

Savunma Sektöründe Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Tedarikçi Seçimi

Supplier Selection with Multi-Criteria Decision Making Methods in the Defense Sector

Meltem HASKALFALI ¹, İpek Damla AKPINAR ², Barış KEÇECİ ²

¹Başkent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Bölümü, Ankara, Türkiye

²Başkent Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

Öz

Türk savunma sanayi firmaları son yirmi yıl içerisinde elde ettikleri başarılar, ulaştıkları yüksek ciro rakamları ve yürüttükleri çeşitli savunma projeleri sayesinde uluslararası platformlarda küresel çözümler sunmaktadır. Savunma sanayinde rekabet gücünü elde tutmak için, tedarikçi seçimi kritik bir öneme sahiptir. Farklı tedarikçi alternatiflerinin bulunduğu, kriterlerin hem nitel hem de nicel özelliğe sahip olması ve bu kriterlerin birbiriyle çelişen ve birbirini tamamlayan özelliklerinin bulunması tedarikçi seçim kararını karmaşıktırmaktadır. Tedarikçi seçiminde doğru karar vermek, firmaların maliyetlerini düşürmesine, kaliteli ürünler çıkarmasına sebep olmakta ve rekabet gücünü arttırmaktadır. Firmalar bu kararı verirken genellikle sezgisel yaklaşımlardan yararlanmaktadır. Buradaki karar problemi doğası gereği zor ve karmaşık olduğundan firmaların doğru karar verebilmesi için karar biliminin yöntemlerine başvurmak faydalı olacaktır. Bu nedenle çok kriterli karar verme yöntemlerinin ışığında en uygun çözüme ulaşılabilecektir. Çalışmanın uygulama bölümünde savunma sanayisinde faaliyet gösteren bir firmanın tedarikçi seçim problemi incelenmiş, firmanın tedarikçi seçim prosedüründe kullanılan 5 kriter ile TOPSIS ve VIKOR uygulanmıştır. Ayrıca literatürde seçimde faydalı olacağı düşünülen ek kriterler incelenmiş ve firmada çalışan yetkili personellerin ortak kararı ile 2 yeni kriter eklenerek, toplam 7 kriterle TOPSIS ve VIKOR yeniden uygulanarak, ideal tedarikçi seçimi yapılması amaçlanmış ve yöntemlerin sonuçlarına yer verilmiştir. Firma yönetimi uygulamanın faydalı olduğunu ve tedarikçi seçim prosedürlerine 2 yeni kriteri dahil edeceklerini, ayrıca tedarikçi seçiminde uyguladıkları mevcut prosedür yerine ÇKKV yöntemlerini kullanabileceğini belirtmiştir.

Anahtar Kelimeler: Savunma sanayi, Tedarikçi seçimi, Çok kriterli karar verme, TOPSIS, VIKOR

Abstract

Turkish defense industry companies offer global solutions on international platforms with the successes they have achieved in the last twenty years, the high turnover figures they have reached and the various defense projects they have carried out. In order to maintain competitive power in the defense industry, supplier selection is of critical importance. The supplier selection decision is complicated by the fact that there are different supplier alternatives, the criteria have both qualitative and quantitative features, and these criteria have conflicting and complementary features. Making the right decision in supplier selection allows companies to reduce their costs, produce quality products and increase their competitive power. Companies generally benefit from intuitive approaches when making this decision. Since the decision problem here is difficult and complex by nature, it would be useful to apply the methods of decision science for companies to make the right decision. Therefore, the most appropriate solution can be reached in the light of multi-criteria decision-making methods. In the application section of the study, the supplier selection problem of a company operating in the defense industry is examined, and TOPSIS and VIKOR are applied with the 5 criteria used in the supplier selection procedure of the company. In addition, additional criteria that are thought to be useful in selection in the literature are examined and 2 new criteria are added with the joint decision of authorized personnel working in the company, TOPSIS and VIKOR are re-applied with a total of 7 criteria, aiming to make an ideal supplier selection and the results of the methods are included. The company management stated that the application is useful and that they would include 2 new criteria in their supplier selection procedure, and that they could also use MCDM methods instead of the current procedure they apply in supplier selection.

Keywords: Defense industry, Supplier selection, Multi-criteria decision making, TOPSIS, VIKOR

I. GİRİŞ

Küresel olarak yaşanan çatışmalar, terör ve savaşlar ülkelerin kendi savunma kuvvetlerini güçlendirmesini önemli hale getirmiştir. Türk savunma sanayinin gelişmesi için özellikle son yirmi sene içerisinde kalkınma planları hazırlanmış olup, devlet teşvikleri artmıştır [1]. Nitelikli iş gücü ve üstün teknolojik altyapı gereksinimlerini içeren savunma sanayi artan bir ivme ile gelişmektedir.

Birçok sektörde olduğu gibi savunma sektöründe de firmaların çalıştıkları tedarikçileri belirlemeleri önemli ve stratejik kararlardan biri olarak karşlarına çıkmaktadır. Savunma sektöründe ham maddelerin, yarı mamullerin veya mamullerin askeri, dayanıklılık ve kalite gereksinimleri diğer sektörler nazaran daha farklıdır. Küresel rekabet koşullarının fazla olduğu ve politik kararların etken olduğu savunma sektöründe, firmaların faaliyetlerine devam edebilmesi ve hedeflerine ulaşabilmesi için güçlü tedarik zinciri yapısına sahip olması önem arz etmektedir. Tedarik zinciri yönetiminde, tedarikçi seçimi önemli bir karar verme problemlerinden birisidir. Alternatif tedarikçilerin bulunması, değerlendirilmesi gereken kriterlerin nicel ve/veya nitel özellikte olması ve bu kriterlerin birbiriyle çelişen veya birbirini tamamlayan özelliklerinin bulunması, firmaların tedarikçi seçimi konusunda karar vermesini zorlaştırmaktadır. Bu karar problemi ile başa çıkabilmek için kişisel kararlar yerine, bilimsel yaklaşıma sahip Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) metodlarının kullanılması ile daha sağlıklı çözümlere ulaşılması sağlanabilecektir.

Çalışma kapsamında, savunma sanayinde faaliyet gösteren bir firmanın tedarikçi seçim problemi bir ÇKKV problemi olarak ele alınmıştır. İlk olarak firmanın kurulduğu ilk yıllarda yayınladığı prosedür ve tedarikçi seçim kuralları incelenmiştir. Uygun koşullara sahip tedarikçi alternatifleri ve seçim kriterleri belirlenerek, öncelikle prosedürde yer alan kurala göre tedarikçi seçimi sıralaması belirlenmiştir. Daha sonra tedarikçiler ÇKKV yöntemlerinden TOPSIS ve VIKOR kullanılarak yeniden sıralanmıştır. İkinci aşamada; tedarikçi seçimi konusunda literatür incelenerek seçim kriterleri incelenmiş, kaynak taraması sonucunda elde edilen ve firma tarafından önemli olan kriterler, halihazırdaki kriterlere eklenerek TOPSIS ve VIKOR bir kez daha uygulanmıştır.

