

SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİKÇİ SEÇİMİ İÇİN KÜRESEL BULANIK VIKOR TEMELLİ BİR KARAR VERME YAKLAŞIMI

Sezin GÜLERYÜZ

Bartın Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Bartın,
sezinguleryuz@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9858-7115

ÖZET

Son yıllarda, şirketler sürdürülebilirlik konusunda çalışmakta ve bir dizi ticari fayda sağlamak için bu kavramı sosyal, çevresel ve ekonomik boyutlarıyla uygulamaya çalışmaktadırlar. Günümüzde, tedarikçilerin ürün performansının doğrudan belirleyicisi olması ve şirketlere yüksek oranlarda katma değer sağlaması gibi avantajları ele alındığında, tedarikçiler ve tedarik zincirleri şirketlerin başarısı için kritik önemi hale gelmektedir. Şirketlerin, sürdürülebilirlik perspektifi temel alan yaklaşımlar geliştirerek kendilerine rekabet avantajı sağlayabilecek ve şirket stratejilerine uygun sürdürülebilir tedarikçiler seçmesi gerekmektedir. Bu karar sürecinde yüksek belirsizlik, çelişen hedefler, çoklu çıkarlar ve perspektifler içermesi sebebiyle Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) tekniklerinden küresel bulanık VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (KB-VIKOR) metodu kullanılarak analiz edilmiştir. Araştırmanın özgünlüğü, literatürde yeni olan bu yöntemin sürdürülebilir tedarikçi seçimi problemi için ilk kez gerçek bir vaka çalışmasıyla uygulanmasından kaynaklanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çok kriterli karar verme, Küresel bulanık kümeler, Sürdürülebilir Tedarikçi Seçimi, Tedarik Zinciri Yönetimi, VIKOR.

A DECISION MAKING APPROACH FOR SELECTING SUSTAINABLE SUPPLIER BASED ON SPHERICAL FUZZY VIKOR

ABSTRACT

In recent years, companies have been working on sustainability as a concept that focuses on, and have tried to apply this concept with its social, environmental and economic dimensions to generate a range of commercial benefits. Today, when the advantages of suppliers such as being the direct determinant of product performance and providing companies with high levels of added value are considered, suppliers and supply chains become critical for the success of companies. Companies should select sustainable suppliers that can provide them with competitive advantage and comply with company strategies by developing approaches based on a sustainability perspective. Since this selection is a decision process that includes high uncertainty, conflicting goals, multiple interests and perspectives, the spherical fuzzy VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (SF-VIKOR) method, one of the Multi Criteria Decision Making (MCDM) techniques, was used for the selection of the most suitable supplier. The originality of the study stems from the fact that this technique, which is new in the literature, was applied for the first time in a real case study for the sustainable supplier selection problem.

Keywords: Multi Criteria Decision Making, Spherical fuzzy sets, Sustainable Supplier Selection, Supply Chain Management, VIKOR.

Yayın Künyesi: S.Güleryüz, "Sürdürülebilir Tedarikçi Seçimi İçin Küresel Bulanık VIKOR Temelli Bir Karar Verme Yaklaşımı", Lojistik Dergisi, Yıl 18, Sayı 53, Sayfa 30-42, Haziran 2021.

Makale Geçmişi: Geliş: 30.12.2020 / Kabul: 27.05.2021
Article History: Received: 30.12.2020 / Accepted: 27.05.2021

1. GİRİŞ

Son yüzyılda temelleri atılan ve önemli iş stratejilerinden biri olan Tedarik Zinciri (TZ), hammaddenin temininden, ürünlerin üretilmesine, üretilen ürünlerin perakendecilere ve nihai tüketicilere ulaştırılmasına kadar bir zincir boyunca uzanan tüm eylemleri kapsayan kavram olarak tanımlanmaktadır (Seçkin, 2019). Günümüz iş dünyasında, Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY) hızla gelişmekte ve önemi hızla artan sürdürülebilir ve yeşil kavramlarıyla entegre edilmektedir. Geleneksel tedarik zincirinden farklı olarak yeni zincir yapısında amaç, sadece ürünü müşteriye ulaştırmak değil, aynı zamanda ürünlerin süreçteki hareketi boyunca ona değer sağlayacak her türlü faaliyeti ele alarak, zincirin etkin bir şekilde yönetiminin sağlanmasıdır. Sosyal, ekonomik ve çevresel etkileri göz önünde bulundurması ile etkin TZY, işletmelere sürdürülebilir bir büyüme ve rekabet avantajı sağlar. Böylece, işletmelerin gelişimini ve büyümesini destekleyen Sürdürülebilir Tedarik Zinciri (STZ) yönetimi stratejisi en önemli başarı etkenlerinden biri olarak tanımlanabilir (Şişman, 2018).

Şirketler tanımladıkları kriterleri baz alarak tedarikçilerin performans verilerini elde eder ve bu veriler yardımıyla karar modelleri oluştururlar (Balıbaş, 2020). Temel amacı en uygun tedarikçiye seçmek olan Sürdürülebilir tedarikçi seçimi (STS), gelişen teknolojiyle ve birlikte seçim yapılacak olan tedarikçi sayısındaki artışa bağlı olarak etkili bir tedarikçi seçim ve değerlendirme sürecine ihtiyaç duyar (Büyüközkan ve Çifçi, 2011). Literatürde STS için geliştirilen teknikler; Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), Matematiksel programlama, Yapay zeka ve İstatistiksel modeller ana başlıklar olmak üzere bu yöntemlerin temel, bulanık ve hibrit formları olarak sunulmuştur (Luthra vd. 2017; Gören, 2018). Tedarikçi seçim probleminin pek çok bileşeni içeren yapısı ÇKKV problemi olarak ele alınmasına, karmaşıklık içeren durumu ve bu karmaşıklığın uygun çözümü ise konuya hakim uzmanlara gereksinim duymasına neden olur. Bununla birlikte, uzman değerlendirmeleri ve sunulan bilgi belirsiz bir nitelikte olduğundan en uygun çözüme karar vermek oldukça zordur. Bu belirsizliğin ve değerlendirmelerdeki kararsızlığın daha iyi temsil edilmesi için çalışmada Grup Karar Verme (GKV) ve

Küresel Bulanık Kümeler (KBK) kullanılması amaçlanmıştır (Kutlu Gündoğdu ve Kahraman, 2019a) Literatürdeki diğer bulanık küme uzantılarından farklı olarak, Pisagor bulanık kümelerde sağlanan daha büyük tanım alanı ve Nötrosifik kümelerdeki kararsızlığın tanımlanabilmesi gibi avantajları bir araya getiren KBK, ÇKKV yöntemlerinden VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR) tekniğiyle entegre edilerek Küresel Bulanık VIKOR (KB-VIKOR) olarak adlandırılmıştır (Kutlu Gündoğdu ve Kahraman, 2019b). Uygulanan bu yöntemle, seçim yapılacak alternatifler arasında tek bir sonuç için karar vermenin zor olduğu durumlarda VIKOR tekniği kullanılarak uzlaşık bir çözüm (ideal çözüme yakın mümkün bir çözüm) bulunabilir. İlaveten, KBK tabanlı bu yaklaşımla uzmanların belirsiz değerlendirmelerinde daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesine ve karar süreci için esnek bir ortam oluşmasına imkan sağlar.

Bu çalışma, STS probleminin analitik yöntemlerle değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Bu kapsamda, ilk aşamada yapılan literatür taraması ve uzman görüşleri ile STS kriterleri belirlenmiş ve değerlendirme modeli geliştirilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında STS problemi için ÇKKV metotları incelenmiş, VIKOR ve KBK kullanılarak Bartın'da faaliyet gösteren bir plastik boru üretim işletmesinde önerilen model uygulanmıştır. Çalışmanın literatüre katkısı, nispeten yeni olan KB-VIKOR tekniğinin STS problemi için ilk kez gerçek bir vaka çalışmasıyla uygulanarak benzer durumlarda olan karar vericilere rehberlik etmesi şeklinde özetlenebilir.

