi desteklemek için dijital araçları, stratejileri ve yöntemleri birleştirmektedir [4]. Dijital tedarik zincirlerinin şirketler, şirket çalışanları, müşteriler ve tedarikçileri de içeren zincir üzerinde yer alan aktörler açısından sunulan hizmetlerde maliyet etkinliği, katma değer oluşturan faaliyetlerin geliştirilmesi gibi birçok faydası bulunmaktadır [5].

İşletmelerin performanslarını iyileştirmede ve stratejik rekabet güçlerini korumada çağdaş tedarik zinciri yaklaşımları

*Yazışılan yazar/Corresponding author

kilit bir role sahiptir. Bu nedenle dijital tedarik zinciri özellikle endüstri 4.0 çağıyla birlikte bir şirketin karşılaştığı en önemli karar verme faaliyetlerinden birine dönüşmüş durumdadır.

Genel olarak bu çalışmanın ana katkıları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- (i) Bir dijital tedarik zinciri değerlendirme problemine sistematik ve verimli bir yaklaşım önerilmiştir,
- (ii) Yaklaşımlar ve sonuçlar arasında doğrudan karşılaştırmalara izin vererek alternatifleri değerlendirmek ve seçmek için entegre ve kapsamlı bir bulanık çok kriterli karar verme yaklaşımı geliştirilmiştir,
- (iii) Karar vericilerin sübjektif değerlendirmelerinden kaynaklanan belirsizliklerin etkilerini en aza indirmek ve bu belirsizlikleri hesaba katmak için bulanık üçgensel sayılar kullanılmıştır,
- (iv) Entegre bulanık tabanlı yaklaşımın uygulanabilirliğini gösteren gerçek dünyaya yönelik bir vaka çalışması gerçekleştirilmiştir,
- (v) Önerilen yaklaşım, orta ölçekli işletmelerin dijital tedarik zinciri yaklaşımlarını gerçekçi bir şekilde uygulayabilmesine olanak sunmaktadır. Aynı zamanda önerilen değerlendirme süreci belirsiz durumlarda ve belirsiz verilerle karakterize edilen farklı seçim problemlerini de çözmek için uyarlanabilmektedir.

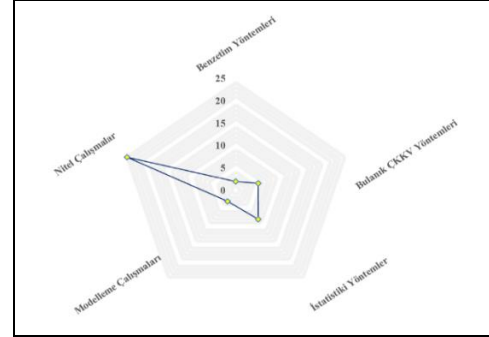
Çalışmanın amacı orta ölçekli işletmelerin çalıştığı sektörlerin tedarik zincirlerinin dijitalleşmeye uygunluğunun belirlenmesidir. Bu amaçla çalışmada altı aşamalı bir değerlendirme süreci oluşturulmuştur. Birinci aşamada dijital tedarik zinciri performansını etkileyecek kriterler literatür araştırmasıyla belirlenmiştir. İkinci aşamada dijital tedarik zinciri deneyimine sahip olan kişilerden oluşan uzman grup oluşturulmuştur. Ardından belirlenen kriterler ekseninde sahip oldukları dijital tedarik zincirleri değerlendirilecek sektörler (alternatifler) belirlenmiştir. Dördüncü aşamada kriterlerin ağırlıklarının tespit edilmesinde Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) yönteminden faydalanılmıştır. Beşinci aşamada çalışmada yer alan sektörlerin dijital tedarik zincirlerine göre sıralaması Bulanık Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (BTOPSIS) ve Bulanık ViseKriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje (BVIKOR) yöntemleriyle gerçekleştirilmiştir. Son aşamada ise BTOPSIS ve BVIKOR aracılığıyla elde edilen sıralamalar BORDA Sayım yöntemiyle birleştirilerek alternatiflerin genel sıralaması elde edilmiştir.

Beş bölümden oluşan çalışmanın bundan sonraki bölümünde dijital tedarik zinciriyle ilgili yapılan çalışmalara yönelik literatür araştırması sunulmuştur. Üçüncü bölümde önerilen entegre yaklaşımda kullanılan yöntemler ile ilgili teorik bilgiler sunulmuştur. Dördüncü bölümde gerçekleştirilen vaka çalışmasına ait analiz sonuçları sunulmuştur. Takip eden aşamada ise analizden elde edilen bulgular yorumlanarak gelecekteki araştırmacılara yön verebilmek adına sonuç ve önerilere yer verilmiştir.

2 Literatür araştırması

Literatürde tedarik zinciriyle ilgili çok sayıda çalışma bulunmasına rağmen dijital tedarik zinciri ile ilgili çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır. Bu bağlamda dijital tedarik zinciri ile ilgili literatürde yer alan çalışmalarda kullanılan yöntemlere

ilişkin bilgiler Tablo 1 ve Şekil 1’de, dijital tedarik zinciri ile ilgili literatürde yer alan çalışmalara yönelik gerçekleştirilen araştırma Tablo 2’de, bulanık ÇKKV yöntemleri ile gerçekleştirilmiş dijital tedarik zinciri çalışmalarında kullanılan kriterler ise Tablo 3’te gösterilmektedir.



Şekil 1. Yöntemlere göre çalışmaların dağılımı.

Figure 1. Dispersion of studies by methods.

Tablo 1. Dijital tedarik zinciri çalışmalarında kullanılan yöntemler.

Table 1. The methods of the digital supply chains study.

Çalışma	Kullanılan Yöntemler
[2]	Bulanık BWM/Bulanık MULTIMOORA/Bulanık COPRAS/Bulanık TOPSIS
[4]	Korelasyon
[5]	Delphi/Kalite Fonksiyon Göçerimi
[6]	Matematiksel Modelleme
[7]	Değer Analizi
[8]	Güven Komisyonculuğu/Kusur Analizi
[9]	Çok Değişkenli Regresyon
[10]	SWOT
[11]	Frekans Analizi
[12]	Portföy Yöntemi
[14]	Yapısal Eşitlik Modeli
[16]	Simülasyon
[17]	Bulanık ARAS/Bulanık AHP
[18]	Sınıflandırma
[19]	Sınıflandırma
[20]	Matematiksel Modelleme
[21]	Mülakat
[22]	Sınıflandırma
[23]	Bulanık BWM ve ARAS
[24]	SCOR
[25]	Sınıflandırma
[26]	Sınıflandırma
[27]	Yapısal Eşitlik Modeli
[28]	Ki-Kare Testi
[29]	Sınıflandırma
[30]	Sınıflandırma
[31]	Nitel Analiz
[32]	Bibliyometrik analiz
[33]	Sınıflandırma
[34]	FIL3D
[35]	Tek Ortak Yöntem Faktörü Testi/Rekabetçi Performans için Üçgenleme
[36]	Mülakat
[37]	Şemsiye İncelemesi
[38]	Bulanık AHP/Bulanık COPRAS
[39]	Varyans Analizi
[41]	Bulanık AHP
[42]	Doğrusal Programlama
[43]	Metin Madenciliği
[44]	Sınıflandırma
[45]	Ortalama/Standart Sapma
[46]	Tematik Analiz
[47]	Bilimsel Haritalama

Tablo 2. Literatürde mevcut dijital tedarik zinciri çalışmalarına yönelik bir inceleme.

Table 2. A review of current digital supply chain studies in the literature.