Literatürde tedarikçi seçimi konusunda çok çeşitli yöntemler bulunmaktadır ve firma seçimi sektör bazında ve müşteri isteklerine göre değişiklik göstermektedir. Bu çalışmada TOPSIS ve VIKOR yöntemleri kullanılmıştır. ÇKKV yöntemlerinin uygulanması ile elde edilen bu know-how ve bilgi

birikimi sonrasında firmanın amacına göre diğer ÇKKV yöntemleri de uygulanıp sonuçlar genişletilebilir. Bölüm 2’de problem tanımı yapılmış; Bölüm 3 çözüm yöntemi olarak önerilen ÇKKV yöntemlerine ayrılmış; yöntemlerin etkinliğini test etmek için elde edilen sonuçlar Bölüm 4’te tartışılmış; ve son olarak Bölüm 5’de ise sonuçlara yer verilmiştir.

II. PROBLEM TANIMI

Türkiye’nin jeopolitik konumu, yeraltı kaynaklarına yakınlığının yanı sıra komşu ülkelerdeki savaşlar, çatışmalar jeostratejik pozisyonunu tehlikeye sokmaktadır. Küresel savunma ve silahlanmanın artması, Türkiye’nin uluslararası alanda politik ve stratejik etkinliğe sahip olmasının önemini arttırmakta ve savunma kuvvetlerinin güçlü olmasını zorunlu kılmaktadır. Bu sebeplerle, Türkiye savunmasını güçlendirme ve bu sektörde yerli üretimi artırma politikasını yürütmektedir [1]. Günümüzde Savunma Sanayii Başkanlığı (SSB), savunma sanayinin çağdaş ve ileri teknolojiye sahip olması ve Türk Silahlı Kuvvetleri’nin modernizasyonu için kurulmuştur. SSB, Savunma Sanayii Destekleme Fonu ve kalkınma planları ile savunma projelerini desteklemekte ve yürütmektedir [1].

Türk savunma sanayisinde faaliyet gösteren firmalar nitelikli iş gücü ve üstün teknolojik altyapıları sayesinde, farklı savunma sanayi pazarlarında çok sayıda ülkenin yerel gereksinimlerini karşılayan küresel çözümler sunmaktadır. Türk savunma sanayi, faaliyet gösteren 3.000’e yakın firma ve 80.000’i aşkın çalışanıyla ülke ekonomisine en yüksek katkıyı sağlayan sektörlerden biri haline gelmiştir [1]. Faaliyet gösteren firmaların ürettikleri ürünler, SSB destekleriyle ve özel teşebbüslerin yatırımları ile yurt içi ve yurt dışında tüm operasyonlarda başarıyla kullanılmaktadır. Savunma sanayinin son yıllarda göstermiş olduğu başarılar sayesinde, Türk firmaları platform, sistem ve yeteneklerini yurtdışı pazarlarda gösterebilmiş ve ürünleri talep edilebilir hale gelmiştir. 230’a yakın savunma sanayi ürününün ihracatı 170 ülkeye yapılmaktadır. Geniş ürün çeşidi arasında İnsansız Hava Aracı (İHA), Silahlı Hava Aracı (SİHA), kara araçları, deniz platformları, hava araçları, mühimmatlar ve füze sistemleri en önemli ihracat kalemleridir [1].

Savunma firmalarının tüm savunma ve havacılık satışları Şekil 1’de gösterilmiştir ve sektör ile ilgili güncel bilgilere SSB’nin resmî sitesinden ulaşılabilir. Savunma ve havacılık cirosu 2002 yılında 1 milyar \$ iken, 2022 yılında yaklaşık 12 kat büyüyerek 12 milyar \$’a ulaşmıştır. Ayrıca savunma ve havacılık ihracat

hacmi, 2002 yılına nazaran 22 katın üstünde artarak 2023 yılında 5,545 milyar \$'a ulaşmıştır [1].

Türkiye'nin savunmasına önem vererek, devlet bütçesinin bir bölümünü savunma sektörüne ayırmasının çıktıları ise, Şekil 2'de gösterilen proje sayısı bilgisinden görülebilmektedir. Savunma projeleri 2022 yılında yalnızca 62 adet iken, 2024 yılında 17 kat artarak 1000'in üzerine çıktığı görülmektedir. Ayrıca, 2002 yılında toplam 5,5 milyar \$ bütçeye sahip savunma ve havacılık projeleri yönetilirken, 2024 yılında ihale süreci devam eden projeler de dâhil olmak üzere yaklaşık 17 kat bir artış yaşanmış ve proje hacmi toplam 96,3 milyar \$'a ulaşmıştır [1].



Şekil 1. Toplam savunma ve havacılık ciroosu



Şekil 2. Savunma projeleri

III. ÇÖZÜM YÖNTEMİ

Savunma sektörüne verilen önem ve destekler sayesinde sektörde yurt içinde hizmet veren şirketlerin sayısı artmaktadır. Bununla birlikte ana yüklenicinin yurt içi ya da yurt dışı şirketler içerisinde belirlediği ve kriterlerine uygun tedarikçileri seçip, tedarikçi ağına katması stratejik öneme sahiptir. Günümüzde küresel rekabet koşullarında hayatta kalabilmek için güçlü tedarik zincirinin oluşturulması şirketleri de güçlü kılmaktadır.

Tedarikçi seçim kararı verilirken, çok sayıda nitel ve nicel kriterin aynı anda değerlendirilip, bu kriterler arasında dengeli bir tercih yapılması gerekmektedir. Uygun tedarikçi seçilmesi ile firmanın başarısı, sürdürülebilirliği ve rekabet gücü artarken, uygun olmayan tedarikçi seçilmesi ile eksik siparişler, kalitesiz ürünler ve uygun ürün için hesaplanmayan maliyetler ortaya çıkmaktadır. Bu olumsuzluklar firmanın uzun dönem performansı üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır [2].

Tedarikçi seçim sürecinde, kararların verilmesi için ölçülebilir ve ölçülemeyen stratejik ve operasyonel kriterlerin aynı anda değerlendirilmesi ve çok sayıda kişinin karar verme sürecine dâhil edilerek ortak bir karara varılması açısından ÇKKV metodları uygulanmaktadır. ÇKKV ile, bilimsel yaklaşımlar göz önünde bulundurularak verilen kararlar, doğruya en yakın çözümleri sunmaktadır [3].

Bu çalışmada ele alınan tedarikçi seçimi problemi, çok sayıda ve çoğu zaman birbiriyle çelişen hem nicel hem nitel kriterlerin değerlendirilmesini gerektiren ÇKKV problemidir. Bu bağlamda, literatürde sıklıkla uygulanan ve karar vericilerin tercihlerini sistematik şekilde yansıtabilecek güçlü araçlar olan TOPSIS ve VIKOR yöntemleri tercih edilmiştir. Her iki yöntem de karar matrisindeki alternatifleri ideal çözüme olan uzaklık temelli analizlerle sıralar; ancak yaklaşım biçimleri farklıdır.

Alternatif yöntemler olan AHP ve Fuzzy AHP, kriterler arası karşılaştırmaların ikili karşılaştırma matrisi yoluyla yapılmasını gerektirir. Bu durum, kriter sayısı arttıkça karar vericiler için bilişsel yük oluşturabilir ve tutarsızlıklara yol açabilir. Ayrıca AHP, ağırlık belirleme odaklı bir yöntem olup alternatif sıralama konusunda sınırlıdır. Fuzzy AHP, belirsizlikleri modelleme açısından avantajlı olsa da, hesaplama süreci daha karmaşıktır ve uzmanlık gerektirir.