Makale planı şu şekilde düzenlenmiştir: STS ile ilgili çalışmalar ve önerilen değerlendirme modeli ile ilgili literatür taraması ikinci bölümde özetlenmiştir. Üçüncü bölümde kullanılan metodoloji sunulmuştur. Dördüncü bölümde uygulama adımları ve çıkarımlar verilmiştir. Sonuç ve öneriler bölümüyle de çalışma tamamlanmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Sürdürülebilir Tedarikçi Seçimi ve Önerilen Değerlendirme Kriterleri

Tedarik Zincirinin önemli bir halkasını oluşturan tedarikçiler, STZ faaliyetlerinin uygulanmasında ve

şirketlerin sosyal, çevresel ve ekonomik kazanımlar elde etmesinde önemli rol oynamaktadır. Son yıllarda çoğalan sürdürülebilirlik bilinciyle pek çok tedarik zinciri uygulaması literatürde yerini almıştır (Hassini vd. 2012; Li vd. 2019; Xu vd. 2019).

Teknolojinin sürekli gelişmesi ve aralarından seçim yapılacak tedarikçi sayısında artış en uygun STS sürecini zorlaştırmaktadır. Şirketler, belirledikleri kriterler bazında tedarikçilerin performans verilerini dikkate alarak karar modelleri yardımıyla değerlendirme yapmaktadır. Birden fazla tedarikçi alternatifinin olması şirketler için bir çok avantaj oluşturabilir: Şirketler tedarikçiler arasındaki rekabetten faydalanarak fiyat avantajı sağlayabilirler; sadece tek bir tedarikçiye bağımlı olmamak ve beklenmeyen bir durum anında diğer tedarikçi ile iletişime geçebilmeye olanağı oluşabilir ve birden çok miktarda ve farklılıkta talebe kısa sürede dönüş yapma imkanı oluşabilir (Balıbaş, 2020).

Karar sürecinde geleneksel tedarikçi seçimi problemi teslimat, maliyet, ürünün kalitesi gibi ekonomik kriterleri dikkate alırken, STZ'de ekonomik kriterlere ek olarak çevresel ve sosyal kriterler de ele alınır (Gören, 2018; Li vd. 2019; Ecer ve Pamucar, 2020). Dolayısıyla sürdürülebilirlik tüm bu yönleri aynı anda ele almak için uygun bir seçenektir. Böylece, ürün zamanında teslim edilebilir, ürünün nakliye maliyeti ve ürün maliyeti azalır, kalitesi artar sonuç olarak firmanın ekonomik sosyal ve de çevresel performansında gelişme sağlanır (Gören, 2018). Bu süreçte uygun kriterlerin belirlenmesi uygun STS için oldukça önemlidir (Büyüközkan ve Çifçi, 2011).

Uygulamada STS için birçok farklı kriter sunulmuştur. Örneğin; Zimmer vd. (2016) literatürde dikkat çeken 30 TZY uygulamasını inceleyerek en çok dikkat çeken kriterleri belirlemişlerdir. Bunlar: ürün kalitesi, esneklik, fiyat, teslim süresi, lojistik maliyetlerdir. Mohammed vd. (2019) STS problemi için maliyet, kalite, çevresel yönetim gibi kriterleri içeren 10 adet kriterden oluşan bir model oluşturmuşlardır. Hendiani vd. (2020) STS için ekonomik sosyal ve de çevresel kriterleri içeren kapsamlı bir model geliştirmişlerdir. Rajesh (2020) çalışmasında 30

kriteri içeren bir model geliştirmiştir. Gahona-Flores (2021) çalışmasında bakır madeni işletmelerinde kullanılan 26 kriter içeren bir model geliştirmiştir.

İncelenen STS ile ilgili yazın ve işletmede çalışan uzmanların sundukları görüşler öncülüğünde bu çalışma için temel alınacak 7 ana kriter belirlenmiştir.

• **Ürünün fiyatı:** Şirketin ürünü satın almak istediği asgari fiyattır (Bai ve Sarkis, 2010; Büyüközkan ve Çifçi, 2011; Luthra vd. 2017; Gören, 2018; Hendiani vd. 2020; Rajesh vd. 2020; Stević vd. 2020).

• **Ürünün kalitesi:** Ürünün müşteri beklentilerini karşılama performansdır (Bai ve Sarkis, 2010; Govindan vd. 2013; Govindan vd. 2015; Luthra vd. 2017; Gören, 2018; Ecer ve Pamucar, 2020; Hendiani vd. 2020; Stević vd. 2020).

• **Tedarikçinin teknolojik ve finansal yeterliliği:** Tedarikçilerin şirket ihtiyaçlarını karşılama için gerekli teknolojik ve finansal kapasitesi (Luthra vd. 2017; Gören, 2018).

• **Tedarik süresi:** Ürünü zamanında teslim edebilme yetkinliğidir. Bu süre siparişin başladığı andan teslimat zamanına kadar olan süredir. Şirketler kısa teslim süreleri olan tedarikçilerle çalışmayı tercih ederler (Govindan vd. 2013; Luthra vd. 2017; Gören, 2018; Stević vd. 2020).

• **Teslimat ve servis:** Ürünün doğru teslim i ve ürünle ilgili hizmet verilmesini kapsar. Tedarikçinin siparişle ilgili davranışı şirketler açısından oldukça önemlidir (Bai ve Sarkis, 2010; Luthra vd. 2017; Gören, 2018; Hendiani vd. 2020).

• **Atık yönetimi:** Ürün ile ilgili minimum düzeyde kirliliğe sahip olma. Hammaddenin, israf edilmemesi ve ürünle ilgili kirliliği azaltıcı tedbirler alarak üretmek sürdürülebilirlik açısından oldukça önemlidir (Govindan vd. 2013; Luthra vd. 2017; Ecer ve Pamucar, 2020; Hendiani vd. 2020; Stević vd. 2020).

• **İş güvenliği ve işçi sağlığı:** Çalışanların refah, sağlık ve güvenliğiyle ilgilidir. Sağlık ve güvenlik yönetim sistemiyle, organizasyonlar çalışanları için

riskleri en aza indirgeyebilme imkanı sağlayan güvenli çalışma alanları oluşturabilirler (Bai ve Sarkis, 2010; Govindan vd. 2013; Luthra vd. 2017; Gören, 2018; Mohammed vd. 2019; Ecer ve Pamucar, 2020; Hendiani vd. 2020; Stević vd. 2020).

2.2. Sürdürülebilir Tedarikçi Seçiminde Kullanılan ÇKKV Teknikleri

Literatürde farklı alanlarda uygulanan çeşitli ÇKKV yöntemleri bulunmaktadır. Birden fazla disiplinin bir arada var olmasına ve karar vericilerin farklı boyutlarda değerlendirilmesine, ve en olası kararın bulunmasına olanak sağlar. Karar verme yöntemleri arasında, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), Elimination and Choice Translating Reality English (ELECTRE), Technique for Order Preference to Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), ve Preference sıralama organizasyon metodu zenginleştirme değerlendirmesi (PROMETHEE) ve VIKOR literatürde en sık kullanılan yöntemlerdir (Miç ve Antmen, 2019). Çalışmada ele alınan VIKOR yöntemi, farklı kriterlere bağlı olarak değerlendirilen alternatifler arasından seçim yapılması ve alternatiflerin sıralanmasına imkan sağlayan kullanışlı bir tekniktir. Temeli ideal çözüme yakınlık ölçümüne dayanan, uzlaşık çözüm ve ortak kabul üzerine anlaşmayı ele alan yöntem 1998 yılında Opricovic tarafından sunulmuştur (Opricovic ve Tzeng, 2004).