Çalışma	Araştırmanın Amacı	Uygulama Alanı	Tür
[2]	Dijital tedarik zincirlerinde tedarikçi seçimi	İmalat	Vaka Çalışması
[4]	Dijital tedarik zinciri yönetimi	KOBİ	Açıklayıcı
[5]	Dijital tedarik zincirinde B2B entegrasyonu	-	Açıklayıcı
[6]	Yöntem önerisi	Deneme Ürünleri	Vaka Çalışması
[7]	İşletmeler için yeni model önerisi	Endüstrisi	Açıklayıcı
[8]	Dijital tedarik zincirlerinde verilerin korunması	İş Modelleri	Vaka Çalışması
[9]	Tedarik zinciri dijitalleştirmede stratejik risklerin değerlendirilmesi	-	Açıklayıcı
[10]	Tedarik zinciri yönetiminin dijitalleştirilmesi	Bilgi Teknolojileri	Açıklayıcı
[11]	Dijital tedarik zincirinde dijital stratejiler, dijital iyileştirmeler ve dijitalleşmenin etkileri	Lojistik	Açıklayıcı
[12]	Bir otomotiv tedarikçisi için dijital tedarik zinciri yönetimi	İş Modelleri	Açıklayıcı
[13]	Dijitalleşmenin tedarik zincirlerine etkileri	Otomotiv	Açıklayıcı
[14]	Tedarik zinciri yönetiminin dijitalleştirilmesinde etkili olan faktörlerin belirlenmesi	İş Modelleri	Açıklayıcı
[15]	Dijital tedarik zinciri yönetimine genel bir bakış	KOBİ	Açıklayıcı
[16]	Otonom araçların dijital tedarik zincirine entegrasyonu	-	Açıklayıcı
[17]	Dijital tedarik zincirinde en uygun tedarikçinin belirlenmesi	Depolama	Vaka Çalışması
[18]	Dijital tedarik zinciri alanında literatür araştırması	Havayolu	Vaka Çalışması
[19]	Dijital tedarik zinciri alanında literatür araştırması	-	Açıklayıcı
[20]	Dijital tedarik zinciri oyununun geliştirilmesi	-	Açıklayıcı
[21]	Tedarik zincirlerinin dijital dönüşüm süreçlerinin tespiti	Pazarlama	Açıklayıcı
[22]	Tedarik zinciri yönetiminin dijitalleşmesi	Üretim/Hizmet	Açıklayıcı
[23]	Dijital tedarik zincirinde tedarikçi seçimi	-	Açıklayıcı
[24]	Dijitalleşmenin ve endüstri 4.0'ın tedarik zinciri üzerindeki etkileri	İmalat	Vaka Çalışması
[25]	Dijital tedarik zinciri dönüşüm faktörlerinin belirlenmesi	-	Açıklayıcı
[26]	Dijital tedarik zinciri yönetimi	-	Açıklayıcı
[27]	Firmaların Endüstri 4.0 ve dijital tedarik zinciri yönelimleri	İmalat	Vaka Çalışması
[28]	Dijital tedarik zincirinin yalnızca operasyon uygulaması üzerindeki etkileri	İmalat	Açıklayıcı
[29]	Tedarik zinciri ve üretim dijitalleşmesini kolaylaştıran unsurların belirlenmesi	-	Açıklayıcı
[30]	Sürdürülebilir tedarik zincirlerinin performans analizi	Tarım	Açıklayıcı
[31]	Endüstri 4.0 ve dijital dönüşümün tedarik zincirinde karar verme üzerindeki etkisi	Sağlık, Otomotiv, Lojistik, E-ticaret	Açıklayıcı
[32]	Dijital tedarik zincirinin genel yapısının belirlenmesi	-	Açıklayıcı
[33]	Sürdürülebilir üretimde dijital tedarik zincirinin etkileri	KOBİ/İmalat	Açıklayıcı
[34]	İş modellerinde dijital tedarik zincirlerinin etkileri	KOBİ	Vaka Çalışması
[35]	Tedarik zinciri operasyonlarında e-iş süreçlerinin etkileri	-	Açıklayıcı
[36]	Dijital tedarik zincirlerinde bulunan engeller ve ortaklıklar	Gıda	Açıklayıcı
[37]	Sağlık hizmetlerinde tedarik zincirlerinin dijitalleştirilme girişimleri	Sağlık	Vaka Çalışması
[38]	Dijital tedarik zincirinde iş ortağı seçimi	Nakliye	Vaka Çalışması
[39]	Dijital tedarik zinciri teknolojilerinin uygulanması	-	Vaka Çalışması
[40]	Dijital tedarik zincirindeki güç ve kültür politikaları	Lojistik	Açıklayıcı
[41]	Kuruluşların geleneksel tedarik zincirinden dijital tedarik zincirine dönüşüm performanslarının değerlendirilmesi	İmalat	Vaka Çalışması
[42]	Dijital tedarik zincirlerinde iş süreçlerinin optimizasyonu	Proses Mühendisliği	Vaka Çalışması
[43]	Dijital tedarik zinciri yönetiminin araştırılması	-	Açıklayıcı
[44]	Dijital tedarik zinciri performans ölçümü için bir literatür araştırması	-	Açıklayıcı
[45]	Dijital tedarik zincirinin operasyonel performanslara etkisi	İmalat	Açıklayıcı
[46]	Dijital teknolojilerin tedarik zinciri üzerindeki etkileri	İmalat	Açıklayıcı
[47]	Dijital tedarik zinciri teknolojileri	İnşaat	Açıklayıcı

Tablo 3. Bulanık ÇKKV çalışmalarında kullanılan kriterler.
Table 3. Criteria used in fuzzy MCDM studies.

Çalışma	Ana Kriterler	Alt Kriterler
[2]	*Gerçek Zamanlı Görünürlük *Gelişmiş Analitiklik *Teknik Yetenek *Sürekli İşbirliği *Tedarikçi Uyumu *Çeviklik ve Esneklik *Araç ve Teknolojilerin Eksikliği *Planlama Eksikliği *Bilgi Paylaşımı Eksikliği *Dijital İşbirliği Eksikliği *Teknoloji Entegrasyonu Eksikliği	-
[17]	*Teknoloji Altyapısı *Müşteri Merkezlilik *Tedarikçi Uyumluluğu *Organizasyonel Tasarım *Dijital Yetkinlik	*Tedarikçi Uyumluluğu *Teknoloji Yeteneği *Teknoloji Entegrasyonu Eksikliği *Esneklik *Bilgi Paylaşımı Eksikliği *Servis Desteği *Finansal İstikrar Eksikliği *Hizmet Kalitesi *İtibar *Gizliliğe Saygı * *Yanlış Talep Tahmini *Gelişmiş Analitiği Benimseme *Gerçek Zamanlı Görünürlük *Dijital Katılım *Dijital İşbirliği Eksikliği *Dijital Kişiselleştirme ve Kişiselleştirme
[23]	*Dijital Kabiliyet *Müşteri Merkezlilik *Finansman Kapasitesi	*Dijital etkileşim *Dijital İşbirliği Ölçeği *Bilgi Paylaşımı Derecesi *Hizmet Kalitesi *Esneklik *Finansman Verimliliği *Finansman Eşiği
[38]	*Partner hizmet Yetkinliği *Partner Uyumu *Toplam Maliyet *Dijital Yetkinlik *Teknolojik Yetkinlik	*Cevap verebilirlik *Eğitim *Sosyal ve Çevresel Sorumluluk *Profesyonel Destek Finansal İstikrar *Hizmet Kalitesi *İtibar *Gizliliğe Saygı *Güvenlik *Tahmini Maliyet *Yatırım Maliyeti *Hizmet Maliyeti *Altyapı Maliyeti *Dijital Etkileşim *Dijital İnovasyon *Dijital İşbirliği *Dijital Özelleştirme *Teknolojik Uyumluluk *Küresel Bağlantı *Teknoloji Yeteneği *Müşterek Çalışma *Teknolojik Birleşme
[41]	*Bilgi ve İletişim Teknolojisi Politikaları *Bilgi Teknolojileri Çalışanlarının Becerileri *Tedarikçi-Alıcı İlişkileri *Müşterilerle İlişkiler *Akıllı Teknolojilerin Kullanımı *Bilgi Teknolojileri Ağ Altyapısı *Eğitim Politikaları	-

Tablo 1'e göre dijital tedarik zinciri araştırmalarında en fazla nitel araştırma ([5],[7],[8],[10],[12],[18],[19],[21],[22],[24],[25],[26],[29]-[37],[43],[44],[46],[47]) yöntemlerinin ilgili literatürde sıklıkla uygulandığı görülmektedir. Dijital tedarik zinciri literatüründe nitel araştırma yöntemlerinin ardından en fazla faydalanılan yöntemin istatistikî ([4],[9],[11],[14],[27],[28],[39],[45]) yöntemler olduğu görülmektedir. Gerçekleştirilen literatür araştırması sonucunda dijital tedarik zinciri çalışmalarında bulanık mantık yaklaşımının ÇKKV yöntemleri ile bütünleştirildiği çalışmalar ([2],[17],[23],[38],[41]) incelendiğinde dijital tedarik zinciri araştırmalarında Bulanık ÇKKV yöntemlerinin uygulandığı çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Dijital tedarik zinciri çalışmalarında kullanılan yöntemlere ilişkin grafik Şekil 1'de gösterilmiştir.

Dijital tedarik zinciri literatürü incelendiğinde, ilgili alanda yalnızca ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı çalışmaya rastlanılmamıştır. Mevcut çalışmalarda ise ÇKKV yöntemlerinin Bulanık Mantık ile bütünleştirildiği az sayıda çalışma bulunmaktadır.

Literatürdeki dijital tedarik zinciri araştırmaları ile mevcut araştırmanın amaçları karşılaştırıldığında bu çalışma orta ölçekli işletmelerin çalıştığı sektörlerin tedarik zincirlerinin dijitalleşmeye uygunluğunun belirlendiği ilk çalışmadır. Ayrıca gerçekleştirilen çalışma mevcut çalışmalar ile kullanılan yöntemler açısından kıyaslandığında ise gerçekleştirilen çalışma dijital tedarik zinciri literatüründe BAHF-BTOPSIS-BVIKOR-BORDA Sayım yöntemlerini entegre ederek uygulayan ilk çalışmadır. Gerçekleştirilen çalışmanın bu noktada literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

3 Yöntem

Bu aşamada çalışmada kullanılan yöntemlere ilişkin teorik bilgiler sırasıyla sunulmuştur.

3.1 BAHF

Çalışmanın bu kısmında BAHF'nin çözüm aşamaları ve BAHF'de tutarlılığın hesaplanması sunulmuştur. Çalışmada BAHF'nin Buckley (1985) yaklaşımından faydalanılmıştır.

3.1.1 BAHP çözüm aşamaları

AHP, uzmanlığa dayalı karmaşık kararları yapılandırmak ve analiz etmek için düzenlenmiş bir ÇKKV tekniğidir [48]. AHP, bir veri setinde meydana gelmesi muhtemel olan ağırlıklarla ilişkili belirsizlik içermeyen, net sayısal ağırlıklarla ilgilendirilmiştir [48]. Bu belirsizliklerden kurtulmak için bulanık yaklaşımlardan faydalanılabilmektedir. BAHP, uzman görüşleri doğrultusunda her bir kriterin ağırlıklarının hesaplanmasının yanı sıra aynı zamanda belirsiz ve kesin olmayan verileri de yönetebilen bir çok kriterli karar verme yöntemidir [49].

BAHP yöntemi, karar vericilerin algılarında var olan belirsizlikler ve bu belirsizliklerle başa çıkmak için bulanık üçgensel sayılar kullanarak bulanık küme teorisini AHP yöntemiyle birleştirip problemleri çözmeye yönelik sistematik bir yaklaşım sunar [50]. BAHP yönteminin adımları aşağıda gösterilmektedir [51],[52]:

Adım 1. Tablo 7’de tanımlanan dilsel değişkenler aracılığıyla karar vericiler tarafından her bir kriter için ikili karşılaştırmalar gerçekleştirilir. Karar vericiler tarafından gerçekleştirilen ikili karşılaştırmalara dayalı olarak bulanık ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Oluşturulan bulanık ikili karşılaştırma matrisi (1) aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{v}_{11} & \tilde{v}_{12} & \dots & \tilde{v}_{1n} \\ \tilde{v}_{21} & \tilde{v}_{22} & \dots & \tilde{v}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{v}_{n1} & \tilde{v}_{n2} & \dots & \tilde{v}_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Adım 2. Uzman görüşleri doğrultusunda elde edilen bulanık ikili karşılaştırma matrisleri aşağıdaki formül (2)’de gösterildiği gibi geometrik ortalama aracılığıyla tek bir karar matrisi oluşturmak üzere birleştirilir. Bu noktada \tilde{r}_i üçgensel bulanık değerleri göstermektedir.

$$\tilde{r}_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n \tilde{v}_{ij}} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Adım 3. Her bir kriterin bulanık ağırlıkları formül (3) aracılığıyla hesaplanır.