ELECTRE ve PROMETHEE gibi üstünlük temelli yöntemler, özellikle karar vericiler arasında çelişkili öncelikler olduğunda güçlüdür; ancak bu yöntemler eşik değerlerinin belirlenmesini zorunlu kılar. Bu eşiklerin sübjektif belirlenmesi, sonuçların tutarlılığını etkileyebilir. Ayrıca, bu yöntemlerin uygulanması genellikle daha karmaşıktır ve yazılım desteği gerektirir.

Buna karşın, TOPSIS ve VIKOR, karar matrisinin doğrudan normalize edilmesi ve ideal çözümlere uzaklık temelli sıralama yapmaları sayesinde hem uygulama kolaylığı sağlar hem de güçlü sezgisel temellere dayanır. VIKOR'un uzlaşma çözümü

yaklaşımı, grup kararlarında dengenin sağlanmasına olanak verirken; TOPSIS, pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklığı esas alarak pratik bir değerlendirme sunar. Bu iki yöntemin birlikte kullanılması, karar sürecinde hem en uygun çözüme yakınlığı hem de karar vericilerin uzlaşma düzeylerini dikkate alarak daha dengeli ve sağlam sonuçlar elde edilmesine olanak tanır.

Ayrıca, her iki yöntemin hesaplama adımlarının görece basit ve uygulanabilir olması, karar verici birimler açısından da pratiklik sunmaktadır. Literatürde savunma sanayiinde yapılan benzer çalışmalarda da TOPSIS ve VIKOR'un etkin şekilde kullanıldığı görülmektedir. Bu nedenle, çalışmamızda bu iki yöntemin birlikte kullanılması, problemin doğasına uygunluk ve literatürle uyum açısından uygun bulunmuştur. Yanı sıra hesaplama basitliği, sezgisel açıklık ve karar verici tercihlerini objektif olarak yansıtılma yetenekleri nedeniyle TOPSIS ve VIKOR yöntemleri tercih edilmiştir.

Çalışmada kullanılan kriterler (maliyet, zamanında teslim, kalite skoru vb.) sayısal ve objektif verilerden oluşmaktadır. Bu nedenle, klasik (deterministik) TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinin kullanımının yönetsel açıdan uygun olduğu değerlendirilmiştir. Karar verme sürecinde, kurumun satın alma biriminde görevli tek bir uzman karar verici yer almıştır. Grup kararı veya uzmanlar arası ağırlıklandırma yapılmamış, çalışma tekil karar verici bağlamında gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, çalışmada kullanılan veriler belirsizlik içermemekte, tamamı ölçülebilir ve sayısal verilerden oluşmaktadır. Bu durum, bulanık mantık tabanlı yöntemler yerine klasik ÇKKV yöntemlerinin (TOPSIS, VIKOR) tercih edilmesini desteklemiştir.

3.1. Tedarikçi Değerlendirme Kriterleri

Tedarikçi seçimi firmalar için kritik bir konu olduğu için literatürde de birçok araştırmaya konu olmuştur. Bu araştırmalara bakıldığında; tedarikçi seçim probleminin çözümünde yapılan en önemli çalışmanın Dickson'ın yapmış olduğu araştırma olduğu görülmektedir. Dickson, Amerika ve Kanada'da çalışan satın alma müdürleri arasından 273 yönetici ile anket yapmıştır. Bu anket sonucunda belirlenen kriterler Tablo 1'de gösterilmektedir. Dickson yapmış olduğu çalışmada 23 farklı kriter belirlemiş ve bu kriterleri önem sırasına göre gruplandırmıştır. Bu gruplar "Çok önemli", "Önemli", "Orta derecede önemli", "Az önemli" olarak sıralanmıştır. "Çok Önemli" olarak nitelenen kriterler; kalite, teslim tarihine uyum, geçmiş dönem performansı, garanti

politikası ve üretim tesisi ve kapasite olarak belirtilmiştir [4].

Dickson'ın tablosunda yer alan kriterlerin önem sırası sektörün ihtiyacına ve firmaların değerlendirdiği kriterlerin üretim sistemleri ile müşteri isteklerine göre farklılık gösterdiği unutulmamalıdır. Örnek vermek gerekirse tedarikçi seçimi düşük kârlı bir sektörde yapılırsa, maliyet en önemli kriterlerden biri olabilir [5].

Tablo 1. Dickson kriterleri

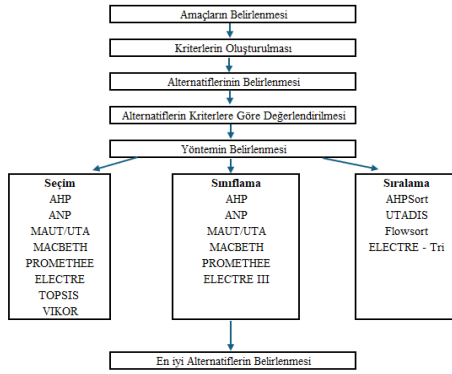
Sıra	Kriter	Sıra	Değerlend
1	Kalite	3,508	Çok önemli
2	Teslim tarihine	3,147	
3	Geçmiş dönem performansı	2,998	
4	Garanti politikası	2,849	Önemli
5	Üretim tesisi ve kapasite	2,775	
6	Fiyat	2,758	
7	Teknik yeterlilik	2,545	
8	Finansal durum	2,514	
9	Prosedüre uyum	2,488	
10	Kontrata uyum	2,426	
11	İletişim sistemi	2,412	
12	Endüstrideki yeri	2,256	
13	İş yapma isteği	2,216	
14	Yönetim ve organizasyonu	2,211	
15	Tamarin seviyesi	2,187	Orta derecede önemli
16	Tutum	2,120	
17	Görüşme sonrası	2,054	
18	Paketleme yeteneği	2,009	
19	İşçi ilişkileri	2,003	
20	Coğrafi yer	1,872	
21	Çeçmiş dönemde yapılan iş	1,597	
22	Ürün kullanım sonrası eğitim	1,537	
23	Karşılıklı	0,610	Az önemli

3.2. Tedarikçi Seçiminde Kullanılan ÇKKV Yöntemleri

ÇKKV, 1970 yılının başlarında yöneylem araştırması ve karar teorisi alanlarında kullanılmaya başlanmıştır. ÇKKV yöntemleri birden fazla ve birbirleriyle uyuşmayan kriterlerin bulunduğu karar problemlerinin çözümünde karar vermeye yardımcı olur. Bu sayede, büyük miktarda ve dağınık olan verilerin değerlendirilmesi sürecinde karar vericiye kolaylık sağlamaktadır [6].

Literatür incelendiğinde, tedarikçi seçim problemlerinde çok sayıda çok kriterli yöntemlerin kullanıldığı görülmektedir. Genellikle bu yöntemlerde, fayda veya maliyet içeren ve çoklu kriterlerin çözümlenmesi, modellenmesi ve uzlaşık çözümlerin

değerlendirilmesi amaçlarına yönelinmiştir. ÇKKV alanı; diğer bilim dalları ile etkileşim içerisinde kalarak, yeni yöntemler ortaya çıkmaya devam etmektedir [7]. ÇKKV süreci ve kullanılan yöntemler Şekil 3'te görüldüğü üzere; sınıflama, sıralama ve seçim olmak üzere üç temel başlık altında incelenmektedir [8].



Şekil 3. ÇKKV süreci ve yöntemleri

Uygulama kapsamında belirlenen tedarik seçim problemine ÇKKV yöntemlerinden TOPSIS ve VIKOR uygulanmış ve sonuçlarına yer verilmiştir.