Günlük hayatta karşılaşılan bazı durumlarda, crisp veriler uygulamaları modellemek için yetersiz olabilir. Tercihler de dahil olmak üzere insan, düşünce ve algılarındaki belirsizliğin kesin sayısal değerler olarak değerlendirmek oldukça zordur. Bu nedenle birbiriyle çelişen durumlar olduğunda veya karar vericilerin ölçüt değerlendirmelerinde oluşabilecek zorlukların üstesinden gelmeleri için bulanık kümeler faydalı yaklaşımlardır. Bulanık kümelerde üyelik fonksiyonları tanımlanırken bir boyuttan üç boyutlu tanımlamaya doğru gidilir böylece crisp kümelere göre daha kapsamlı değerlendirmeler elde edilir. Çalışmada seçilen KBK, Pisagor bulanık kümelerde sağlanan daha büyük tanım alanı ve Nötrosifik kümelerdeki kararsızlığın diğerlerinden bağımsız olarak tanımlanabilmesi gibi avantajları bir araya getirir.

Literatürde klasik tedarikçi seçimi konusunda birçok çalışma olmasına rağmen STS nispeten daha az araştırılır bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır (Almasi vd. 2019). STS problemi pek çok bileşeni içeren yapısı ÇKKV problemi olarak ele alınmasına, karmaşıklık içeren durumu ve bu karmaşıklığın uygun çözümü ise konuya hakim uzmanlara gereksinim duymasına neden olur. STS problemlerinde oluşabilecek zorlukları aşmak ve problem için en doğru kararı verebilmede çeşitli ÇKKV teknikleri ve entegre yapıları literatürde sıklıkla yer alır.

Luthra vd. (2017) STS kararları için sürdürülebilirlik kriterlerini de dikkate alan AHP-VIKOR entegre modelini geliştirmiştir. Cheraghalipour ve Farsad (2018). BWM tekniği kullanarak STS problemini ele alan bir model geliştirmişlerdir Gören (2018) çalışmada, çevrimiçi bir perakendecide en iyi tedarikçinin seçimi için Fuzzy DEMATEL yöntemi ve Taguchi Loss fonksiyonunu kullanarak hybrid bir yaklaşım önermiştir. Awasthi vd. (2018) global sürdürülebilir tedarikçilerin analizi için AHP-VIKOR yaklaşımını kullanmıştır. Azimifard vd. (2018) çelik endüstrisinde sürdürülebilir tedarikçi seçimi için hibrit bir AHP ve TOPSIS yöntemi önermiştir. Xu vd. (2019) AHPSort II ve yöntemiyle en uygun STS seçimini ve sıralamasını gerçekleştirmiştir. Mohammed vd. (2019) yaptıkları çalışmada bulanıklık durumunda, STS problemini çözmek için AHP ve TOPSIS teknikleri kullanmışlardır. Kannan vd. (2020), VIKOR ve BWM yöntemlerini kullanarak döngüsel tedarik zincirlerinde sürdürülebilir tedarikçi seçimi problemini uygulamışlardır. Ayrıntılı olarak STS problemini ÇKKV yaklaşımıyla inceleyen Schramm vd. (2020) çalışmalarında güncel literatür taraması oluşturmuşlardır. Zhang vd. (2021) üç fazlı entropi tabanlı VIKOR yöntemiyle ile en uygun tedarikçiyi seçerken oluşturdukları modelle yeşil ambalajlama ve yeşil etiketleme konusunda üretim sektöründen bir uygulama ele almışlardır. Literatürdeki öncü çalışmaların ve yazarların önemli katkılarının ardından, araştırmacılar son zamanlarda ÇKKV ile KBK üzerine odaklanmaya başlamışlardır. Bu metodolojiler, Tablo 1'de özetlenmiş olup, farklı araştırma alanlarında uygulanmaya başlanmıştır.

Tablo 1: Literatürde KBK kullanılan çalışmalar ve onların entegre yaklaşımları

Kaynaklar	Kullanılan Teknikler	GKV	Çalışmanın amacı	Örnek olay/ Gerçek olay
Kutlu Gündoğdu ve Kahraman (2019a)	KB-WASPAS, IF-TOPSIS	x	Endüstriyel robot seçimi	Örnek olay
Kutlu Gündoğdu ve Kahraman (2019b)	KB-VIKOR, KB-TOPSIS	x	Depo yeri seçimi	Örnek olay
Kutlu Gündoğdu ve Kahraman (2019c)	KB-TOPSIS, IF-TOPSIS	x	Tedarikçi seçimi	Örnek olay
Kutlu Gündoğdu ve Kahraman (2019d)	KB-TOPSIS, Aralık değerler, KBK	x	3D yazıcı seçimi	Örnek olay
Balin (2020)	KB-TOPSIS, Aralık değerler	x	Askeri gemiler için stabilizasyon sistemi seçimi	Gerçek olay
Kutlu Gündoğdu ve Kahraman (2020a)	KB-AHP, Nötrosifik AHP	x	Rüzgar enerji santrali seçimi	Gerçek olay
Kutlu Gündoğdu ve Kahraman (2020b)	KB-TOPSIS QFD	x	Delta robot teknoloji tasarım ve değerlendirme	Gerçek olay
Mathew vd. (2020)	KB - AHP KB- TOPSIS	x	İleri üretim teknolojileri seçimi	Örnek olay
Akram vd. (2021)	KB-VIKOR	x	Facebook'ta bir reklamın hedeflerinin sıralaması	Örnek olay
Doğan (2021)	KB - AHP		Şirketler için yeni bir teknoloji seçimi	Gerçek olay

Tablo 1'de verilenlere göre, KBK ve entegre yaklaşımlar henüz literatürde çok yenidir. Buna rağmen araştırmacılar çeşitli uygulama alanlarında ve farklı tekniklerle çalışmalarına devam etmektedir. Yukarıdaki bilgilere göre, yazarlar genellikle örnek olayı ele alarak seçim problemini modellemiş, gerçek uygulamada ise çalışmalar daha sınırlı kalmıştır. Dolayısıyla literatürde gerçek uygulamalarda halen boşluk tamamlanmamıştır. Ayrıca tedarikçi seçimiyle ilgili tek çalışma olmasına rağmen, sürdürülebilirlik kavramını dikkate alan STS ve KBK ile ilgili çalışma yazında rastlanamamıştır. Çalışmanın, gerçek olay, KBK ve STS açısından literatürdeki boşluğu doldurması planlanmaktadır.

3. METODOLOJİ

Bu bölüm, çalışmada kullanılan metodolojiyi kısaca sunmaktadır. KBK ile ilgili girişin ardından metodoloji ve kullanılan ÇKKV yöntemlerinden

VIKOR ve GKV yaklaşımı ele alınmaktadır. Şekil 1'de yapı aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

3.1. Küresel Bulanık Kümeler

1965'de Lütüfi Zadeh tarafından literatüre tanıtılan bulanık kümeler teorisi (Zadeh, 1965) günümüze kadar birçok bulanık küme uzantısı ile genişletilmiştir. Literatürde bulanık kümelerin farklı uzantıları ÇÇKV problemleri de dahil olmak üzere sıkça kullanılmaktadır. KBK, Pisagor bulanık kümelerdeki daha büyük tanım alanı kullanılması ve nötrosifik kümelerdeki kararsızlığın da bağımsız olarak belirlenebilmesi temellerine dayanarak Pisagor ve Nötrosifik Bulanık kümelerin birleşimi olarak Kutlu Gündoğdu ve Kahraman tarafından önerilmiştir (Kutlu Gündoğdu ve Kahraman, 2019c). Üç boyutlu üyelik fonksiyonları olarak IFS (sezgisel bulanık kümeler), PFS (Pisagor bulanık kümeler) ve NS (nötrosifik kümeler) üyelik işlevlerini kullanır.

KBK, üç boyutlu kümelere genel bir bakış açısı sağlar.