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \times (\tilde{r}_1 + \tilde{r}_2 + \dots + \tilde{r}_n)^{-1} \quad (3)$$

\tilde{w}_i ; i. kriterin bulanık ağırlığıdır. $\tilde{w}_i = (l_{w_i}, m_{w_i}, u_{w_i})$ Şeklinde ifade edilmektedir. l_{w_i} , m_{w_i} ve u_{w_i} sırasıyla alt (l), orta (m) ve üst (u) ağırlık değerleri olarak ifade edilir.

Adım 4. \tilde{w}_i hala bulanık üçgensel sayı durumundadır. Bu yüzden $\tilde{w}_i(l_{w_i}, m_{w_i}, u_{w_i})$ değerinin durulaştırma işlemi formül (4) aracılığıyla gerçekleştirilir.

$$M_i = \frac{l_{w_i} + m_{w_i} + u_{w_i}}{3} \quad (4)$$

Adım 5. Formül (4) aracılığıyla durulaştırılmış M_i değerine normalizasyon işlemi uygulanır. Gerçekleştirilecek normalizasyon işlemi formül (5) ile gerçekleştirilmektedir.

$$N_i = \frac{M_i}{\sum_i^n M_i} \quad (5)$$

ÇKKV problemlerinde nicel ve nitel kriterleri incelerken karar vericilerin kesin olmayan yargılarını ve belirsizliklerini de

değerlendirmeye katması nedeniyle kriter ağırlıklarının tespit edilmesi için çalışmada BAHP yönteminden faydalanılmıştır.

3.1.2 BAHP’de tutarlılık

Hesaplanan değerlerin ne kadar tutarlı olduğunu belirlemek için tutarlılık oranının hesaplanması gerekir. Tutarlılık oranı hesaplamasının adımları aşağıda gösterilmektedir [53],[54].

Adım 1. Bulanık Sayıların Durulaştırılması

Bulanık ikili karşılaştırma matrislerini oluşturan bulanık sayıların durulaştırılması gerekir. Üçgensel bulanık sayı $A=(l,m,u)$ olarak verilmiş ise durulaştırma işlemi (6) numaralı formül aracılığı ile gerçekleştirilir.

$$A_{ij} = \frac{(l + m + u)}{3} \quad (6)$$

Adım 2. Matris Çarpımı

Durulaştırma işlemi sonucu elde edilen ikili karşılaştırma matrisi ile hesaplanmış ağırlık vektörlerinin çarpımı sonucu yeni ağırlık vektör değerleri (N_i) (7) elde edilir.

$$\begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{n1} & v_{n2} & \dots & v_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} N_1 \\ N_2 \\ \vdots \\ N_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_x \\ N_y \\ \vdots \\ N_z \end{bmatrix} \quad (7)$$

Adım 3. λ_{max} Hesaplaması

İkinci aşamada elde edilen yeni ağırlık vektörleri (7), ilk ağırlık vektörlerine bölünür ve her bir kriter için elde edilen bu değerler (8) toplanır. Elde edilen toplamın kriter sayısına (n) bölünmesi ile λ_{max} (9) hesaplanır.

$$\left(\frac{N_x}{N_1} + \frac{N_y}{N_2} + \dots + \frac{N_n}{N_n} \right) \quad (8)$$

$$\lambda_{max} = \left(\frac{N_x}{N_1} + \frac{N_y}{N_2} + \dots + \frac{N_n}{N_n} \right) / n \quad (9)$$

Adım 4. Tutarlılık İndeksi (TI)’nin Hesaplanması

Tutarlılık indeksi aşağıdaki formül (10) ile hesaplanmaktadır.

$$TI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} \quad (10)$$

Adım 5. Tutarlılık Oranı (TO)’nın Hesaplanması

Tutarlılık oranı aşağıdaki formül (11) ile hesaplanmaktadır.

$$TO = \frac{TI}{\text{Rassal Değer}} \quad (11)$$

Burada rassal değer, Saaty ve Tran (2007) tarafından gerçekleştirilen çalışmada yer alan 1’den 15’e kadar her boyuttaki matrisler için hesaplanmış değerlerdir. Gerçekleştirilen çalışmanın tutarlı olması için tutarlılık oranının 0.10’dan küçük olması gerekmektedir.

3.2 BTOPSIS

TOPSIS yöntemi, belirsiz koşullar altında mevcut alternatiflerin değerlendirilmesi ve sıralanması için uygulanan TOPSIS yönteminin uzantısıdır [55]. BTOPSIS yönteminin uygulama adımları aşağıda gösterilmektedir [56]-[58]:

Adım 1. Bulanık Karar Matrisinin Oluşturulması

m adet alternatif, n adet kriter içeren z sayıda karar verici tarafından gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucunda bulanık bir karar matrisi (12) aşağıdaki şekilde oluşturulur:

$$\tilde{D} = \begin{matrix} & C & & & & \\ & \begin{bmatrix} C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} & & & \\ A_1 & & & & & \\ A_2 & & & & & \\ \vdots & & & & & \\ A_m & & & & & \end{matrix}; \quad (12)$$

$$i=1,2,\dots,m(\text{alternatifler}) \quad j=1,2,\dots,n(\text{kriterler})$$

Adım 2. Karar Vericilerin Değerlendirmelerinin Toplanması

Karar vericilerin (z) her kritere göre gerçekleştirdikleri değerlendirmeler sonucu elde edilen alternatiflerin bulanık değerlendirmesi (\tilde{x}_{ij}) aşağıdaki formül (13) aracılığıyla elde edilir:

$$\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) \Rightarrow a_{ij} = \min_z \{a_{ij}^z\}; b_{ij} = \frac{1}{z} \sum_{z=1}^z b_{ij}^z; c_{ij} = \max_z \{c_{ij}^z\} \Rightarrow \tilde{x}_{ij}^z = \{a_{ij}^z, b_{ij}^z, c_{ij}^z\} \quad (13)$$

Adım 3. Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

m adet alternatif n adet kriterden oluşan bir karar matrisinin normalizasyonu formül (14) aracılığıyla gerçekleştirilir.

$$\begin{cases} \text{Eğer fayda kriteri ise: } \tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right) c_j^* = \max_i (c_{ij}) \\ \text{Eğer maliyet kriteri ise: } \tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right) a_j^- = \min_i (a_{ij}) \end{cases} \quad (14)$$

Adım 4. Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

Ağırlıklandırılmış normalize bulanık karar matrisi (\tilde{V}), \tilde{r}_{ij} ile kriter ağırlıklarının çarpımı ile elde edilerek aşağıdaki formül (15) ile ifade edilir:

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{mn} \quad i = 1, 2, \dots, m (\text{Alternatifler}) \\ j = 1, 2, \dots, n (\text{Kriterler}) \Rightarrow \tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \times \tilde{w}_i \quad (15)$$

Adım 5. Bulanık Pozitif (A^*) ve Bulanık Negatif (A^-) İdeal Çözümlerin Hesaplanması

Alternatiflerin bulanık pozitif (A^*) ve bulanık negatif (A^-) ideal çözüm değerleri sırasıyla formül (16) ve formül (17) ile hesaplanmaktadır.

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*) \quad \tilde{v}_j^* = \max_i \{v_{ij}\} \quad (16)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \quad \tilde{v}_j^- = \min_i \{v_{ij}\} \quad (17)$$

Adım 6. Her Alternatifin A^* ve A^- Çözümlerine Olan Uzaklıklarının Tespiti

Her alternatifin pozitif ideal çözüme (d^*) ve negatif ideal çözüme (d^-) olan uzaklıkları sırasıyla formül (18) ve formül (19) ile tespit edilir.

$$d^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, v_j^*) \quad (18)$$

$$d^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, v_j^-) \quad (19)$$

İki bulanık sayı olan \tilde{a} ve \tilde{b} arasındaki uzaklık $d(\tilde{a}, \tilde{b})$ şeklinde ifade edilerek formül (20) aracılığıyla hesaplanır:

$$d(\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2]} \quad (20)$$

Adım 7. Yakınlık Katsayılarının (CC_i) Hesaplanması

Her alternatifin d^* ve d^- değerleri tespit edildikten sonra tüm alternatiflerin sıralamasının belirlenmesi için yakınlık katsayıları hesaplanır. Her alternatifin CC_i değeri aşağıdaki formül (21) aracılığıyla hesaplanır.

$$CC_i = \frac{d^-}{d^* + d^-} \quad (21)$$

Adım 8. Sıralamanın Belirlenmesi

Alternatifler CC_i değerine göre sıralanır. CC_i değeri en büyük olan alternatif en iyi alternatif olarak tespit edilir.

Belirlenen kriterler ekseninde dijital tedarik zincirinde sektörlerin kriterlere göre değerlendirilmelerinde net bir karar üzerinde mutabık olamayan karar vericiler tüm kararları kullanıp dijital tedarik zincirinde en uygun sektörleri sıralamayı arzu edebilmektedirler. Böyle bir durum içerisinde BTOPSIS 'in uygun bir yöntem olması sebebiyle çalışmada kullanılmıştır.

3.3 BVIKOR

VIKOR, ilk olarak Opricovic tarafından 1998 yılında geliştirilmiş bir ÇKKV tekniğidir [59]. VIKOR yöntemi, uzlaşma yaklaşımına dayanmaktadır. Uzlaşma yaklaşımı, bazı imtiyazlarla birlikte ideal çözüme en yakın olan uygun çözüm olarak nitelendirilebilmektedir [60]. 2007 yılında Opricovic tarafından önerilmiş bulanık mantık uzantısına sahip olan BVIKOR yöntemi [59] bulanık mantığın klasik VIKOR yöntemine uyarlanıp bulanık sayılar ile değerlendirmelerin gerçekleştirilmesine imkân sağlamaktadır [61]. BVIKOR yönteminin adımları aşağıda gösterilmektedir [62],[63]:

Adım 1. n adet karar vericiden oluşan uzman grup belirlenerek, m adet alternatif k adet kriter ekseninde değerlendirilir.