Savunma sektörü, yüksek stratejik değer taşıması, uzun vadeli proje döngüleri ve sıkı güvenlik gereklilikleri nedeniyle, geleneksel tedarik ortamlarından oldukça farklılık göstermektedir.

Aşağıdaki özetlenen çalışmalar, savunma sanayiinde tedarikçi seçimi konusunda literatürdeki önemli boşlukları doldurmuş ve bu alandaki bilgi birikimine katkı sağlamıştır.

[9] Soygüder & Geçer (2023), savunma sanayiinde yüzey işleme tedarikçisi seçimi üzerine uygulamalı çalışma yapmış ve Bulanık AHP ile Bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanmıştır. [10] Evcioğlu & Kabak (2023), savunma sanayiinde tedarikçi değerlendirme için AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak yazılım tabanlı bir sistem geliştirmiştir. AHP, Bulanık TOPSIS ve SECA yöntemlerini kullanan [11] Rasmussen ve ark. (2023), havacılık ve savunma sanayiinde sürdürülebilirlik ve teknoloji kriterlerinin tedarikçi seçimindeki etkisini araştırmıştır. [12] Akpınar (2021), Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR yöntemlerini kullanarak gıda sektöründe tedarikçi seçimi üzerine bir çalışma yapmıştır. [13] Yalçın & Kılıç (2019), IF-AHP ve PROMETHEE yöntemlerini kullanarak çevresel faktörlerin tedarikçi seçimindeki rolü araştırmıştır. Her ne kadar son iki çalışma savunma sektörü dışına odaklanmış olsa da, tedarikçi seçimi karar problemlerinin farklı sektörlerde benzer ÇKKV

yaklaşımlarıyla ele alınabileceğini göstermesi açısından bu çalışma, savunma sanayi bağlamındaki bu araştırmaya metodolojik bir referans niteliğindedir.

Bu bağlamda literatürde, savunma sanayiine özgü tedarikçi seçim kriterlerinin sistematik biçimde belirlendiği ve ÇKKV yöntemleriyle değerlendirildiği çalışmalar oldukça sınırlıdır. Ayrıca TOPSIS ve VIKOR gibi yöntemlerin savunma sektöründe karşılaştırmalı analizinin yapıldığı kapsamlı uygulamalara rastlanmamaktadır.

Bu çalışmanın özgün katkısı; iki farklı ÇKKV yönteminin (TOPSIS ve VIKOR) bu bağlamda uygulanması ve yöntemlerin sonuçlarının karşılaştırmalı biçimde analiz edilmesidir. Gerçek bir tedarik sürecinden alınan verilerle yapılan bu uygulama, literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır.

3.2.1. TOPSIS yöntemi ve adımları

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) 1980 senesinde Hwang ve Yoon tarafından ortaya konmuştur. Bu yöntemin temel işleyişi seçeneklerin ideal çözüme olan yakınlıklarına dayanmaktadır ve alternatiflerin, ideal/negatif ideal çözüm noktalarına olan mesafelerini hesaplayarak çalışmaktadır. Alternatifler arasında, pozitif ideal sonuca en yakın olan ve negatif ideal sonuca en uzak olan alternatif, en iyi seçenek olarak kabul edilmektedir. Ancak belirlenen en iyi alternatif, her zaman pozitif ideal sonuca en yakın ya da negatif ideal sonuca en uzak olmayabilir. Bu durumda negatif ideal çözümlerin optimum kriter değerleri en azdır, optimum kriter değerlerinden oluşan veriler ise ideal çözümlerdir [14].

TOPSIS yönteminin özellikleri şu şekilde sıralanabilir [15]: i) içeriği anlaşılabilir, ii) hesaplanması kolaydır, iii) basit bir formül ile alternatifler arasındaki ilişki kurulabilir, iv) alternatifler, belirlenmiş olan kriterler ve bu kriterlerin maksimum, minimum değerlerinde ideal pozisyona göre karşılaştırılabilir.

Adım 1: Karar Matrisi

Karar matrisinde alternatifler (m) satırlarda bulunurken, kriterler (n) ise sütunlarda bulunmaktadır ve $m \times n$ boyutunda Eşitlik (1) ile gösterilen matris yapısal olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

$$A_{ij} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Adım 2: Karar Matrisinin Normalizasyonu

Hesaplama hatalarını önlemek amacıyla, karar matrisinin standart hale getirilmesi gerekmektedir. Karar matris sütunundaki her bir a_{ij} , Eşitlik (2)'deki gibi sütun değerlerindeki a_{ij} 'lerin kareleri toplamının kareköküne bölünerek, Eşitlik (3)'te yer alan normalize karar matrisi N_{ij} elde edilmektedir.

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad \begin{matrix} i=1,\dots,m; \\ j=1,\dots,n \end{matrix} \quad (2)$$

$$N_{ij} = \begin{pmatrix} n_{11} & n_{12} & \dots & n_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ n_{m1} & n_{m2} & \dots & n_{mn} \end{pmatrix} \quad (3)$$

Adım 3: Normalize Matrisin Ağırlıklandırılması

Kriterlerin ağırlık değerlerinin ($w_i, i=1,2,\dots,n$) toplamı 1 olacak şekilde belirlenmektedir. Normalize karar matrisinde bulunan değerler (n_{ij}), Eşitlik (4) uyarınca o sütuna ait ağırlık (w_i) ile çarpılıp, Eşitlik (5)'teki normalize karar matrisi (V) elde edilmektedir.

$$v_{ij} = w_i * n_{ij} \quad (4)$$

$$V = \begin{pmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mn} \end{pmatrix} \quad (5)$$

Adım 4: İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Değerlerinin Belirlenmesi

Eğer kriter eniyisi-enbüyük olan ise, o sütundaki en büyük değer ideal değer, en küçük değer ise negatif ideal çözüm değeri olarak belirlenmektedir. Fakat kriter eniyisi-enbüyük olan ise, o sütundaki değerlerden en küçük değer ideal değer, en büyük değer ise negatif ideal çözüm değeri olarak belirlenmektedir. İdeal (A^+)/negatif ideal (A^-) değerler aşağıda Eşitlik (6) ve (7)'de gösterilmektedir.

$$A^+ = \left\{ \max_{v_{ij}} \|j = 1, \dots, n; i = 1, \dots, m\right\} \\ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\} \quad (6)$$

$$A^- = \left\{ \min_{v_{ij}} \|j = 1, \dots, n; i = 1, \dots, m\right\} \\ = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \quad (7)$$

Adım 5: İdeal ve Negatif İdeal Noktalara Olan Uzaklıkların Bulunması

İdeal ve negatif ideal noktalara olan uzaklık, öklid uzaklığı hesaplanmaktadır. Her bir alternatifin ideal çözümünden uzaklığı S_i^+ , negatif ideal çözüme uzaklığı ise S_i^- olarak gösterilmekte ve Eşitlik (8)-(9) ile hesaplanmaktadır.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (8)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (9)$$

Adım 6: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Belirlenmesi ve Alternatiflerin Sıralaması

Alternatif i 'nin ideal çözüme göreli mesafe değeri $[0,1]$ aralığındadır. C_i^+ Eşitlik (10) ile hesaplanmaktadır. $C_i = 0$ durumunda i 'nin negatif ideal çözüme, $C_i = 1$ durumunda ise i 'nin pozitif ideal çözüme yaklaştığı yorumu yapılmaktadır. Alternatiflerin C_i değerleri büyükten küçüğe sıralanarak, tercih sıralaması belirlenmektedir [16].