Bir küresel bulanık küme set \tilde{A}_S evreninde aşağıdaki gibi tanımlanır;

$$\tilde{A}_S = \{u, (\mu_{\tilde{A}_S}(u), v_{\tilde{A}_S}(u), \pi_{\tilde{A}_S}(u)) | u \in U\} \quad (1)$$

$$\mu_{\tilde{A}_S}: U \rightarrow [0,1], v_{\tilde{A}_S}(u): U \rightarrow [0,1], \pi_{\tilde{A}_S}: U \rightarrow [0,1]$$

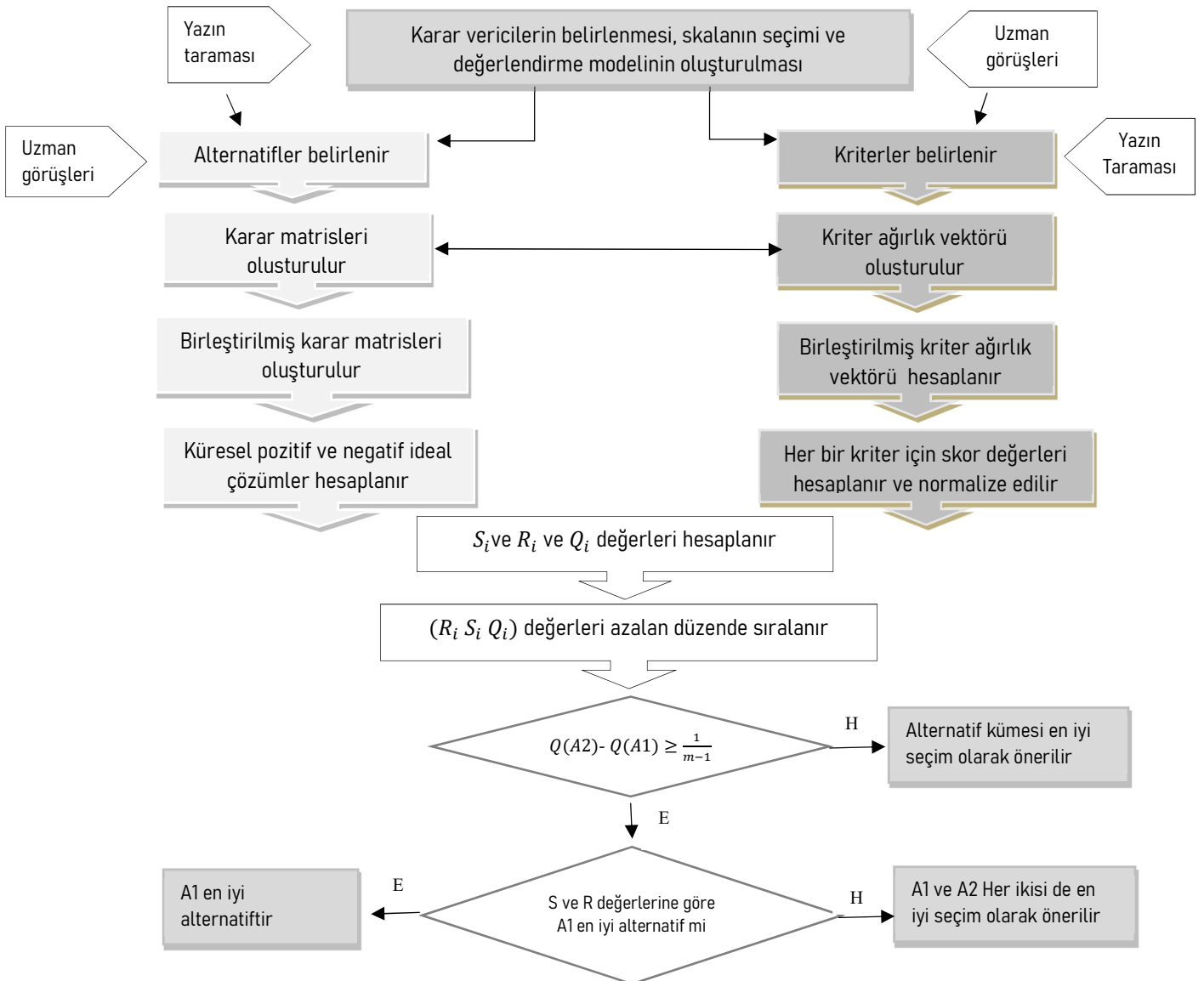
ve

$$0 \leq \mu_{\tilde{A}_S}^2(u) + v_{\tilde{A}_S}^2(u) + \pi_{\tilde{A}_S}^2(u) \leq 1 \quad \forall u \in U \quad (2)$$

Her bir u için, $\mu_{\tilde{A}_S}(u)$, $v_{\tilde{A}_S}(u)$, $\pi_{\tilde{A}_S}(u)$ sırasıyla u'nun \tilde{A}_S 'ye üyelik, üyesizlik ve kararsızlık derecesi olarak

tanımlanır (Kutlu Gündoğdu ve Kahraman, 2019b). Yiğıştırma (aggregation) operatörü olarak aynı yazarlar tarafından tanımlanan Küresel Ağırlıklandırılmış Aritmetik Ortalama - Spherical Weighted Arithmetic Mean (SWAM) kullanılmıştır. $w = (w_1, w_2 \dots w_n)$; $w_i \in [0,1]$ $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ ve tanımı aşağıdaki gibidir;

$$\begin{aligned} SWAM_w(\tilde{A}_{S1}, \dots, \tilde{A}_{Sn}) &= w_1 \tilde{A}_{S1} + w_2 \tilde{A}_{S2} + \dots + w_n \tilde{A}_{Sn} \\ &= \left\{ \left[1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_{\tilde{A}_S}^2)^{w_i} \right]^{1/2}, \prod_{i=1}^n v_{\tilde{A}_S}^{w_i}, \left[\prod_{i=1}^n (1 - \mu_{\tilde{A}_S}^2)^{w_i} - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_{\tilde{A}_S}^2 - \pi_{\tilde{A}_S}^2)^{w_i} \right]^{1/2} \right\} \quad (3) \end{aligned}$$



Şekil 1: Sürdürülebilir Tedarikçi Seçimi için çalışmada kullanılan KB-VIKOR yaklaşımı

3.2. Küresel Bulanık VIKOR (KB-VIKOR)

$x_i = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ ($m \geq 2$) kesikli küme olmak üzere m olası alternatif ve $C_j = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ sonlu kriter sayısını, $w_k = \{w_1, w_2 \dots w_n\}$ karar vericilere ait ağırlık vektörünü ifade etmektedir ve bu vektör $0 \leq w_j \leq 1$ arasında bir değer olarak $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ eşitliğini sağlamalıdır. Bu varsayımlara göre uygulama adımları aşağıdaki gibidir.

Adım 1: Ana kriterler, alt kriterler ve alternatifler belirlenerek değerlendirme modelinin oluşturulur. Daha sonra karar vericiler, kriter ve alternatiflerin değerlendirme matrislerini aşağıda Tablo 2'de verilen ölçek yardımıyla doldurur.