Adım 2. Gerçekleştirilecek değerlendirmeler için kullanılacak dilsel değişkenler ve bulanık üçgensel sayı karşılıkları tanımlanır.

Adım 3. Uzman grupta yer alan karar vericilerin gerçekleştirdikleri değerlendirmeler sonucunda elde edilen bulanık değerlendirmeler birleştirilir. Uzman grupta yer alan karar verici sayısı n ise her bir kriterin ve alternatifin ağırlığı formül (22) ve formül (23) aracılığıyla hesaplanır.

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{n} \left[\sum_{e=1}^n \tilde{w}_j^e \right] \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (22)$$

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{n} \left[\sum_{e=1}^n \tilde{x}_{ij}^e \right] \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (23)$$

Adım 4. $\tilde{W} = (\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \tilde{w}_3)$ kriter ağırlıkları, \tilde{x}_{ij} C_j kriterine göre A_i alternatifinin sahip olduğu değeri gösterecek şekilde bulanık karar matrisi oluşturulur.

Adım 5. Bulanık karar matrisinin oluşturulmasının ardından tüm faktörlerin en iyi ve en kötü bulanık değerleri sırasıyla formül (24) ve formül (25) aracılığıyla belirlenir.

$$\tilde{f}_j^* = \max_i \tilde{x}_{ij} \quad (24)$$

$$\tilde{f}_j^- = \min_i \tilde{x}_{ij} \quad (25)$$

Adım 6. En iyi ve en kötü bulanık değerler belirlendikten sonra formül (26) aracılığıyla \tilde{S}_i ve formül (27) aracılığıyla \tilde{R}_i değerleri hesaplanır.

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^k \tilde{w}_j (\tilde{f}_j^* - \tilde{x}_{ij}) / (\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-) \quad (26)$$

$$\tilde{R}_i = \max_j [\tilde{w}_j (\tilde{f}_j^* - \tilde{x}_{ij}) / (\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-)] \quad (27)$$

Burada \tilde{S}_i alternatiflerin en iyi bulanık değerden ayrılma ölçüsünü, \tilde{R}_i ise en kötü bulanık değerden ayrılma ölçüsünü göstermektedir.

Adım 7. \tilde{S}_i ve \tilde{R}_i değerlerinin belirlenmesinin ardından \tilde{S}^* , \tilde{S}^- , \tilde{R}^* , \tilde{R}^- ve Q_i değerleri sırasıyla formül (28), (29), (30), (31) ve (32) aracılığıyla tespit edilmektedir.

$$\tilde{S}^* = \min_i \tilde{S}_i \quad (28)$$

$$\tilde{S}^- = \max_i \tilde{S}_i \quad (29)$$

$$\tilde{R}^* = \min_i \tilde{R}_i \quad (30)$$

$$\tilde{R}^- = \max_i \tilde{R}_i \quad (31)$$

$$Q_i = \frac{v(\tilde{S}_i - \tilde{S}^*)}{(\tilde{S}^- - \tilde{S}^*)} + \frac{(1-v)(\tilde{R}_i - \tilde{R}^*)}{(\tilde{R}^- - \tilde{R}^*)} \quad (32)$$

Burada v değeri 0-1 aralığında değişebilmektedir. Uzlaşma durumlarında genellikle $v=0.5$ değeri tercih edilmektedir.

Adım 8. Son aşamada bulanık değerler olarak elde edilen Q_i değerlerinin durulaştırma işlemi gerçekleştirilir. Durulaştırma işlemi, bulanık değerlerin kesin değerlere dönüştürülme sürecidir. Durulaştırma işleminin ardından elde edilen kesin Q_i değerlerine göre alternatifler sıralanır. Durulaştırma işleminde kullanılan formül (33) aşağıda gösterilmektedir:

$$P(\tilde{A}) = A = \frac{(a_1 + 4a_2 + a_3)}{6} \quad (33)$$

Doğası gereği ÇKKV problemlerinde nicel ve nitel kriterlerin çözümlenmesi bir arada gerçekleşmektedir. Bu nedenle en yüksek grup faydası ile uzlaşmacı bir çözüm ve en az kişisel pişmanlığı sağlayan en uygun uzlaşık çözümü bulması nedeniyle çalışmada BVIKOR yönteminden yararlanılmıştır.

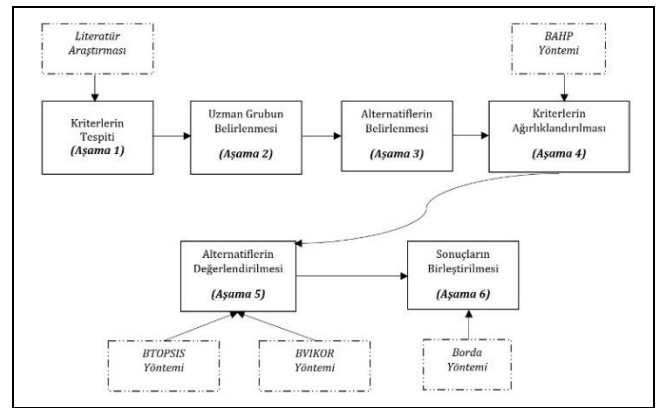
3.4 BORDA sayım yöntemi

1784 yılında Jean Charles de BORDA tarafından geliştirilmiş olan Borda sayım yöntemi, alternatifleri karar vericilerin

gerçekleştirdikleri değerlendirmelerin toplamına göre sıralayan bir tekniktir [64]. Borda Sayım yöntemi, alternatiflerin sıralamasında çeşitli yöntemlerin kullanıldığı durumlarda elde edilen sıralamaları birleştirerek tek bir sıralama elde etmede kullanılan bir tekniktir [65]. Genel olarak n adet alternatifin olduğu bir probleme göre, Borda sayım yönteminde karar vericilerin en az tercih ettiği alternatife 0 puan, en çok tercih edilen alternatife ise $n-1$ puan atanmaktadır [66]. Tüm atamalar gerçekleştirildikten sonra alternatifler için atanan değerler toplanarak Borda skoru elde edilir. Elde edilen BORDA skoruna göre genel sıralama gerçekleştirilir.

4 Uygulama

Bu çalışmada, orta ölçekli işletmelerin çalıştığı sektörlerin tedarik zincirlerinin dijitalleşmeye uygunluğu belirlenmiştir. Çalışmanın amacı doğrultusunda tasarlanan uygulama süreci Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Uygulama tasarım aşamaları.

Figure 2. Implementation design phases.

4.1 Kriterlerin tespiti

Çalışmada kullanılan kriterler, titizlikle yürütülen bir literatür araştırması sonucunda belirlenmiştir. Çalışmada orta ölçekli işletmelerin çalıştığı sektörlerin tedarik zincirlerinin dijitalleşmeye uygunluğunun belirlenmesinde kullanılacak on adet kriter belirlenmiştir. Bu kriterler Tablo 4'te sunulmuştur.

4.2 Uzman grubun belirlenmesi

Çalışmada yer alan uzman grup, dijital tedarik zinciri yönetiminde deneyime sahip beş sektör çalışanı ile dijital tedarik zinciriyle ilgili akademik çalışmalara sahip olan bir öğretim üyesinden oluşmaktadır. Çalışmada yer alan uzman gruba ait bilgiler Tablo 5'te sunulmaktadır.

4.3 Alternatiflerin belirlenmesi

Araştırmanın üçüncü aşaması, karar probleminin çözümünde kullanılacak alternatiflerin belirlenmesidir. Dijital tedarik zincirine sahip orta ölçekli işletmelerin bulunduğu sektörlerin dijital tedarik zincirlerine göre değerlendirilmesi amacıyla beş farklı sektörde faaliyet gösteren ve en az bir yıldır dijital tedarik zinciri uygulamalarından faydalanan orta ölçekli beş farklı işletme bu çalışmanın alternatifleri olarak belirlenmiştir. Alternatiflere ilişkin bilgiler Tablo 6'da gösterilmektedir.

4.4 Kriterlerin ağırlıklandırılması

Çalışmada BAHP uygulanarak değerlendirme kriterlerinin ağırlıklarının hesaplanabilmesi için uzman görüşlerine başvurulmuştur. Aşama 1'de belirtildiği üzere dijital tedarik zincirinin değerlendirilmesinde kullanılan on adet kriterin ağırlıkları, altı kişilik uzman grupla yapılan görüşmeler ile

Tablo 7'de gösterilen ölçek kullanılarak elde edilen veriler doğrultusunda BAHP yöntemiyle belirlenmiştir.

Yapılan tüm ikili karşılaştırmalar sonucunda, karşılaştırma matrislerinin tutarlılık oranlarının 0.10'dan düşük olması verilerin tutarlı olduğunu göstermektedir. Kriterlere ait ağırlıklar Tablo 8'de gösterilmektedir.

Tablo 4. Dijital tedarik zinciri değerlendirme kriterleri.

Table 4. Digital supply chain evaluation criteria.