$$C_i^+ = S_i^- / (S_i^+ + S_i^-) \quad 0 \leq C_i \leq 1 \quad (10)$$

3.2.2. VIKOR yöntemi ve adımları

Opricovic tarafından 1998 senesinde geliştirilen VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemi, ölçülemeyen ve çelişkili kriterlerin olması durumunda problemin çözümlenmesinde kullanılmaktadır. Birden çok alternatif arasında sıralama ve seçim yapılmasını sağlayan VIKOR yöntemi, karar vericilerin kullanacakları çelişkili kriterleri değerlendirerek, ideale en yakın uzlaşık sonuçları belirlemektedir. Bu yöntem çoğunluğun grup faydasını enbüyüklemeyi yanı sıra rakiplerin bireysel pişmanlığını enküçüklemeyi hedeflemektedir. Hesaplamaları basit ve anlaşılabilir yapıda olduğu için yaygın kullanıma sahiptir [17].

Adım 1: Karar Matrisi

Karar matrisinde alternatifler (m) satırlarda, kriterler (n) ise sütunlarda bulunmaktadır ve $m \times n$ boyutundaki karar matrisi daha önce verilen Eşitlik (1)'de gösterilmektedir.

Adım 2: Kriterler İçerisinde En İyi (f_i^+) ve En Kötü (f_i^-) Değerlerin Bulunması

Karar matrisindeki kriterlerin amaca yönelik etkisinin fayda ya da maliyet yönünde olup olmamasına göre kullanılacak eşitlik değişikliği göstermektedir. Eşitlik (11) ve (12)'e göre f_i^+ ve f_i^- değerleri hesaplanmaktadır.

- Kriterin amaç üzerinde etkisi fayda yönünderse kullanılacak eşitlik;

$$\begin{aligned} f_i^+ &= \max_i x_{ij} \\ f_i^- &= \min_i x_{ij} \end{aligned} \quad (11)$$

- Kriterin amaç üzerinde etkisi maliyet yönünderse kullanılacak eşitlik;

$$\begin{aligned} f_i^+ &= \min_i x_{ij} \\ f_i^- &= \max_i x_{ij} \end{aligned} \quad (12)$$

Adım 3: Karar Matrisinin Normalizasyonu

Karar matrisini oluşturan verilerin karşılaştırılabilir olabilmesi için doğrusal normalizasyon işlemi uygulanarak, Eşitlik (14)'teki R normalize matris elde edilmektedir. Normalize karar matrisinin elemanları r_{ij} ile gösterilmekte olup, aşağıdaki Eşitlik (13)'e göre hesaplanmaktadır.

$$r_{ij} = \frac{f_i^+ - x_{ij}}{f_i^+ - f_i^-} \quad (13)$$

$$R_{ij} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{pmatrix} \quad (14)$$

Adım 4: Normalize Karar Matrisinin Ağırlıklandırılması

Normalize karar matrisindeki r_{ij} değerleri, Eşitlik (15)'e göre kriter ağırlığı w_i ile çarpılıp, ağırlıklandırılır ve Eşitlik (5)'te ki gibi V matrisi elde edilir.

$$v_{ij} = r_{ij} * w_j \quad (15)$$

Adım 5: S_i ve R_i Değerlerinin Hesaplanması

Alternatifler (i) için Eşitlik (16)'da hesaplanan S_i değerleri ortalamayı gösterirken, Eşitlik (17)'de R_i değerleri ise en kötü değerleri ifade etmektedir.

$$S_i = \sum_{j=1}^n V_{ij} \quad (16)$$

$$R_j = \max_j V_{ij} \quad (17)$$

Adım 6: Q_i Değerlerinin Hesaplanması

Q_i değerlerinin Eşitlik (18) ve (19)'a göre hesaplanmasında;

- S_i ve R_i değerlerine bakılarak içlerindeki en büyük değer S^- olarak, en küçük değer ise S^+ olarak bulunmaktadır.
- q değeri, grubun en yüksek faydayı elde etmesini sağlayan strateji ağırlığını temsil etmektedir. $(1-q)$ değeri ise karşıt görüşte olanların en küçük pişmanlık seviyesini temsil etmektedir.

Uzlaşma şu şekilde sınıflandırılmaktadır: i) $q > 0,5$ “çoğunluk oyu”, ii) $q = 0,5$ “konsensus”, iii) $q < 0,5$ “veto” olarak ifade edilmektedir.

Literatür incelendiğinde q değerinin genel olarak 0,5 alındığı görülmüştür, bu nedenle uygulama kapsamında da $q = 0,5$ olarak alınmıştır [16].

$$\begin{aligned} S^+ &= \min_i S_i, S^- = \max_i S_i, \\ R^+ &= \min_i R_i, R^- = \max_i R_i \end{aligned} \quad (18)$$

$$Q_i = \frac{q * (S_i - S^+)}{S^- - S^+} + \frac{(1 - q) * (R_i - R^+)}{R^- - R^+} \quad (19)$$

Adım 7: Alternatiflerin Sıralanması ve Koşulların Sınanması

Hesaplamalar sonucu ortaya çıkan S_i , R_i ve Q_i verileri sıralanmaktadır. Bu sıralamanın küçükten büyüğe yapılması gerekmektedir ve bu sıralamaya göre alternatiflerin 3 farklı sıralaması ortaya çıkmaktadır. Sıralamaların doğruluk kontrolünün yapılması gerekmektedir. En az Q_i değerine sahip olan alternatif için aşağıda detayları bulunan kabul edilebilir avantaj ve istikrar şartlarını sağlayıp sağlamadığı kontrolünün yapılması gerekmektedir.

Şart 1: Kabul Edilebilir Avantaj

Kabul edilebilir avantaj şartı Eşitlik (20) ve (21)'in sağlanmasını gerektirir. Sıralanan Q_i değerlerinde ilk sıradaki A^1 alternatifi, ikinci sıradaki ise A^2 alternatifi ifade eder. Alternatif sayısının 4'ten az olduğu karar problemlerinde $DQ = 0,25$ alınması gerekmektedir [18].

$$Q(A^2) - Q(A^1) \geq DQ \quad (20)$$

$$DQ = \frac{1}{n - 1} \quad (21)$$

Şart 2: Kabul Edilebilir İstikrar

Sıralanan Q_i değerlerinde ilk sıradaki A^1 alternatifi, küçükten büyüğe doğru sıralanan S ve/veya R değerlerinde en küçük değere sahip ise en iyi alternatiftir. Uzlaşık çözümün istikrarlı olduğuna, bu koşulun sağlanması ile karar verilmektedir. Bu iki şartlardan birinin sağlanamaması durumunda;

- a) Şart 2 sağlanmazsa, her ne kadar A^1 'in nispi bir avantajı olsa da karar vermede tutarsızlık olduğu için, hem A^1 hem de A^2 alternatifleri uzlaşık çözümdür.
- b) Şart 1 sağlanmazsa, $A^1, A^2, \dots, A^m$ tüm alternatifler uzlaşık çözüm kümesindedir ve Eşitlik (22)'yi sağlayan tüm alternatifler çözüm olarak alınmaktadır. Uzlaşık çözüm kümesi dâhilinde en küçük değere sahip Q değeri en iyi alternatiftir [19].

$$Q(A^m) - Q(A^1) < DQ \quad (22)$$

Hem TOPSIS hem de VIKOR, ÇKKV metotları içerisinde anlaşılması kolay, Excel yardımı ile nitel ve nicel verilerin kolaylıkla hesaplanmasına olanak sağlamaktadır. Tek başlarına kullanılabilecekleri gibi, diğer yöntemlerle bütünleşik olarak da kullanıldığı literatürde görülmektedir.