Tablo 2: Dilsel terimler ve karşılık gelen küresel bulanık sayılar (Kutlu Gündoğdu ve Kahraman, 2019b)

Dilsel Terimler	Kısaltma	μ	v	π
Kesinlikle daha fazla önemli	AMI	0,9	0,1	0,1
Çok yüksek önemli	VHI	0,8	0,2	0,2
Yüksek önemli	HI	0,7	0,3	0,3
Biraz daha önemli	SMI	0,6	0,4	0,4
Eşit derecede önemli	EI	0,5	0,5	0,5
Biraz daha az önemli	SLI	0,4	0,6	0,4
Düşük önemli	LI	0,3	0,7	0,3
Çok düşük önemli	VLI	0,2	0,8	0,2
Kesinlikle düşük önemli	ALI	0,1	0,9	0,1

Adım 2: Eşitlik (3)'de verilen SWAM operatörü yardımıyla her bir karar vericinin değerlendirmesini tek bir yargı olarak birleştirilir. Karar vericilerin görüşlerine göre birleştirilmiş küresel bulanık karar matrisi oluşturulmalıdır. Alternatif X_i ($i = 1, 2, \dots, m$)'nin kriter C_j ($j = 1, 2, \dots, n$)'ye göre $C_j(\tilde{X}_i) = (\mu_{ij}, v_{ij}, \pi_{ij})$ ve $D = (C_j(\tilde{X}_i))_{m \times n}$ değerlendirme kriterleri bir küresel bulanık karar matrisi olarak belirtilir. Bir KBS içeren ÇKKV probleminde, karar matrisi $\tilde{D} = (C_j(\tilde{X}_i))_{m \times n}$ aşağıdaki eşitlik (4) yardımıyla oluşturulur.

$$\tilde{D} = (C_j(\tilde{X}_i))_{m \times n}$$

$$= \begin{pmatrix} \mu_{11}, v_{11}, \pi_{11} & \mu_{12}, v_{12}, \pi_{12} \dots & \mu_{1n}, v_{1n}, \pi_{1n} \\ \mu_{21}, v_{21}, \pi_{21} & \mu_{22}, v_{22}, \pi_{22} \dots & \mu_{2n}, v_{2n}, \pi_{2n} \\ \dots & \dots & \dots \\ \mu_{m1}, v_{m1}, \pi_{m1} & \mu_{m2}, v_{m2}, \pi_{m2} & \mu_{mn}, v_{mn}, \pi_{mn} \end{pmatrix} \quad (4)$$

Adım 3: Eşitlik (5) yardımıyla ağırlıklandırılmış karar matrisinin bulanıklığı giderilir.

$$Score(C_j(\tilde{X}_i)) = (2\mu_{ij} - \pi_{ij})^2 - (v_{ij} - \pi_{ij})^2 \quad (5)$$

Adım 4: Karar vericiler tarafından oluşturulan karar kriterlerinin küresel bulanık dilsel değerlendirmeleri birleştirilir. Parçalı bulanık yaklaşım dikkate alınır ve Eşitlik (6) yardımıyla birleştirilmiş kriter ağırlıkları, skor fonksiyonu kullanılarak bulanıklığı giderilir.

$$w_j^s = (2\mu_{ij} - \pi_{ij})^2 - (v_{ij} - \pi_{ij})^2 \quad (6)$$

Sonrasında Eşitlik (7) yardımıyla birleştirilmiş kriter ağırlıkları normalize edilir.

$$\tilde{w}_j^s = \frac{w_j^s}{\sum_{j=1}^n w_j^s} \quad (7)$$

Adım 5: 3. Adımda elde edilen skor değerlerine göre, Küresel Bulanık Pozitif Ideal Çözüm (SF-PIS) ve Küresel Bulanık Negatif Ideal Çözüm (SF-NIS) belirlenir. SF-PIS için Eşitlik (8) yardımıyla karar matrisindeki maksimum skor bulunur. Crisp maksimum skorlara göre, karşılık gelen küresel bulanık sayılar Eşitlik (9) ile belirlenir.

$$X^* = \{C_j, \max_i < Score(C_j(X_i)) > | j = 1, 2, \dots, n\} \quad (8)$$

$$\tilde{X}^* = \{ \langle C_1, (\mu_1^*, v_1^*, \pi_1^*) \rangle, \langle C_2, (\mu_2^*, v_2^*, \pi_2^*) \rangle, \dots, \langle C_n, (\mu_n^*, v_n^*, \pi_n^*) \rangle \} \quad (9)$$

SF-NIS için karar matrisindeki minimum skorlar Eşitlik (10) yardımıyla hesaplanır. Crisp minimum skorlara göre karşılık gelen küresel bulanık sayılar Eşitlik (11) yardımıyla belirlenir.

$$X^- = \{C_j, \min_i < Score(C_j(X_i)) > | j = 1, 2, \dots, n\} \quad (10)$$

$$\tilde{X}^- = \{ \langle C_1, (\mu_1^-, v_1^-, \pi_1^-) \rangle, \langle C_2, (\mu_2^-, v_2^-, \pi_2^-) \rangle, \dots, \langle C_n, (\mu_n^-, v_n^-, \pi_n^-) \rangle \} \quad (11)$$

Adım 6: S_i ve R_i değerleri parçalı bulanık yaklaşıma göre Eşitlik (12) ve Eşitlik (13) yardımıyla hesaplanır. S_i alternatif i'nin en iyi değerden uzaklığını gösteren kesim değeri ve R_i alternatif i'nin en kötü değere uzaklığını gösteren kesim değeridir. Uzaklığın hesaplanmasında Öklidyen yaklaşım kullanılmıştır ve Eşitlik (14) ve Eşitlik (15)'de verilmiştir.

$$S_i = \sum_{j=1}^n \tilde{w}_j^S \cdot D = \sum_{j=1}^n \tilde{w}_j^S \cdot \frac{D(\tilde{X}_{ij}, \tilde{X}^*_j)}{D(\tilde{X}^-_j, \tilde{X}^*_j)} \quad (12)$$

$$R_i = \max_j (\tilde{w}_j^S \cdot D) = \max_j \left(\tilde{w}_j^S \cdot \frac{D(\tilde{X}_{ij}, \tilde{X}^*_j)}{D(\tilde{X}^-_j, \tilde{X}^*_j)} \right) \quad (13)$$

$$D_E(\tilde{X}_{ij}, \tilde{X}^*_j) = \sqrt{\left((\mu_{\tilde{X}_{ij}} - \mu_{\tilde{X}^*_j})^2 + (v_{\tilde{X}_{ij}} - v_{\tilde{X}^*_j})^2 + (\pi_{\tilde{X}_{ij}} - \pi_{\tilde{X}^*_j})^2 \right)} \quad (14)$$

$$D_E(\tilde{X}^-_j, \tilde{X}^*_j) = \sqrt{\left((\mu_{\tilde{X}^-_j} - \mu_{\tilde{X}^*_j})^2 + (v_{\tilde{X}^-_j} - v_{\tilde{X}^*_j})^2 + (\pi_{\tilde{X}^-_j} - \pi_{\tilde{X}^*_j})^2 \right)} \quad (15)$$

Adım 7: S^* , S^- , R^* , R^- ve Q_i değerleri Eşitlik (16) ve Eşitlik (17) yardımıyla hesaplanır.

$$S^* = \min_i S_i$$

$$S^- = \max_i S_i$$

$$R^* = \min_i R_i$$

$$R^- = \max_i R_i \quad (16)$$

$$Q_i = v \frac{(S_i - S^*)}{(S^- - S^*)} + (1 - v) \frac{(R_i - R^*)}{(R^- - R^*)} \quad (17)$$

S_i ve R_i indisleri sırasıyla maksimum çoğunluk kuralı ve minimum bireysel karşıt stratejinin reddi kuralıyla ilişkilidir. v maksimum grup faydasını sağlayan stratejinin ağırlığı olarak tanımlanır ve 0.5 olarak kabul edilir.

Adım 8: En iyi alternatifin seçilmesi: Sonuç olarak, minimum Q_i değerine sahip en iyi alternatif

belirlenir. Alternatif a' , Q_i (minimum) ile aşağıdaki iki koşul sağlanırsa en iyi olarak sıralanabilir.

C1: Kabul edilebilir avantaj;

$$Q(a'') - Q(a') \geq \frac{1}{m-1} \quad (18)$$

a'' sıralama listesinde ikinci sırada olan alternatif, m alternatif sayısını ifade eder. C2: Karar vermede kabul edilebilir istikrar. Alternatif a' , S ve R veya R 'de en iyi alternatif olarak sıralanmıştır.