Kriter	Açıklama	Kaynak
Tedarikçi Uyumluluğu (C ₁)	Tedarikçilerin ya da kuruluşların karşılaştığı sorunları çözmeye yaklaşımlarını geliştirmelerine yardımcı olacak araçları ve teknikleri araştırmaktadır.	[67]
Teknolojik Yetenek (C ₂)	Şirketlerin rekabet avantajı yaratmak için teknolojileri benimseyebilme, QR kodları, RFID etiketleri vb. teknolojiler gibi akıllı teknolojileri kullanabilmeyi ve dijital tedarik zincirine dâhil unsurlar tarafından kullanılan teknolojilere destek verme yeteneğini ifade etmektedir.	[68],[69]
Çeviklik ve Esneklik (C ₃)	Tedarik zinciri yönetiminde gerekli esneklik ve çevikliğin yanı sıra dijital tedarik zincirinin yönetim uygulamalarını iyileştirecek dinamik, güvenli ve etkileşimli faaliyetleri ifade etmektedir.	[2]
Hizmet Kalitesi (C ₄)	Müşteri hizmetleri, performans kaydı, ekipman ve teknoloji gibi sağlanan hizmetlerin kombinasyonunu ifade etmektedir.	[69],[70],[71],[72]
Güvenlik (C ₅)	Dijital tedarik zincirinin çevrimiçi veya fiziksel dünyada varlıklarını, kimliğini ve teknolojisini güvence altına almak için kullandığı araçları ifade etmektedir.	[73],[74]
Dijital İnovasyon (C ₆)	Yenilik ve dijital benimseme açısından işletmelerin olgunluk düzeyini değerlendirmeyi ifade etmektedir.	[38]
Küresel Bağlantı (C ₇)	Tüm dünyada hem kaynak sağlama hem de satış yeteneğini ifade etmektedir.	[73],[74]
Şeffaflık (C ₈)	Dijital tedarik zincirinde hangi eylemlerin gerçekleştirildiğinin görülmesinin kolaylaştırılmasını ifade etmektedir.	[30]
Çevrimiçi İş Operasyon Yetenekleri (C ₉)	Dijital tedarik zinciri unsurlarının birleşik promosyon, ürün lansmanları, fiyatlandırma ve çevrimiçi işlemler ile sipariş karşılamayı gerçekleştirmek için kanal yönetimini yürütmesine yönelik dijital iş yeteneğini ifade etmektedir.	[75],[76],[77]
Rekabetçi Performans (C ₁₀)	Dijital tedarik zincirindeki unsurlar için algılanan stratejik faydalar ve ana rakiplere karşı elde edilebilecek avantajları ifade etmektedir.	[78]

Tablo 5. Uzman gruba ait bilgiler.

Table 5. Information on the expert group.

Uzman Grup	Görev/Unvan	Sektör Deneyimi	DTZ Deneyimi
Uzman 1	Tedarik Zinciri Müdürü	5 Yıl	≥ 1 Yıl
Uzman 2	Üretim Müdürü	4 Yıl	≥ 1 Yıl
Uzman 3	Üretim Müdürü	7 Yıl	≥ 1 Yıl
Uzman 4	Üretim Müdürü	5 Yıl	≥ 1 Yıl
Uzman 5	Ar-Ge Müdürü	3 Yıl	≥ 1 Yıl
Uzman 6	Doktor Öğretim Üyesi	7 Yıl	≥ 1 Yıl

Tablo 6. Alternatiflere ilişkin bilgiler.

Table 6. Information on alternatives.

Alternatifler	Sektör	Sektördeki Mevcudiyet	DTZ Deneyimi
S ₁	Otomotiv	7 Yıl	≥ 1 Yıl
S ₂	Gıda	5 Yıl	≥ 1 Yıl
S ₃	Sağlık	3 Yıl	≥ 1 Yıl
S ₄	İmalat	7 Yıl	≥ 1 Yıl
S ₅	Hizmet	4 Yıl	≥ 1 Yıl

Tablo 7. BAHP için dilsel değişkenler.

Table 7. Linguistic variables for FAHP.

Dil Değişkenleri	Bulanık Ölçek
Eşit önem	(1;1;1)
Biraz daha fazla önemli	(1;2;3)
Kuvvetli derecede önemli	(2;3;4)
Çok kuvvetli derecede önemli	(3;4;5)
Tamamıyla önemli	(4;5;6)
	(5;6;7)
	(6;7;8)
	(7;8;9)
	(8;9;9)

Tablo 8. Kriter ağırlıkları.

Table 8. Criterion weights.

Kriter Kodu	Kriter Adı	Ağırlık Değeri	Sıralama
C_1	Tedarikçi Uyumluluğu	0.0392	9
C_2	Teknolojik Yetenek	0.0511	5
C_3	Çeviklik ve Esneklik	0.0466	6
C_4	Hizmet Kalitesi	0.1091	3
C_5	Güvenlik	0.0458	7
C_6	Dijital İnovasyon	0.2333	2
C_7	Küresel Bağlantı	0.3255	1
C_8	Şeffaflık	0.0422	8
C_9	Çevrimiçi İş Operasyon Yetenekleri	0.0321	10
C_{10}	Rekabetçi Performans	0.0751	4

Uzmanların görüşleri doğrultusunda *Küresel Bağlantı* (C_7) ve *Çevrimiçi İş Operasyon Yetenekleri* (C_9) kriterleri sırasıyla en yüksek ve en düşük ağırlık değerine sahip kriterler olarak tespit edilmiştir.

4.5 Alternatiflerin değerlendirilmesi

Çalışmada yer alan alternatifler dijital tedarik zinciri değerlendirmesinde kullanılan on adet kriter ekseninde BTOPSIS ve BVIKOR yöntemleri uygulanarak değerlendirilmiştir. S_1, S_2, S_3, S_4 ve S_5 ile belirtilen beş farklı sektörde faaliyet gösteren işletmeler değerlendirme sürecine dâhil edilmiştir. Gerçekleştirilen değerlendirme altı kişilik uzman gruba yapılan görüşmeler ile Tablo 9'da gösterilen ölçek kullanılarak elde edilen veriler ekseninde yapılmıştır.

Tablo 9. BTOPSIS ve BVIKOR için dilsel değişkenler.

Table 9. Linguistic variables for FTOPSIS and FVIKOR.

Dil Değişkenleri	Bulanık Ölçek	
	BTOPSIS	BVIKOR
Çok Kötü ($ÇK$)	(1; 1; 3)	(1; 1; 3)
Kötü (K)	(1; 3; 5)	(1; 3; 5)
Ortalama (O)	(3; 5; 7)	(3; 5; 7)
İyi (I)	(5; 7; 9)	(5; 7; 9)
Çok İyi ($ÇI$)	(7; 9; 9)	(7; 9; 9)

4.5.1 BTOPSIS sonuçları

Dijital tedarik zincirinde sektörel uygunluğun belirlenmesi BTOPSIS yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Sektörel uygunluğun belirlenmesinde Tablo 8'deki ağırlıklardan faydalanılmıştır. Bulanık karar matrisi oluşturulurken karar vericilerden her bir sektörü her bir kriter açısından değerlendirmesi istenmiştir. Değerlendirme Tablo 9'da gösterilen ölçek aracılığıyla yapılmıştır. BTOPSIS yöntemiyle gerçekleştirilen analiz sonucunda elde edilen sektörel uygunluğun belirlenmesine ilişkin bilgiler Tablo 10'da sunulmaktadır.

Tablo 10. Sektörlerin ideal çözüme yakınlık katsayıları ve sıralama puanları.

Table 10. Closeness coefficients and ranking scores of the sectors to the ideal solution.

Alternatifler	d^+	d^-	CC_i Puanı	Sıralama
S_1	0.4750	0.6496	0.5776	3
S_2	0.5520	0.5394	0.4943	5
S_3	0.4756	0.6331	0.5710	4
S_4	0.4177	0.6840	0.6209	1
S_5	0.4630	0.6528	0.5850	2

BTOPSIS yöntemiyle elde edilen bilgiler çerçevesinde çalışmada ele alınan sektörler azalan önem puanına göre aşağıdaki gibi sıralanır:

$$S_4 > S_5 > S_1 > S_3 > S_2$$

Azalan önem sıralamasına göre belirlenen kriterler ekseninde dijital tedarik zincirinin S_4 için en fazla öneme, S_2 için ise en az öneme sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

4.5.2 BVIKOR sonuçları

Dijital tedarik zincirinde sektörel uygunluğun belirlenmesi BTOPSIS yöntemiyle çözümünün ardından BVIKOR yöntemine göre de çözümlenmiştir. BVIKOR yöntemine göre sektörel uygunluğun belirlenmesinde Tablo 8'deki ağırlıklardan faydalanılmıştır. Bulanık karar matrisi oluşturulurken karar vericilerden her bir sektörü her bir kriter açısından değerlendirmesi istenmiştir. Değerlendirme Tablo 9'da gösterilen ölçek aracılığıyla yapılmıştır. Alternatifler için oluşturulan bulanık karar matrisine ilişkin bilgiler Tablo 11'de, kriterlerin sahip olduğu en iyi ve en kötü bulanık değerler Tablo 12'de gösterilmektedir.

Tablo 11. Alternatiflere ilişkin bulanık karar matrisi.

Table 11. Fuzzy decision matrix for alternatives.

Kriterler	Ağırlık	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
C_1	0.0392	6.4207	4.3674	3.2545	3.708	7.8447
C_2	0.0511	6.4207	1.9879	6.4207	6.7963	6.4207
C_3	0.0466	7.1895	3.6203	3.8254	5.1611	7.1895
C_4	0.1091	5.2969	4.0182	6.7872	3.0099	7.623
C_5	0.0458	7.623	4.1441	6.5995	7.1895	7.1895
C_6	0.2333	5.7583	2.3771	5.7464	7.1959	5.919
C_7	0.3255	5.7464	5.2848	6.7963	6.7872	5.6053
C_8	0.0422	6.9881	5.423	5.9088	6.7963	7.8447
C_9	0.0321	7.6178	3.2545	3.708	4.8804	7.4009
C_{10}	0.0751	7.8447	5.7355	2.6499	6.4207	6.7872

Tablo 12. Kriterlerin bulanık en iyi (f_i^*) ve bulanık en kötü (f_i^-) değerleri.

Table 12. Fuzzy best (f_i^*) and fuzzy worst (f_i^-) values of criteria.

Kriterler	f_i^*	f_i^-
C_1	7.8447	3.2545
C_2	6.7963	1.9879
C_3	7.1895	3.6203
C_4	7.623	3.0099
C_5	7.623	4.1441
C_6	7.1959	2.3771
C_7	6.7963	5.2848
C_8	7.8447	5.423
C_9	7.6178	3.2545
C_{10}	7.8447	2.6499

BVIKOR yöntemiyle gerçekleştirilen analiz sonucunda elde edilen sektörel uygunluğun belirlenmesine ilişkin bilgiler Tablo 13'te sunulmaktadır.

Tablo 13. Sektörler için S, R ve Q değerleri.

Table 13. S, R and Q values for the sectors.

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
S	0.3818	0.9220	0.3282	0.2376	0.3449
R	0.2261	0.3255	0.0751	0.1091	0.2565
Q	0.4068	1.0000	0.0662	0.0679	0.4405

BVIKOR yöntemiyle elde edilen bilgiler çerçevesinde çalışmada ele alınan sektörler S, Q ve R değerlerine göre Tablo 14'te sıralanmıştır.