VIKOR ve TOPSIS metotlarını birbirinden ayıran özelliklerine bakılacak olursa; farklı normalizasyon yöntemleri ve toplama işlevlerine sahiptir. TOPSIS yöntemi riskten kaçan karar vericiler için uygun bir yöntemdir. VIKOR yönteminde nihai karar sonuçlarında 0'a en yakın değeri alan alternatif, en uygun alternatif olarak belirlenmektedir. TOPSIS yönteminin nihai sıralamasından farklılık göstermektedir [17].

IV. HESAPLAMALI SONUÇLAR

Uygulama yapılan firma, savunma sektöründe üretim, bakım ve satış sonrası hizmetleri ile ulusal ve uluslararası platformlarda 40 yıldır hizmet veren bir firmadır. Bu sektörde ileri teknolojiye sahip ve AS 9100 Havacılık ve Savunma Sanayi Kalite Yönetim Sistemi belgesi kalite gereksinimlerini karşılamaktadır. Firma üretim yapacağı yeni proje kapsamında, kapasitesini aşan mekanik parçalar için yurt içi ve yurt dışı tedarikçilerden teklif alıp, gelen tekliflerden uygun tedarikçileri seçmeyi hedeflemiştir. Proje kapsamında tedarikçilerden sağlanacak ürünün özelliği; mekanik, hidrolik testler ve özel prosesler dâhil bitmiş üründür. Bu ürünün kapsamı bilgi güvenliği gereksinimlerini

karşıladığı için tedarikçi ile Gizlilik Sözleşmesi imzalanması gerekmektedir. Ayrıca tedarikçilerin ön koşul olarak aşağıdaki standartları sağlaması gerekmektedir:

- 10 yıldan fazla faaliyet gösteren üretim işletmesi olmalı,
- Çalışan sayısı ortalama 30-200 olmalı,
- AS 9100 Kalite Yönetimi Sistemi veya ISO EN9100 Havacılık ve Savunma Sanayi Kalite Yönetim Sistemi belgesine sahip olmalı.

4.1.Şirket Tedarikçi Seçim Prosedürü

4.1.1. Şirket prosedüründeki kriterler

Uygulama kapsamında, savunma sektöründe faaliyet gösteren bir firma için öne çıkan kriterler, firmanın yayınladığı “Kaynak Seçimi, Yan Sanayi Seçme ve Değerlendirme Prosedürü” incelenerek belirlenmiş ve 5 kriter olduğu tespit edilmiştir. Bu kriterlerin içerikleri aşağıda sunulmuştur.

Zamanında Teslimat (ZT): Üretici firmanın verilen işleri teslimat tarihine uygun bir şekilde yapıp yapmadığını ölçmektedir. Bu ölçü değeri şirketin Kurumsal Kaynak Planlama (ERP) sisteminde hesaplanmaktadır. Tablo 1 Dickson Kriterleri'nde Teslim Tarihine Uyum adı ile 2. sırada yer almaktadır.

Teslim Edilen Miktar (M): Üretici firmanın verilen işlerin ne kadarını teslim edip etmediğini ölçmektedir. Bu ölçü değeri şirketin ERP sisteminde hesaplanmaktadır. Tablo 1 Dickson Kriterleri'nde bulunmamaktadır.

Kalite (K): 1 milyondaki hatalı parça sayısı (Defective Parts Per Million - dppm) yani hatalı üretilen parça sayısı ile toplam kabul edilen parça sayısı oranının 1.000.000 ile çarpılması ile hesaplanmaktadır. Bu ölçü değeri şirketin ERP sisteminde hesaplanmaktadır. Tablo 1 Dickson Kriterleri'nde 1. sırada yer almaktadır.

Paketleme (P): Teslim edilen ürünlerin paketlemelerinin uygun olup olmadığını ölçmektedir. Paketleme puanı, herhangi bir uygunsuz ambalajın alınması veya gözlemlenmesi durumunda tesellüm personeli tarafından ERP sistemine girilmektedir. Tablo 1 Dickson Kriterleri'nde Paketleme Yeteneği adı ile 18. sırada yer almaktadır.

İletişim (İ): Tedarikçinin iletişim kabiliyetinin yeterli olup olmadığını ölçmektedir. İletişim puanı, dönem içerisinde herhangi bir yetersiz iletişim ya da iletişim eksikliği gözlemlenmesi durumunda lojistik personeli tarafından ERP sistemine girilmektedir. Tablo 1 Dickson Kriterleri'nde İletişim Sistemi adı ile 11. sırada yer almaktadır.

4.1.2. Şirket prosedürüne göre tedarikçi seçimi

Şirketin yayınlamış olduğu prosedürde yer alan ve tedarikçi puanı (TP) hesaplamada kullanılan değerlendirme formülü Eşitlik 23'te yer almaktadır. Firma kriter puanını (ZT, M, K, P, İ) 0-100 arasında belirleyip tedarikçi seçimini bu eşitliğe göre hesapladığı tedarikçi puanlarını kullanarak yapmaktadır.

$$TP = 0,30 * K + 0,30 * ZT + 0,10 * P + 0,10 * İ + 0,20 * M \quad (23)$$

4.1.3. Şirket prosedürüne göre tedarikçilerin sıralanması

Uygulama kapsamında firmanın ERP sistemine bakıldığında, Tablo 2'de bulunan 10 adet tedarikçinin ön koşullardan geçtiği belirlenmiş ve bu tedarikçiler ardışık sayılar ile kodlanmıştır. Aynı tabloda şirketin yayınlamış olduğu prosedürde yazılı olan 5 kriter de gösterilmektedir.

Tablo 2. Alternatif ve kriter puanları

Tedarikçi	K	ZT	P	İ	M
T1	76	70	90	90	90
T2	100	75	90	80	100
T3	90	90	90	90	60
T4	100	60	100	90	100
T5	100	90	50	100	90
T6	100	65	80	70	80
T7	85	95	90	80	90
T8	90	70	90	100	80
T9	75	55	90	90	90
T10	78	70	100	90	100

Uygulama kapsamında şirketin prosedüründe bulunan Eşitlik (23)'e göre 10 tedarikçiye ait tedarikçi puanları ve sıralamaları Tablo 3'te yer almaktadır.

Sonuç olarak, firmanın tedarikçileri T5, T2, T7, T4, T3, T10, T8, T6, T1, T9 olarak sıralaması gerektiği ortaya

çıkmiştir. Tek tedarikçi ile çalışmak isterse, T5 tedarikçisi ile çalışması uygun görülmektedir.

4.1.4. TOPSIS ile tedarikçilerin sıralanması

TOPSIS yöntemi firma prosedüründe yer alan 5 kriter kullanılarak uygulanmıştır. Eşitlik (23)'teki kriterlerin katsayıları, bu kriterlerin ağırlıkları olarak kullanılmıştır. TOPSIS yöntemi uygulama adımları aşağıda gösterilmektedir.