4. UYGULAMA

Çalışmada önerilen yaklaşım, Bartın'da plastik sektöründe faaliyet gösteren YEPSA firmasının etkili STZ yapısı için en uygun sürdürülebilir tedarikçilerini seçmek ve onları değerlendirmek amacıyla uygulanmıştır. YEPSA, kurulduğu 1983 yılından bu yana, yüksek teknolojinin ışığında, PE boru, koruge boru ve ekleme parçaları gibi çeşitli ürünler üzerine üretim faaliyetlerini sürdürmektedir. Plastik sektöründe teknolojisi, kalitesi ve rekabetçiliği ile Türkiye'nin önde gelen firmalarından biri olan YEPSA, müşteri beklenti ve isteklerini hızlı ve eksiksiz karşılama politikasını benimsemiştir. Bu sebeple tüm faaliyetlerindeki tedarikçilerle iş ortaklığı karşılıklı kazan-kazan ilişkisini temeline dayanır. Üretim faaliyetleri ele alınırsa, ürünler için gerekli hammaddenin zamanında ve düşük maliyetle tedarik edilmesi firma için büyük önem taşımaktadır. Firma bunun için birçok farklı tedarikçiyi içine alan satın alma politikasını benimsemiştir. Uygulamada PE boru üretiminde gerekli olan plastik hammadde alımında en uygun sürdürülebilir tedarikçinin seçimi hedeflenmektedir. Karar sürecinde üç uzmandan (DM1, DM2 ve DM3) oluşan bir karar komitesi olası 5 tedarikçi açısından değerlendirmeleri gerçekleştirmiştir. Ürünle ilgili tecrübeli üretim mühendisi (DM1); alanında dereceye sahip satın alma uzmanı (DM2) ve fabrika müdürünün de (DM3) olduğu bir grup karar verici değerlendirmeleri gerçekleştirmiştir. Alternatiflerin isimleri gizli tutulmuş olup T1, T2, T3, T4, T5 olarak adlandırılmıştır.

Adım 1: Karar vericilerin belirlenmesi, skalanın seçimi ve değerlendirme modelinin oluşturulması: STZ seçim kriterleri kapsamlı literatür taraması ve

uzman görüşleriyle belirlenmiştir. C1: Ürünün alışı fiyatı, C2: Ürünün kalitesi, C3: Tedarikçinin teknolojik ve finansal yeterliliği, C4: Tedarik süresi, C5: Teslimat ve servis C6: Atık yönetimi, C7: İş güvenliği ve işçi sağlığı olmak üzere 7 kriter tanımlanıp ilgili model oluşturulmuştur.

Tablo 3: KB-VIKOR için DM1'in kullandığı dilsel veriler

Alternatifler	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
T1	HI	VHI	HI	HI	EI	EI	LI
T2	SLI	LI	VHI	VLI	SMI	LI	EI
T3	VHI	AMI	HI	VHI	SLI	SMI	SLI
T4	SMI	HI	SMI	HI	LI	HI	SMI
T5	SMI	SMI	SMI	HI	HI	VLI	EI

Tablo 4: KB-VIKOR için DM2'nin kullandığı dilsel veriler

Alternatifler	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
T1	HI	VHI	HI	HI	HI	EI	LI
T2	SLI	LI	SLI	VLI	SMI	LI	EI
T3	HI	VHI	SMI	VHI	HI	SMI	EI
T4	SMI	HI	SMI	HI	HI	HI	SMI
T5	SMI	SMI	SMI	HI	HI	VLI	EI

Tablo 5: KB-VIKOR için DM3'ün kullandığı dilsel veriler

Alternatifler	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
T1	HI	VHI	HI	HI	EI	EI	LI
T2	SLI	LI	SLI	VLI	SMI	LI	EI
T3	SMI	HI	HI	SMI	HI	SMI	SLI
T4	SMI	HI	SMI	HI	HI	HI	SMI
T5	SMI	SMI	SMI	HI	HI	VLI	HI

Tablo 6: Birleştirilmiş karar matrisi

ALT	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7														
T1	0,7	0,3	0,3	0,8	0,2	0,2	0,7	0,3	0,3	0,7	0,3	0,3	0,6	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,3	0,7	0,3
T2	0,4	0,6	0,4	0,3	0,7	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2	0,8	0,2	0,6	0,4	0,4	0,3	0,7	0,3	0,5	0,5	0,5
T3	0,7	0,3	0,3	0,8	0,2	0,2	0,7	0,3	0,3	0,7	0,3	0,3	0,7	0,3	0,3	0,6	0,4	0,4	0,4	0,6	0,4
T4	0,6	0,4	0,4	0,7	0,3	0,3	0,6	0,4	0,4	0,7	0,3	0,3	0,7	0,4	0,3	0,7	0,3	0,3	0,6	0,4	0,4
T5	0,6	0,4	0,4	0,6	0,4	0,4	0,6	0,4	0,4	0,7	0,3	0,3	0,7	0,3	0,3	0,2	0,8	0,2	0,6	0,4	0,4

Çalışmada kullanılan skala Tablo 2'de bir önceki bölümde verilmiştir. Farklı deneyim seviyelerine sahip DM'lerin ağırlıkları sırasıyla 0,2, 0,3 ve 0,5'tir. DM'lerin alternatiflere ilişkin değerlendirmeleri Tablo 3, 4 ve 5'de gösterilmiştir.

Adım 2: Değerlendirmeler, DM'lerin ağırlıkları dikkate alınarak SWAM yardımıyla birleştirilir. Birleştirilmiş karar matrisi Tablo 6'da elde edilmiştir.

Adım 3-4: DM'lerin kriterlere ilişkin değerlendirmeleri Tablo 7'de verilmiştir. Sonrasında bu değerlendirmelere göre her bir kriterin SWAM operatörü yardımıyla oluşturulan birleştirilmiş kriter ağırlıkları Tablo 8 ile gösterilmiştir.

Tablo 7: Kriterlerin önem dereceleri

Kriter	DM1	DM2	DM3
C1	HI	EI	EI
C2	VHI	AMI	HI
C3	HI	VHI	VHI
C4	SLI	LI	EI
C5	HI	EI	EI
C6	VHI	AMI	HI
C7	HI	VHI	VHI

Tablo 8: Birleştirilmiş kriter ağırlıkları

Kriter	Kriter Ağırlıkları		
C1	(0,55	0,45	0,46)
C2	(0,80	0,20	0,21)
C3	(0,78	0,22	0,22)
C4	(0,43	0,57	0,44)
C5	(0,55	0,45	0,46)
C6	(0,80	0,20	0,21)
C7	(0,78	0,22	0,22)

Adım 5-6: Eşitlik 6 ve Eşitlik 7 yardımıyla kriter ağırlıkları bulanıklıktan kurtarılır. Bulanıklıktan kurtarılmış ve normalize edilmiş kriter ağırlıkları sırasıyla (0,05; 0,23; 0,21; 0,02; 0,05, 0,23;0,21) olarak hesaplanmış olup ve skor değerleri Tablo 9' da incelenebilir. En yüksek değerler pozitif ideal, en düşük değerler negatif ideal sonuçlardır (SF-PIS; SF-NIS) ve Tablo 6 yardımıyla bu değerler Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 9: SWAM operatörüyle oluşturulmuş skor fonksiyonları

ALT	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
T1	1,21	1,96	1,21	1,21	0,51	0,25	-0,07
T2	0,12	-0,07	0,51	-0,32	0,64	-0,07	0,25
T3	1,08	1,83	1,04	1,31	1,01	0,64	0,17
T4	0,64	1,21	0,64	1,21	1,00	1,21	0,64
T5	0,64	0,64	0,64	1,21	1,21	-0,32	0,70

Adım 7- 8: S^*, S^-, R^*, R^- ve Q_i değerleri Eşitlik (16) ve Eşitlik (17) yardımıyla hesaplanır. $S^+ = 0,24$; $S^- = 0,81$; $R^+ = 0,05$, $R^- = 0,22$ olarak hesaplanmıştır ve diğer değerler Tablo 11'de verilmiştir. Burada farklı grup faydaları doğrultusunda hesaplanan Q_i değerleri gösterilmiştir.