Tablo 14. Sektörlerin sıralaması.

Table 14. Ranking of the sectors.

Sıralama	1	2	3	4	5
S	S ₄	S ₃	S ₅	S ₁	S ₂
R	S ₃	S ₄	S ₁	S ₅	S ₂
Q	S ₃	S ₄	S ₁	S ₅	S ₂

Tablo 14'teki sıralamaya göre belirlenen kriterler ekseninde dijital tedarik zincirinin S₃ için en fazla öneme, S₂ için ise en az öneme sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

4.6 Sonuçların birleştirilmesi

Çalışmanın bu aşamasında, BTOPSIS ve BVIKOR yöntemleriyle elde edilen sonuçların birleştirilmesi gerçekleştirilmiştir. BTOPSIS ve BVIKOR yöntemleri aracılığıyla elde edilmiş sıralamalar n alternatif sayısı olmak üzere her yöntemde en iyi sıralama puanı n-1 olacak şekilde BORDA Sayım metoduna göre değerlendirilmiştir.

Çalışmada beş alternatif olmasından dolayı her yöntem için ilk sırada yer alan alternatifin BORDA değeri dört olmaktadır. BTOPSIS ve BVIKOR yöntemleriyle tespit edilen alternatif sıralamalarına göre BORDA puanlaması ve sıralaması Tablo 15'te gösterilmektedir.

Tablo 15. Sonuçların birleştirilmesi.

Table 15. Combining results.

	Alternatifler				
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
BVIKOR Sırası	3	5	1	2	4
BVIKOR Sıralamasına Bağlı BORDA Puanı	2	0	4	3	1
BTOPSIS Sırası	3	5	4	1	2
BTOPSIS Sıralamasına Bağlı BORDA Puanı	2	0	1	4	3
Toplam BORDA Skoru	4	0	5	7	4
BORDA Sayım Sırası	3; 4	5	2	1	3; 4

Tablo 15'e göre dijital tedarik zincirinin belirlenen sektörler arasında S₄ için en fazla öneme sahip olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan S₂'nin ise dijital tedarik zinciri açısından en az öneme sahip olduğu belirlenmiştir. S₁ ve S₅'in BORDA puanlamaları aynı olduğundan her iki sektörün dijital tedarik zinciri açısından birbirlerine üstünlükleri olmadığı görülmüştür. BTOPSIS ve BVIKOR yöntemleriyle alternatiflerin gerçekleştirilen sıralamalarında benzerlikler ve değişkenlikler gözlemlenmiştir. Gözlemlenen bu benzerlikler ve değişkenliklerin tek bir noktada toplanarak uzlaşık bir sonuç elde edilmesi için BORDA Sayım yöntemine başvurulmuştur.

5 Sonuç ve öneriler

Yönetsel açıdan bakıldığında tedarik zinciri yönetimi, yöneticilerin ve karar vericilerin uğraşması gereken önemli konulardan biri olmakla birlikte özellikle endüstri 4.0'ın etkisiyle dijital tedarik zincirlerinde daha fazla önem arz etmektedir. Bu sebeple dijital tedarik zincirlerinin performansı

işletmelerin çıkarlarını ve piyasadaki varoluşlarını doğrudan etkilemektedir. Buna paralel olarak farklı kriterlerin önemli rol oynadığı dijital tedarik zincirlerinin performansı işletmeler için en önemli süreçlerden biri olarak değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada orta ölçekli işletmelerin çalıştığı sektörlerin tedarik zincirlerinin dijitalleşmeye uygunluğu belirlenmiştir. Bu amaç doğrultusunda ilk olarak dijital tedarik zinciri değerlendirmesine ait kriterlere dair literatür araştırması gerçekleştirilerek bir kriter havuzu oluşturulmuştur. Kriterlerin belirlenmesinin ardından sektör yöneticilerini içeren uzman grup belirlenmiştir. Ardından belirlenen kriterler ekseninde sahip oldukları dijital tedarik zincirleri değerlendirilecek sektörler belirlenmiştir. Sektörlerin belirlenmesinin ardından dijital tedarik zinciri değerlendirmesinde kullanılan kriterlerin ağırlıkları BAHP yöntemiyle tespit edilmiştir. Kriter ağırlıkları tespit edildikten sonra dijital tedarik zincirine sahip işletmelerin sıralaması BTOPSIS ve BVIKOR yöntemiyle saptanmıştır. Son aşamada ise BTOPSIS ve BVIKOR yöntemiyle saptanan sonuçlar BORDA Sayım yöntemiyle birleştirilerek genel sıralama elde edilmiştir.

Gerçekleştirilen uygulama sonucunda, dijital tedarik zincirinde en önemli kriterin *Küresel Bağlantı* (0.3255) olduğu, *Dijital İnovasyon* (0.2333) ve *Hizmet Kalitesi* (0.1091) kriterlerinin de Küresel Bağlantı'yı takip ettiği görülmüştür. Elde edilen kriter ağırlıkları literatürdeki dijital tedarik zinciri çalışmalarıyla karşılaştırıldığında en önemli ilk üç kriter olarak tespit edilen *Küresel Bağlantı*, *Dijital İnovasyon* ve *Hizmet Kalitesi* kriterlerinin gerçekleştirilen [38] numaralı çalışmada incelendikleri ana kriter gruplarında ilk sıralarda yer aldıkları belirlenmiştir. Genel olarak kriter ağırlıkları ilgili literatür ile kıyaslandığında ise, çalışmada elde edilen kriter ağırlıklarının [38], [69] ve [72] numaralı çalışmalar ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Belirlenen kriterler ekseninde dijital tedarik zincirine sahip sektörlerin BTOPSIS ve BVIKOR yöntemiyle sıralanması sonucunda ise en uygun sektör BTOPSIS yöntemine göre S₄, BVIKOR yöntemine göre ise S₃ olarak tespit edilmiştir. BTOPSIS ve BVIKOR yönteminden elde edilen sonuçlar doğrultusunda tek bir sıralama elde etmek için uygulanan BORDA Sayım yönteminin sonucuna göre en uygun sektör S₄ olarak tespit edilmiştir.

Bu çalışma orta ölçekli işletmelerin çalıştığı sektörlerin tedarik zincirlerinin dijitalleşmeye uygunluğunun belirlenmesi amacıyla bir Bulanık ÇKKV yaklaşımı ile ilgili literatüre katkı sağlamaktadır. Öte yandan önerilen yaklaşımın operasyonel açıdan avantajı, birden farklı sektöre ait dijital tedarik zincirini değerlendirebilme yeteneğidir. Bu durum, özellikle sektörler göre farklılık gösterebilen dijital tedarik zinciri tasarımları göz önüne alındığında önemli bir özellik olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü dijital ortamlarda çok sayıda tedarikçiyle çalışmak ve çok sayıda tedarikçiyi dikkate almak yaygın bir durumdur. Ayrıca çalışma akademik bakış açısı ile mevcut çalışmalar ile kıyaslandığında, tedarik zincirlerinin işletmelerin en önemli unsurlarından biri olmasına karşılık işletmelerin ve tüketicilerin dijitalleşmeye artan ilgisi, önerilen araştırma ve gerçekleştirilen vaka çalışmasının önemini ortaya koymakta ve gerçek yaşam durumlarında çeşitli uygulamalara imkân sağlamaktadır. Bu noktadan hareketle yapılan literatür araştırması sonucunda mevcut sorunu ÇKKV'nin birleşik yaklaşımları ile analiz eden çalışmaların sayısının sınırlı olduğu görülmüştür. Bu çalışmaların az sayıda olması ve gerçekleştirilen çalışmanın dijital tedarik zinciri literatüründe BAHP-BTOPSIS-BVIKOR-BORDA Sayım yöntemlerinin entegre edildiği ilk çalışma konumunda bulunması, çalışmanın ilgili

literatürdeki mevcut eksikliği gidermesi açısından önemini göstermektedir.

Çalışmanın sonuçları araştırmaya katılan uzman grup üyeleriyle paylaşılmış ve sonuçların sektörlerin davranışlarıyla paralellik gösterdiği görülmüştür. Çalışmada dijital tedarik zinciri deneyimine sahip altı uzmandan oluşan gruptan bilgiler elde edilmiş ancak aynı sektörlerde faaliyet gösteren farklı firmalara ulaşılammıştır. Bu sebeple çalışmada ortaya çıkan sonuçların uygulamada yer alan sektörler ile sınırlı kalması çalışmanın ilk kısıtını oluşturmaktadır. Bunun yanında bütünleşik BAHP, BTOPSIS ve FVIKOR yöntemlerinin doğasında bulunan subjektiflikten dolayı farklı dijital tedarik zinciri değerlendirme kriterlerinin uygulama kapsamına alınması, uygulamadan çıkarılması ve uzman grup üyelerinin değiştirilmesi durumlarında çalışmanın sonucunun farklılaşabilecek olması çalışmanın bir diğer kısıtını oluşturmaktadır. Son olarak, bu çalışmada kullanılan dijital tedarik zinciri değerlendirme kriterleri titizlikle gerçekleştirilen bir literatür taraması sonucunda elde edilmiştir. Bu durum, çalışmanın hem bir avantajı hem de bir kısıtıdır. Bazı durumlarda yöneticiler, belirli bir sorunu ele almanın veya müşterilerden, perakendecilerden, distribütörlerden ya da üreticilerden gelen belirli talepleri hesaba katmanın gerekli olduğu durumlarla karşılaşabilmektedir. Böyle bir durumda, kriter listesinin probleme özel gereksinimlere göre değiştirilmesi gerekecektir.

Söz konusu çalışmada kullanılan kriterler dijital tedarik zinciri uygulamalarına sahip işletmelerde görev almış uzmanların görüşleri doğrultusunda Delphi ve benzeri yöntemler gibi fikir birliği oluşturan yöntemler ile geliştirilerek dijital tedarik zinciri literatürüne katkıda bulunulabilir. Türkiye’de faaliyet gösteren dijital tedarik zinciri uygulamalarına sahip işletmelerin dahil edildiği bir araştırma yapılarak sektörel bazda dijital tedarik zinciri uygulamaları sınıflandırılabilir. Son olarak farklı ÇKKV yöntemlerinin yanı sıra bu yöntemlerle bulanık mantık uygulamaları bütünleştirilerek dijital tedarik zinciri tasarım modelleri geliştirilebilir.