Tablo 3. Tedarikçi puanları ve sıralama

Tedarikçi	Tedarikçi Puanı	Sıralama
T1	79.80	9
T2	89.50	2
T3	84	5
T4	87	4
T5	90	1
T6	80.50	8
T7	89	3
T8	83	7
T9	75	10
T10	83.40	6

Adım 1: Karar Matrisi

Ön incelemeden geçen 10 adet tedarikçiden ve şirketin prosedüründeki 5 kriterden oluşan karar matrisi Tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4. TOPSIS karar matrisi

Alternatifler	Kriter Tipi/Ağırlık				
	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda
	0.3	0.3	0.1	0.1	0.2
	Kriterler				
	K	ZT	P	İ	M
T1	76	70	90	90	90
T2	100	75	90	80	100
T3	90	90	90	90	60
T4	100	60	100	90	100
T5	100	90	50	100	90
T6	100	65	80	70	80
T7	85	95	90	80	90
T8	90	70	90	100	80
T9	75	55	90	90	90
T10	78	70	100	90	100

Adım 2: Karar Matrisinin Normalizasyonu

Önceki adımda elde edilen karar matrisi kullanılarak Eşitlik (2)'ye göre hesaplanan normalize karar matrisi Tablo 5'te yer almaktadır.

Adım 3: Normalize Matrisin Ağırlıklandırılması

2. adımda elde edilen matris Eşitlik (4) kullanılarak ağırlıklandırılmıştır ve Tablo 6'da gösterilmektedir.

Adım 4: İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Değerlerinin Belirlenmesi

İdeal ve negatif ideal çözümler Eşitlik (6) ve (7)'ye göre hesaplanmış ve Tablo 7'de verilmiştir. Tüm kriterler fayda yönlü olduğundan ideal çözüm değerleri en büyük değerlerden oluşmuştur.

Tablo 5. Normalize karar matrisi

Alternatifler	Kriter Tipi/Ağırlık				
	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda
	0.3	0.3	0.1	0.1	0.2
Kriterler					
	K	ZT	P	İ	M
T1	0.267	0.295	0.323	0.322	0.321
T2	0.352	0.316	0.323	0.286	0.356
T3	0.316	0.379	0.323	0.322	0.214
T4	0.352	0.253	0.359	0.322	0.356
T5	0.352	0.379	0.180	0.358	0.321
T6	0.352	0.274	0.287	0.250	0.285
T7	0.299	0.400	0.323	0.286	0.321
T8	0.316	0.295	0.323	0.358	0.285
T9	0.264	0.232	0.323	0.322	0.321
T10	0.274	0.295	0.359	0.322	0.356

Tablo 6. Ağırlıklı normalize karar matrisi

Alternatifler	Kriter Tipi/Ağırlık				
	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda
	0.3	0.3	0.1	0.1	0.2
Kriterler					
	K	ZT	P	İ	M
T1	0.080	0.088	0.032	0.032	0.064
T2	0.105	0.095	0.032	0.029	0.071
T3	0.095	0.114	0.032	0.032	0.043
T4	0.105	0.076	0.036	0.032	0.071
T5	0.105	0.114	0.018	0.036	0.064
T6	0.105	0.082	0.029	0.025	0.057
T7	0.090	0.120	0.032	0.029	0.064
T8	0.095	0.088	0.032	0.036	0.057
T9	0.079	0.069	0.032	0.032	0.064
T10	0.082	0.088	0.036	0.032	0.071

Tablo 7. İdeal ve negatif ideal çözüm değerleri

Kriterler					
	K	ZT	P	İ	M
A+	0.105	0.120	0.036	0.036	0.071
A-	0.079	0.069	0.018	0.025	0.043

Adım 5: İdeal ve Negatif İdeal Noktalara Olan Uzaklıkların Hesaplanması

Eşitlik (8) ve (9)'a göre hesaplanan uzaklıklar Tablo 8'de paylaşılmıştır.

Adım 6: İdeal Çözüme Göreli Yakınlık Belirlenmesi ve Tercih Sıralaması

Eşitlik (10)'a göre hesaplanan yakınlık katsayıları ve tedarikçilerin bu katsayılarla göre büyükten küçüğe

sıralaması Tablo 8'de verilmiştir. Maksimum fayda analizine göre tedarikçiler arasında sıralama T7, T5, T2, T3, T10, T4, T8, T6, T1, T9 olarak elde edilmiştir.

Tablo 8. Alternatiflerin göreli uzaklıkları

Alternatifler	S_i^+	S_i^-	C_i	Sıralama
T1	0.041	0.033	0.442	9
T2	0.027	0.049	0.647	3
T3	0.031	0.050	0.612	4
T4	0.044	0.044	0.497	6
T5	0.020	0.057	0.736	2
T6	0.042	0.034	0.446	8
T7	0.019	0.058	0.752	1
T8	0.036	0.034	0.481	7
T9	0.058	0.027	0.317	10
T10	0.039	0.039	0.501	5

4.1.5. VIKOR ile tedarikçilerin sıralanması

İkinci olarak VIKOR yöntemi firma prosedüründe yer alan 5 kriter kullanılarak uygulanmıştır. . Eşitlik (23)'teki kriterlerin katsayıları, VIKOR yönteminde kriter ağırlıkları olarak kullanılmıştır. VIKOR yöntemi uygulama adımları aşağıda gösterilmektedir.

Adım 1: Karar Matrisi

VIKOR'da kullanılan karar matrisi TOPSIS yöntemindeki ile aynıdır ve daha önce Tablo 3'te verilmiştir.

Adım 2: Kriterler İçerisinde En İyi (F_i^+) ve En Kötü (F_i^-) Değerlerin Bulunması

Kriterlerin amaç üzerine etkileri fayda yönünde olduğu için Eşitlik (12) kullanılarak hesaplanan f^+ ve f^- değerleri Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. En iyi ve en kötü değerler

Kriterler					
	K	ZT	P	İ	M
f^+	100	95	100	100	100
f^-	75	55	50	70	60

Adım 3, 4, 5: Normalize Karar Matrisi, Ağırlıklandırılması, S_i ve S_i Değerleri

Eşitlik (13)'e göre normalize edilen karar matrisi, daha sonra Eşitlik (15)'e göre ağırlıklandırılmıştır. S_i ve R_i değerleri ise Eşitlik (16) ve Eşitlik (17)'ye göre hesaplanmış ve Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. S_i ve R_i değerleri

Alternatifler	Kriter Tipi/Ağırlık					S_i	R_i
	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda		
	0.3	0.3	0.1	0.1	0.2		
	Kriterler						
	K	ZT	P	İ	M		
T1	0.288	0.188	0.020	0.033	0.050	0.579	0.288
T2	0.000	0.150	0.020	0.067	0.000	0.237	0.150
T3	0.120	0.038	0.020	0.033	0.200	0.411	0.200
T4	0.000	0.263	0.000	0.033	0.000	0.296	0.263
T5	0.000	0.038	0.100	0.000	0.050	0.188	0.100
T6	0.000	0.225	0.040	0.100	0.100	0.465	0.225
T7	0.180	0.000	0.020	0.067	0.050	0.317	0.180
T8	0.120	0.188	0.020	0.000	0.100	0.428	0.188
T9	0.300	0.300	0.020	0.033	0.050	0.703	0.300
T10	0.264	0.188	0.000	0.033	0.000	0.485	0.264

Adım 6: Q_i Değerlerinin Hesaplanması

Eşitlik (18)'e göre S^+ , S^- , R^+ , R^- değerleri sırasıyla, 0,188, 0,703, 0,100 ve 0,300 olarak bulunmuştur. q değeri (literatürde genel olarak 0,50 alındığı için) uygulama kapsamında $q=0,5$ olarak alınmış ve Eşitlik (18) ve (19) kullanılarak, Q_i değerleri hesaplanmış ve Tablo 11'de gösterilmiştir.