Koşulların denetlenmesi Eşitlik (18) yardımıyla Tablo 11'de verilen değerler baz alınarak Tablo 12'de sıralama işlemi gerçekleşir. KB-VIKOR yöntemine göre her bir alternatif için Q değerleri hesaplandıktan sonra bu değerler baz alınarak alternatifler küçükten büyüğe sıralanır $T3 > T4 > T5 > T1$ elde edilir. Q değerlerine göre sıralanan en iyi alternatif minimum Q değerlerine sahip alternatiflerden biridir. En uygun STS problemi için T3 tedarikçisi kabul edilebilir avantaj ve kabul edilebilir istikrar koşullarının tümünü sağladığı için en iyi alternatif olarak belirlenmiştir.

Tablo 10: SF-PIS ve SF-NIS değerleri

	C1			C2			C3			C4			C5			C6			C7		
X^+	0,70	0,30	0,30	0,80	0,20	0,20	0,70	0,30	0,30	0,72	0,28	0,30	0,70	0,30	0,30	0,70	0,30	0,30	0,62	0,39	0,40
X^-	0,40	0,60	0,40	0,30	0,70	0,30	0,54	0,48	0,35	0,20	0,80	0,20	0,58	0,43	0,44	0,20	0,80	0,20	0,30	0,70	0,30

Tablo 11: Hesaplanan S_i, R_i ve Q_i değerleri

	S_i	R_i	Q_i ($v=0$)	Q_i ($v=0,25$)	Q_i ($v=0,5$)	Q_i ($v=0,75$)	Q_i ($v=1$)
T1	0,37	0,21	0,91	0,74	0,57	0,40	0,22
T2	0,82	0,23	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
T3	0,25	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T4	0,25	0,16	0,59	0,45	0,30	0,15	0,01
T5	0,51	0,15	0,53	0,51	0,50	0,48	0,46

Tablo 12: Sıralama sonuçları ve koşulların denetlenmesi

	Q_i ($v=0$)	Q_i ($v=0,25$)	Q_i ($v=0,5$)	Q_i ($v=0,75$)	Q_i ($v=1$)	S_i	R_i
T1	4,00	4,00	4,00	3,00	3,00	3,00	4,00
T2	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
T3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
T4	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00
T5	2,00	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00	2,00
	Q_i ($v=0$)	Q_i ($v=0,25$)	Q_i ($v=0,5$)	Q_i ($v=0,75$)	Q_i ($v=1$)		
$Q(A2)$	0,53	0,45	0,30	0,15	0,01		
$Q(A1)$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
$Q(A2)-Q(A1)$	0,53	0,45	0,30	0,15	0,01		
DQ	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25		
Koşul 1	Doğru	Doğru	Doğru	Yanlış	Yanlış		
Koşul 2	Doğru	Doğru	Doğru	Doğru	Doğru		

Elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, analiz sayısal değerler üzerinden yapılsa da karar verici kriterleri sezgisel ağırlandırarak karar sürecine öznellik sağlamaktadır. Bu sebeple sonuçlar karar vericinin görüşünü yansıtan ve ideal derecesi değişebilen durumlar oluşturur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, STS probleminin analitik yöntemlerle değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Bu kapsamda, ilk aşamada yapılan yazın taraması ve uzman görüşleri ile STS kriterleri sürdürülebilirliğin ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlarına göre belirlenmiş ve değerlendirme modeli geliştirilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında ÇKKV metotları incelenmiş, yazında çok yeni olan KB-VIKOR yöntemiyle Bartın'da faaliyet gösteren plastik boru üretim işletmesi için sürdürülebilir tedarikçi seçiminde uygulanmıştır. İşletme, tedarikçilerinden müşterilerine kadar olan bütün süreçlerde tedarik zinciri faaliyetlerini geliştirmede ortaya sürdürülebilir hedefler koyma amacındadır. Ek olarak, ele alınan modelin STS problemde belirsizliği de dikkate alarak uzun dönemde işletmeye proaktif kararlar vermesine yardımcı olması düşünülmektedir.

VIKOR yöntemi karmaşık sistemlerin çözümü için geliştirilmiş bir ÇKKV yöntemidir. VIKOR sadece sayısal değerler değil karar vericinin sezgilerine, tecrübelerine ve uzmanlığına dayanarak verdiği değerlendirmelerin, "sayısallaştırmak" ve "ağırlıklandırmak" aşamalarında sürece öznellik kazandırır ve uzlaşmacı çözümler oluşturur. Nihai sonuçların karar vericinin görüşlerini yansıttığı ve ideal durumların karar vericiye bağlı olduğu durumlarda belirlenen sonuçlar olduğu ifade edilebilir. Çalışmada kriter ağırlıkları ve alternatiflerin değerlendirmelerinde KBK kullanılmıştır. Bu yaklaşım pisagor ve nütrozofik bulanık kümelerin birleşimi olmakla birlikte, değerlendirmelerin daha geniş tanım alanında gösterimine olanak sağlar.

Literatürde yapılan çalışmalarda genellikle yazarlar örnek olayı ele alarak STS problemini modellemiş, gerçek uygulamada ise çalışmalar daha sınırlı kalmıştır. Diğer çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada STZ incelenmiş ve gerçek

uygulamayla STS ve KBK kavramları ilk kez birlikte ele alınmıştır. Çalışmanın, gerçek olay, KBK ve STS açısından literatürdeki boşluğu doldurması planlanmaktadır.

Araştırma sürecinde karşılaşılan birtakım sınırlamalar bulunmaktadır. Bunlardan en önemli COVID19 sebebiyle yavaşlayan teslimatla, hammadde tedarikçisinde oluşan gecikmeler işletmede üretimi aksatmaktadır. Ayrıca, uzmanların değerlendirmeleri ve oluşabilecek sapmalar çalışmada dikkate alınmamıştır. Bu durumun etkisini ortadan kaldırabilmek ve gelecek çalışmalar için ya daha fazla uzmanın görüşünden faydalanmak gerekmekte ya da diğer ÇKKV yöntemlerinden küresel bulanık TOPSIS yöntemi ile karşılaştırmalı analiz yapılması hedeflenmektedir.

TEŞEKKÜR

Yazar, endüstriyel uzmanlara ve YEPSA Genel Müdürü Sayın Gökçe Yelkenci'ye çalışmaya sağladıkları değerli katkılar için teşekkürlerini sunar.

KAYNAKLAR

- [1] Akram, M., Kahraman, C., Zahid, K. (2021), "Group decision-making based on complex spherical fuzzy VIKOR approach", Knowledge-Based Systems, 216, 106793, pp. 1-22.
- [2] Almasi, M., Khoshfetrat, S., Rahiminezhad Galankashi, M. (2019), "Sustainable Supplier Selection and Order Allocation Under Risk and Inflation Condition", IEEE Transactions on Engineering Management, 68(3), pp. 823-837.
- [3] Awasthi, A., Govindan, K., Gold, S. (2018), "Multi-tier sustainable global supplier selection using a fuzzy AHP-VIKOR based approach", International Journal of Production Economics, 195, pp. 106-117.
- [4] Azimifard, A., Moosavirad, S. H., Ariafar, S. (2018), "Selecting sustainable supplier countries for Iran's steel industry at three levels by using AHP and TOPSIS methods", Resources Policy, 57, pp. 30-44.
- [5] Bai, C., Sarkis, J. (2010), "Integrating sustainability into supplier selection with grey system and rough set methodologies", International Journal of Production Economics, 124(1), pp. 252-264.