6 Conclusion and recommendations

From a managerial perspective, supply chain management is one of the important decisions which managers and decision makers have to deal with. Especially with the effect of industry 4.0, this decision is becoming more important in digital supply chains. For this reason, performance of digital supply chains directly affects the interests of the companies and their competitive power in the market. Parallel to this, digital supply chains, in which criteria play an important role, is considered one of the most important processes for businesses.

The main objective of this study is to determine the suitability of the supply chains of the sectors in which medium-sized enterprises operate for digitalization. For this purpose firstly, the criteria which affecting the constitution of the digital supply chain are determined with a comprehensive literature search. After the criteria were determined, an expert group consisting of sector managers was determined. Then, the sectors whose digital supply chains will be evaluated on the axis of the determined criteria were specified. Afterwards, the weights of the criteria used in the digital supply chain evaluation were determined by the BAHP method. After the weighting of the criteria in terms of digital supply chain the suitability of the sectors was evaluated via FTOPSIS and FVIKOR. In the last phase, BORDA count technique is utilized to obtain the final decision by integrating the results from FTOPSIS and FVIKOR.

As a result of implementation, it has been determined that the most important criterion in digital supply chain is *Global Connectivity (0.3255)*. *Digital Innovation (0.2333)* and *Service Quality (0.1091)* are other important other criteria. When the findings are compared with the previous digital supply chain researches in the literature, it is seen that weights of the criteria are similar with them. The rank of priority for the criteria *Global Connectivity*, *Digital Innovation* and *Service Quality* which is determined as the most important criteria is in line with the researches [38],[69] and [72]. According to FTOPSIS, FVIKOR and BORDA Count Methods, S_4 , S_3 and S_4 are the most suitable sectors for digitalization, respectively.

This study contributes to the literature on the proposal of fuzzy MCDM approach in order to determine the suitability of the supply chains of the sectors in which medium-sized enterprises operate for digitalization. In other respects, the operational advantage of the proposed approach is its ability to evaluate digital supply chains from multiple industries. This is an important aspect of the study. Because in digital environment, working and considering with multiple suppliers is a prevalent situation. As a result of the literature research carried out from this point of view, it has been seen that the number of studies that analyze the current problem with the combined approaches of MCDM is limited. Some of these studies prefer using integrated and fuzzy MCDM methods, while some studies prefer using only one of MCDM methods. However, sectoral comparison in terms of digitalization in the digital supply chain subject have not been researched in the literature with fuzzy MCDM methods, few of them have been aimed to select partner in digital supply chain and fuzzy MCDM methods.

When the results of the study were shared with the decision makers participating in the research, it was seen that the results showed parallelism with the behaviors of the businesses. In the study, the information obtained from a group of 6 experts who have had business and academic experiences with digital supply chain, yet different companies operating in the same sectors could not be reached. So, first limitation of this research is that the results of this study exemplify only partaking five sectors in which this study is carried out. Second limitation of the study lies in the inherent subjectivity of the integrated FAHP-FTOPSIS-FVIKOR method. The results could be divergent in case different digital supply chain evaluate criteria are entered in or foreclosed from this study. Lastly, the digital supply chain evaluation criteria used in this study were obtained as a result of a comprehensive literature review. This situation is both an advantage and a limitation of the study. In some cases, managers may encounter situations where it is necessary to take demands into account. In such a case, the list of criteria will need to be modified according to the specific requirements of the problem. In future studies, it may be possible to propose a new approach to the application of digital supply chain categorization from a sectoral perspective by including various enterprises which have digital supply chain factors in Turkey.

Lastly, future research could contribute to the digital supply chain literature by identifying the relations between criteria and helping the businesses in the digital supply chain with designing models by integrating various MCDM methods and fuzzy logic approaches.

7 Yazar katkı beyanı

Bu çalışmada tüm süreçlerde gereken katkı ve değerlendirmeler Ramazan Eyüp GERGİN tarafından gerçekleştirilmiştir.

8 Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur.

Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

9 Kaynaklar

- [1] Pflaum A, Bodendorf F, Prockl, G, Chen, H. "The digital supply chain of the future: Technologies, applications and business models minitrack". *Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii, USA, 4-7 January 2017.
- [2] Tavana, M, Shaabani, A, Caprio, DD, Amiri, M. "An integrated and comprehensive fuzzy multicriteria model for supplier selection in digital supply chains". *Sustainable Operations and Computers*, 2, 149-169, 2021.
- [3] Gezdur, A, Bhattacharjya, J. "Digitization in the oil and gas industry: Challenges and opportunities for supply chain partners". *18th Working Conference on Virtual Enterprises (PROVE)*, Vicenza, Italy, 18-20 September 2017.
- [4] Nasiri M, Ukko J, Saunila M, Rantala T. "Managing the digital supply chain: The role of smart Technologies". *Technovation*, 96-97, 1-6, 2020.
- [5] Korpela, K, Hallikas, J, Dahlberg, T. "Digital supply chain transformation toward blockchain integration". *Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii, USA, 4-7 January 2017.
- [6] Khouja, M, Wang, Y. "The impact of digital channel distribution on the experience goods industry". *European Journal of Operational Research*, 207, 481-491, 2010.
- [7] Berman, SJ. "Digital transformation: Opportunities to create new business models". *Strategy & Leadership*, 40(2), 16-24, 2012.
- [8] Bhargava, B, Ranchal, R, Othmane, L B. "Secure information sharing in digital supply chains". *3rd IEEE International Advance Computing Conference*, Ghaziabad, India, 22-23 February 2013.
- [9] Xue, L. "Governance-knowledge fit and strategic risk taking in supply chain digitization". *Decision Support Systems*, 62, 54-65, 2014.
- [10] European A.T. Kearney/WHU. "Digital supply Chains: Increasingly critical for competitive edge". <https://www.es.kearney.com/documents/291362523/291365048/Digital%2BSupply%2BChains.pdf/82bf637e-bfa9-5922-ce03-866b7b17a492?t=1493922200000> (10.12.2021).
- [11] Brinch M, Stentoft J. "Digital supply chains: Still more 'wannabe' than practice". *DILF Orientering*, 54(2), 22-28, 2017.
- [12] Farahani P, Meier C, Wilke J. *Digital Supply Chain Management Agenda for The Automotive Supplier Industry*. Editors: Oswald G, Kleinemeier, M. Shaping the Digital Enterprise, 157-172, Switzerland, Springer Cham, 2017.
- [13] PWC. "Industry 4.0: How Digitization Makes the Supply Chain More Efficient, Agile, and Customer-Focused". <https://www.strategyand.pwc.com/gx/en/insights/2016/industry-4-digitization/industry40.pdf> (08.12.2021).
- [14] Scutto V, Caputo F, Villasalero M, Giudice MD. "A multiple buyer-supplier relationship in the context of smes' digital supply chain management". *Production Planning & Control*, 28(16), 1378-1388, 2017.
- [15] Agrawal P, Narain R. "Digital supply chain management: An overview". *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 455, 1-6, 2018.
- [16] Bechtsis D, Tsolakis N, Vlachos D, Srari JS. "Intelligent autonomous vehicles in digital supply chains: A framework for integrating innovations towards sustainable value networks". *Journal of Cleaner Production*, 181, 60-71, 2018.
- [17] Büyüközkan G, Göçer F. "An extension of ARAS methodology under interval valued intuitionistic fuzzy environment for digital supply chain". *Applied Soft Computing*, 69, 634-654, 2018.
- [18] Büyüközkan G, Göçer F. "Digital supply chain: literature review and a proposed framework for future research". *Computers in Industry*, 97, 157-177, 2018.
- [19] Iddris F. "Digital supply chain: Survey of the literature". *International Journal of Business Research and Management*, 9(1), 47-61, 2018.
- [20] Giovanni PD. "Digital supply chain through dynamic inventory and smart contracts". *Mathematics*, 7(12), 1-25, 2019.
- [21] Hartley JL, Sawaya WJ. "Tortoise, not the hare: Digital transformation of supply chain business processes". *Business Horizons*, 62, 707-715, 2019.
- [22] Holmström J, Holweg M, Lawson B, Pil FK, Wagner SM. "The digitalization of operations and supply chain management: Theoretical and methodological implications". *Journal of Operations Management*, 65(8), 728-734, 2019.
- [23] Liao H, Wen Z, Liu L. "Integrating BWM and ARAS under hesitant linguistic environment for digital supply chain finance supplier selection". *Technological and Economic Development of Economy*, 25(6), 1188-1212, 2019.
- [24] Ivanov D, Dolgui A, Sokolov B. "The impact of digital technology and industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics". *International Journal of Production Research*, 57(3), 829-846, 2019.
- [25] Sahara CR, Paluluh JDE, Aamer, AM. "Exploring the key factor categories for the digital supply chain". *9th International Conference on Operations and Supply Chain Management*, Ho Chi Minh, Vietnam, 15-18 December 2019.
- [26] Ageron B, Bentahar O, Gunasekaran A. "Digital supply chain: Challenges and future directions". *Supply Chain Forum: An International Journal*, 21(3), 133-138, 2020.
- [27] Gupta S, Modgil S, Gunasekaran A, Bag S. "Dynamic capabilities and institutional theories for industry 4.0 and digital supply chain". *Supply Chain Forum: An International Journal*, 21(3), 139-157, 2020.
- [28] Haddud A, Khare A. "Digitalizing supply chains potential benefits and impact on lean operations". *International Journal of Lean Six Sigma*, 11(4), 731-765, 2020.
- [29] Hennesly PA, Srari JS, Graham G, Wamba SF. "Rethinking supply chains in the age of digitalization". *Production Planning & Control*, 31(2-3), 93-95, 2020.
- [30] Kamble SS, Gunasekaran A, Gawankar SA. "Achieving sustainable performance in a data-driven agriculture supply chain: A review for research and applications". *International Journal of Production Economics*, 219, 179-194, 2020.

- [31] Preindl R, Nikolopoulos K, Litsiou K. "Transformation strategies for the supply chain: The impact of industry 4.0 and digital transformation". *Supply Chain Forum: An International Journal*, 21(1), 26-34, 2020.
- [32] Seyedghorban Z, Tahernejad H, Meriton R, Graham G. "Supply chain digitalization: Past, present and future". *Production Planning & Control*, 31(2-3), 96-114, 2020.
- [33] Shah S, Menon S, Ojo OO, Ganji EN. "Digitalisation in sustainable manufacturing - A literature review". *IEEE International Conference on Technology Management, Operations and Decisions (ICTMOD)*, Marrakech, Morocco, 24-27 November 2020.
- [34] Varona JMG, Poza D, Acebes F, Villafanez F, Pajares J, Paredes AL. "New business models for sustainable spare parts logistics: A case study". *Sustainability*, 12, 1-16, 2020.
- [35] Zhu Z, Zhao J, Bush AA. "The effects of e-business processes in supply chain operations: Process component and value creation mechanisms". *International Journal of Information Management*, 50, 273-285, 2020.
- [36] Annosi MC, Brunetta F, Bimbo F, Kostoula M. "Digitalization within food supply chains to prevent food waste. Drivers, barriers and collaboration practices". *Industrial Marketing Management*, 93, 208-220, 2021.
- [37] Beaulieu M, Bentahar O. "Digitalization of the healthcare supply chain: A roadmap to generate benefits and effectively support healthcare delivery". *Technological Forecasting & Social Change*, 167, 1-10, 2021.
- [38] Büyükoçkan G, Göçer F. "A novel approach integrating AHP and COPRAS under pythagorean fuzzy sets for digital supply chain partner selection". *IEEE Transactions on Engineering Management*, 68(5), 1486-1503, 2021.
- [39] Cagliano AC, Mangano G, Rafele C. "Determinants of digital technology adoption in supply chain. An exploratory analysis". *Supply Chain Forum: An International Journal*, 22(2), 100-114, 2021.
- [40] Hockenberry M. "Redirected entanglements in the digital supply chain". *Cultural Studies*, 35(4-5), 641-662, 2021.
- [41] Khan SA, Naim I, Sarpong KS, Gupta H, Idrisi AR. "A knowledge-based experts' system for evaluation of digital supply chain readiness". *Knowledge-Based Systems*, 228, 1-19, 2021.
- [42] Perez HD, Amaran S, Erisen, E, Wassick, JM, Grossmann IE. "Optimization of extended business processes in digital supply chains using mathematical programming". *Computers and Chemical Engineering*, 152, 1-22, 2021.
- [43] Pyun J, Rha JS. "Review of research on digital supply chain management using network text analysis". *Sustainability*, 13, 1-24, 2021.
- [44] Rasool F, Greco M, Grimaldi M. "Digital supply chain performance metrics: A literature review". *Measuring Business Excellence*, 26(1), 23-38, 2022.
- [45] Saryatmo MA, Sukhotu V. "The influence of the digital supply chain on operational performance: A study of the food and beverage industry in Indonesia". *Sustainability*, 13(9), 1-18, 2021.
- [46] Yang M, Fu M, Zhang Z. "The adoption of digital technologies in supply chains: drivers, process and impact". *Technological Forecasting & Social Change*, 169, 1-13, 2021.
- [47] Yevu SK, Yu ATW, Darko A. "Digitalization of construction supply chain and procurement in the built environment: Emerging technologies and opportunities for sustainable processes". *Journal of Cleaner Production*, 322, 1-14, 2021.
- [48] Kumar R, Dwivedi SB, Gaur S. "A comparative study of machine learning and fuzzy-AHP technique to groundwater potential mapping in the data-scarce region". *Computers & Geosciences*, 155, 1-11, 2021.
- [49] Tahri M, Kaspar J, Madsen AL, Modlinger R, Zabihi K, Marusak R, Vacik, H. "Comparative study of fuzzy-AHP and BBN for spatially-explicit prediction of bark beetle predisposition". *Environmental Modelling and Software*, 147, 1-17, 2022.
- [50] Mandic K, Delibasic B, Knezevic S, Benkovic S. "Analysis of the financial parameters of serbian banks through the application of the fuzzy AHP and TOPSIS methods". *Economic Modelling*, 43, 30-37, 2014.
- [51] Coffey L, Claudio D. "In defense of group fuzzy AHP: A comparison of group fuzzy AHP and group AHP with confidence intervals". *Expert Systems with Applications*, 178, 1-9, 2021.
- [52] Khan AA, Shameem M, Nadeem M, Akbar, MA. "Agile trends in Chinese global software development industry: Fuzzy AHP based conceptual mapping". *Applied Soft Computing Journal*, 102, 1-24, 2021.
- [53] Göksu A, Güngör İ. "Bulanık analitik hiyerarşik proses ve üniversite tercih sıralamasında uygulanması". *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(3), 1-26, 2008.
- [54] Calabrese A, Costa R, Menichini T. "Using fuzzy AHP to manage intellectual capital assets: An application to the ICT service industry". *Expert Systems with Applications*, 40, 3747-3755, 2013.
- [55] Kannan D, Jabbour ABLS, Jabbour CJC. "Selecting green suppliers based on GSCM practices: Using fuzzy TOPSIS applied to a Brazilian electronics company". *European Journal of Operational Research*, 233, 432-447, 2014.
- [56] Baharin NH, Rashidi NF, Mahad NF. "Manager selection using fuzzy TOPSIS method". *Journal of Physics: Conference Series* 1988, 2021. doi:10.1088/1742-6596/1988/1/012057
- [57] Kumar S, Kumar S, Barman AG. "Supplier selection using fuzzy TOPSIS multi criteria model for a small scale steel manufacturing unit". *Procedia Computer Science*, 133, 905-912, 2018.
- [58] Ayvaz B, Kuşakçı, AO. "A trapezoidal type-2 fuzzy multi-criteria decision making method based on TOPSIS for supplier selection: An application in textile sector". *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 23(1), 71-80, 2017.
- [59] Kizielewicz B, Baczkiewicz A. "Comparison of fuzzy TOPSIS, fuzzy VIKOR, fuzzy WASPAS and fuzzy MMOORA methods in the housing selection problem". *Procedia Computer Science*, 192, 4578-4591, 2021.
- [60] Opricovic S, Tzeng GH. "Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS". *European Journal of Operational Research*, 156, 445-455, 2014.
- [61] Kısa ACG, Perçin S. "Bütünleşik bulanık DEMATEL-bulanık VIKOR yaklaşımının makine seçimi problemine uygulanması". *Journal of Yaşar University*, 12(48), 249-256, 2017.
- [62] Koppiahraj K, Bathrinath S, Saravanasankar S. "A fuzzy VIKOR approach for selection of ergonomic assessment method". *Materials Today: Proceedings*, 45, 640-645, 2021.

- [63] Parvez S. "Application of fuzzy VIKOR and cluster analysis for performance evaluation of original equipment manufacturers". *Materials Today: Proceedings*, 27, 1411-1416, 2020.
- [64] Lamboray C. "A comparison between the prudent order and the ranking obtained with borda's, copeland's, slater's and kemeny's rules". *Mathematical Social Sciences*, 54, 1-16, 2007.
- [65] Momeni M, Maleki MH, Afshari MA, Moradi JS, Mohammadi J. "A fuzzy MCDM approach for evaluating listed private banks in Tehran stock exchange based on balanced scorecard". *International Journal of Business Administration*, 2(1), 80-97, 2011.
- [66] Wu WW. "Beyond travel & tourism competitiveness ranking using DEA, GST, ANN and borda count". *Expert Systems with Applications*, 38, 12974-12982, 2011.
- [67] Dey B, Bairagi B, Sarkar B, Sanyal SK. "Multi objective performance analysis: A novel multi-criteria decision making approach for a supply chain". *Computers & Industrial Engineering*, 94, 105-124, 2016.
- [68] Büyüközkan G, Çifçi G. "A novel hybrid mcdm approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers". *Expert Systems with Applications*, 39(3), 3000-3011, 2012.
- [69] Santos LFOM, Osiro L, Lima RHP. "A model based on 2-tuple fuzzy linguistic representation and analytic hierarchy process for supplier segmentation using qualitative and quantitative criteria". *Expert Systems with Applications*, 79, 53-64, 2017.
- [70] Xu J, Shen F. "A new outranking choice method for group decision making under atanassov's interval-valued intuitionistic fuzzy environment". *Knowledge-Based Systems*, 70, 177-188, 2014.
- [71] Shidpour H, Cunha CD, Bernard A. "Group multi-criteria design concept evaluation using combined rough set theory and fuzzy set theory". *Expert Systems with Applications*, 64, 633-644, 2016.
- [72] Lee J, Cho H, Kim YS. "Assessing business impacts of agility criterion and order allocation strategy in multi-criteria supplier selection". *Expert Systems with Applications*, 42, 1136-1148, 2015.
- [73] Schlaefler RC, Koch M. "Industry 4.0. Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential Technologies". *Deloitte*, 1-30, 2015.
- [74] DHL. "Logistics Trend Radar Delivering Insight Today. Creating Value Tomorrow!". <https://www.dhl.com/content/dam/dhl/global/core/documents/pdf/g0-core-trend-radar-widescreen-2019.pdf> (15.12.2021).
- [75] Roberts N, Grover V. "Leveraging information technology infrastructure to facilitate a firm's customer agility and competitive activity: An empirical investigation". *Journal of Management Information Systems*, 28(4), 231-270, 2012.
- [76] Oh LB, Teo HH, Sambamurthy V. "The effects of retail channel integration through the use of information technologies on firm performance". *Journal of Operations Management*, 30(5), 368-381, 2012.
- [77] Chang HH, Tsai YC, Hsu CH. "E-Procurement and supply chain performance". *Supply Chain Management an International Journal*, 18(1), 34-51, 2013.
- [78] Rai A, Tang XL. "Leveraging IT capabilities and competitive process capabilities for the management of interorganizational relationships portfolios". *Information Systems Research*, 21(3), 516-542, 2010.