- [6] Balin, A. (2020), "A novel fuzzy multi-criteria decision-making methodology based upon the spherical fuzzy sets for stabilizer selection of cruise ships", *Iranian Journal of Fuzzy Systems*, 71(3), pp. 1-11.
- [7] Balıbaş, B. (2020), " Çok kriterli karar verme yöntemleri ile sürdürülebilir tedarikçi seçimi : katı atık işleme tesisinde uygulama", Karabük Üniversitesi, Lisansüstü eğitim enstitüsü, yüksek lisans tezi, Karabük.
- [8] Büyüközkan, G., Çifçi, G. (2011), "A novel fuzzy multi-criteria decision framework for sustainable supplier selection with incomplete information", *Computers in Industry*, 62(2), pp. 164-174.
- [9] Cheraghalipour, A., Farsad, S. (2018), "A bi-objective sustainable supplier selection and order allocation considering quantity discounts under disruption risks: A case study in plastic industry", *Computers and Industrial Engineering*, 118, pp. 237-250.
- [10] Dogan, O. (2021), "Process Mining Technology Selection with Spherical Fuzzy AHP and Sensitivity Analysis", *Expert Systems with Applications*, 178, 114999, pp. 1-9.
- [11] Ecer, F., Pamucar, D. (2020), "Sustainable supplier selection: A novel integrated fuzzy best worst method (F-BWM) and fuzzy CoCoSo with Bonferroni (CoCoSo'B) multi-criteria model", *Journal of Cleaner Production*, 266, 121981, pp. 1-37.
- [12] Gahona-Flores, O. (2021), "Selection criteria for sustainable suppliers in the supply chain of copper mining in Chile", *Ingenieria e Investigacion*, 41(2) In press.
- [13] Gören, H. G. (2018), "A decision framework for sustainable supplier selection and order allocation with lost sales", *Journal of Cleaner Production*, 183, pp. 1156-1169.
- [14] Govindan, K., Khodaverdi, R., Jafarian, A. (2013), "A fuzzy multi criteria approach for measuring sustainability performance of a supplier based on triple bottom line approach", *Journal of Cleaner Production*, 47, pp. 345-354.
- [15] Govindan, K., Khodaverdi, R., Vafadarnikjoo, A. (2015), "Intuitionistic fuzzy based DEMATEL method for developing green practices and performances in a green supply chain", *Expert Systems with Applications*, 42(20), pp. 7207-7220.
- [16] Hassini, E., Surti, C., Searcy, C. (2012), "A literature review and a case study of sustainable supply chains with a focus on metrics", *International Journal of Production Economics*, 140(1), pp. 69-82.
- [17] Hendiani, S., Mahmoudi, A., Liao, H. (2020), "A multi-stage multi-criteria hierarchical decision-making approach for sustainable supplier selection", *Applied Soft Computing Journal*, 94, 106456, pp. 1-19.
- [18] Kannan, D., Mina, H., Nosrati-Abarghoee, S., Khosrojerdi, G. (2020), "Sustainable circular supplier selection: A novel hybrid approach", *Science of the Total Environment*, 722, 137936, pp. 1-13.
- [19] Kutlu Gündoğdu, F., Kahraman, C. (2019a), "Extension of WASPAS with spherical fuzzy sets", *Informatica (Netherlands)*, 30(2), pp. 269-292.
- [20] Kutlu Gündoğdu, F., Kahraman, C. (2019b), "A novel VIKOR method using spherical fuzzy sets and its application to warehouse site selection", *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 37(1), pp. 1197-1211.
- [21] Kutlu Gündoğdu, F., Kahraman, C. (2019c), "Spherical fuzzy sets and spherical fuzzy TOPSIS method", *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 36(1), pp. 337-352.
- [22] Kutlu Gündoğdu, F., Kahraman, C. (2019d), "A novel fuzzy TOPSIS method using emerging interval-valued spherical fuzzy sets", *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 85, pp. 307-323.
- [23] Kutlu Gündoğdu, F., Kahraman, C. (2020a), "A novel spherical fuzzy analytic hierarchy process and its renewable energy application", *Soft Computing*, 24(6), pp. 4607-4621.
- [24] Kutlu Gündoğdu, F., Kahraman, C. (2020b), "A novel spherical fuzzy QFD method and its application to the linear delta robot technology development", *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 87, 103348, pp. 1-12.
- [25] Li, J., Fang, H., Song, W. (2019), "Sustainable supplier selection based on SSCM practices: A rough cloud TOPSIS approach", *Journal of Cleaner Production*, 222, pp. 606-621.
- [26] Luthra, S., Govindan, K., Kannan, D., Mangla, S. K., Garg, C. P. (2017), "An integrated framework for sustainable supplier selection and evaluation in supply chains", *Journal of Cleaner Production*, 140, pp. 1686-1698.
- [27] Mathew, M., Chakraborty, R. K., Ryan, M. J. (2020), "A novel approach integrating AHP and TOPSIS under spherical fuzzy sets for advanced manufacturing system

selection", *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 96, 103988, pp.1-13.

[28] Miç, P., Antmen, Z. F. (2019), "Sağlık Hizmeti Tesis Yerleşimi Probleminin Değerlendirilmesine Çok Kriterli Bulanık Bir Yaklaşım. *European Journal of Science and Technology*", 16, ss. 750-757.

[29] Mohammed, A., Harris, I., Govindan, K. (2019), "A hybrid MCDM-FMOO approach for sustainable supplier selection and order allocation", *International Journal of Production Economics*, 217, pp. 171-184.

[30] Opricovic, S., Tzeng, G. H. (2004), "Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS", *European Journal of Operational Research*, 156(2), pp. 445-455.

[31] Rajesh, R. (2020), "Sustainable supply chains in the Indian context: An integrative decision-making model", *Technology in Society*, 61, 101230, pp. 1-13.

[32] Rajesh, R., Allaoui, H., Guo, Y., Choudhary, A., Bloemhof, J., Abdel-Basset, M., Diabat, A. (2020), "A novel multi-criteria decision framework for evaluating green supply chain management practices", *Journal of Cleaner Production*, 35, pp. 369-384.

[33] Schramm, V. B., Cabral, L. P. B., Schramm, F. (2020), "Approaches for supporting sustainable supplier selection - A literature review", *Journal of Cleaner Production*, 273, 123089, pp.1-8.

[34] Seçkin, F. (2019), "Tedarik Zinciri Yönetiminde ve Tedarikçi Seçiminde Sürdürülebilirlik Kavramının

Gelişimi", *AURUM Mühendislik Sistemleri ve Mimarlık Dergisi*, 2(2), ss. 45-64.

[35] Şişman, B. (2018), "Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi Performansını Geliştirmede En Uygun Alternatif Faaliyetlerin Bulanık Topsis Yöntemi ile Değerlendirilmesi", *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 14 (Özel sayı), ss. 83-98.

[36] Stević, Ž., Pamučar, D., Puška, A., Chatterjee, P. (2020), "Sustainable supplier selection in healthcare industries using a new MCDM method: Measurement of alternatives and ranking according to COmpromise solution (MARCOS)", *Computers and Industrial Engineering*, 140, 106231, pp. 1-15.

[37] Xu, Z., Qin, J., Liu, J., Martínez, L. (2019), "Sustainable supplier selection based on AHPSort II in interval type-2 fuzzy environment", *Information Sciences*, 483, pp. 273-293.

[38] Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), pp. 338-353.

[39] Zhang, J., Li, L., Zhang, J., Chen, L., Chen, G. (2021), "Private-label sustainable supplier selection using a fuzzy entropy-VIKOR-based approach", *Complex & Intelligent Systems*, <https://doi.org/10.1007/s40747-021-00317-w>.

[40] Zimmer, K., Fröhling, M., Schultmann, F. (2016), "Sustainable supplier management - A review of models supporting sustainable supplier selection, monitoring and development", *International Journal of Production Research*, 54(5), pp. 1412-1442.

Dr. Öğr. Üyesi Sezin GÜLERYÜZ



Sezin Güleryüz, Kadir Has Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde lisans, Yıldız Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği programında yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır. Doktora derecesini Endüstri Mühendisliği alanında 2017 yılında Galatasaray Üniversitesi'nden almıştır. 2011-2017 yılları arasında Galatasaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde araştırma görevlisi olarak çalıştıktan sonra 2017 yılında Bartın Üniversitesi Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümünde Doktor Öğretim Üyesi olarak görevine başlamış ve halen burada görevini sürdürmektedir. Çalışma alanları, Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri, Tedarik Zinciri Yönetimi, Sürdürülebilirlik ve Bulanık Kümelere'dir.