Tablo 11. VIKOR Q_i değerleri

Alternatifler	S_i	R_i	Q_i ($q=0,50$)
T1	0.579	0.288	0.849
T2	0.237	0.150	0.173
T3	0.411	0.200	0.466
T4	0.296	0.263	0.511
T5	0.188	0.100	0.000
T6	0.465	0.225	0.581
T7	0.317	0.180	0.325
T8	0.428	0.188	0.451
T9	0.703	0.300	1.000
T10	0.485	0.264	0.698

Adım 7: Alternatiflerin Sıralanması ve Koşulların Sınanması

Alternatifler ayrı ayrı S_i , R_i ve Q_i 'ye göre sıralanmış ve koşul sınamaları ile birlikte Tablo 12'de verilmiştir.

Tabloda, $q=0,50$ alınarak bulunan Q_i değeri sıralamasına göre ilk sırada yer alan alternatif, her iki koşulu birlikte sağladığı için bu değerlerin sıralamasına göre tedarikçi seçimi yapılması anlamlıdır. Bu durumda firma VIKOR yöntemine göre tedarikçileri T5, T2, T7, T8, T3, T4, T6, T10, T1, T9 sıralaması ile seçmelidir. Firma tek tedarikçi ile çalışmak isterse VIKOR yöntemine göre T5 tedarikçisini seçmesi uygun olacaktır.

Tablo 12. Alternatiflerin sıralanması

Alternatifler	Sıralama		
	S_i	R_i	Q_i ($q=0,50$)
T1	9	9	9
T2	2	2	2
T3	5	5	5
T4	3	7	6
T5	1	1	1
T6	7	6	7
T7	4	3	3
T8	6	4	4
T9	10	10	10
T10	8	8	8
$Q(A^2)$			0.173
$Q(A^1)$			0.000
$Q(A^2)-Q(A^1)$			0.173
$DQ=1/(10-1)$			0.111
1. KOŞUL			Sağlandı
2. KOŞUL			Sağlandı

4.2. Ek Kriterlerin İncelenmesi

Literatür incelendiğinde, tedarikçi seçimi problemlerinde sıklıkla kullanılan kriterlerin, Dickson Kriterleri (Tablo 1) kapsamında yer aldığı ve seçim sürecinde önemli rol oynadığı değerlendirilmiştir. Bu kriterler, firma yetkilileri ile yapılan görüşmeler doğrultusunda ele alınmış; firma, ideal çözüme ulaşabilmek amacıyla deneyimli personellerle projenin yürütülmesine olanak sağlamıştır. Proje kapsamında, şirkette en az 5 yıl deneyime sahip 3 personele seçim sürecinde önemli olduğunu düşündükleri kriterler sorulmuş ve literatürde yer alan kriterler kendilerine seçenek olarak sunulmuştur. Personeller, oy birliğiyle, Üretim Kapasitesi ve Fiyat kriterlerinin seçim sürecine

dahil edilmesinin faydalı olacağını belirtmiştir. Bu kriterlere ilişkin detaylı bilgilere aşağıda yer verilmiştir.

Üretim Kapasitesi (ÜK): Bu kriter, tedarikçi firmanın gerçekleştireceği üretim faaliyeti için sahip olduğu uygun tezgâh sayısını ifade etmektedir. Üretim sürecinde oluşabilecek arızalara karşı, üretimin yedek tezgâhlar aracılığıyla kesintisiz devam edebilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Tezgâh sayısına ilişkin bilgiler, ön değerlendirme sürecinde tedarikçiye yöneltilen sorular aracılığıyla elde edilmekte ve ERP sistemine kaydedilmektedir. Tedarikçi firmalar, tezgâh sayısında herhangi bir değişiklik olması durumunda bu durumu firmaya bildirmekle yükümlüdür; bu yükümlülük, yapılan sözleşmelerle güvence altına alınmıştır. Söz konusu kriter, Dickson'ın Kriterleri (Tablo 1) arasında 'Üretim Tesisi ve Kapasitesi' başlığı altında 5. sırada yer almaktadır.

Fiyat (F): Bu kriter, tedarikçilerin teklifleri kapsamında sundukları fiyatları ifade etmektedir. Dickson Kriterleri içerisinde (Tablo 1) 6. sırada yer almaktadır.

Bahsi geçen kriterler mevcut kriter setine eklenerek, TOPSIS ve VIKOR çok kriterli karar verme yöntemleri yeniden uygulanmıştır. Tüm kriterlerin ağırlıkları, projeye katkı sağlayan ve en az 5 yıllık deneyime sahip üç personelin ortak görüşü doğrultusunda belirlenmiştir. Belirlenen ağırlıkların toplamı, çok kriterli karar verme yöntemlerinin gerekliliklerine uygun olarak 1'e eşittir.

4.2.1. TOPSIS yöntemi ile tedarikçilerin yeniden sıralanması

Firmanın prosedüründe belirlenen 5 kriterin yanı sıra 2 ek kriter dahil edilerek, toplamda 7 kriter ile TOPSIS hesaplamaları yeniden yapılmıştır.

Adım 1: Karar Matrisi

Ön koşullardan geçen 10 tedarikçi ve 7 kriterden oluşan karar matrisi aşağıda bulunan Tablo 13'de verilmiştir. Matristeki değerlere ERP'den ulaşılmış olup, ağırlıklar Bölüm 4.2'de belirtildiği gibi yetkili personeller tarafından belirlenmiştir. Ayrıca kriterlerin amaç üzerine fayda ve maliyet yönleri dikkate alınarak TOPSIS yöntemi uygulanmıştır.

Tablo 13. TOPSIS karar matrisi (Ek kriterler ile birlikte)

Alternatifler	Kriter Tipi/Ağırlık						
	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Maliyet
	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
	Kriterler						
	K	ZT	P	İ	M	ÜK	F
T1	76	70	90	90	90	4	536
T2	100	75	90	80	100	6	658
T3	90	90	90	90	60	4	735
T4	100	60	100	90	100	8	584
T5	100	90	50	100	90	10	825
T6	100	65	80	70	80	6	590
T7	85	95	90	80	90	10	960
T8	90	70	90	100	80	4	560
T9	75	55	90	90	90	8	963
T10	78	70	100	90	100	6	836

Adım 2: Karar Matrisinin Normalizasyonu

Karar matrisinden eşitlik (2)'ye göre hesaplanan Normalize Karar Matrisi aşağıdaki Tablo 14'te yer almaktadır.

Adım 3: Normalize Matrisin Ağırlıklandırılması

Adım 2 sonucunda elde edilen matris değerleri kriter ağırlıklarına göre, Eşitlik (4) uygulanarak,

ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi Tablo 15'te gösterilmiştir.

Adım 4: İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Değerlerinin Belirlenmesi

Eşitlik (6) ve (7)'ye göre hesaplanan ideal ve negatif ideal çözüm kümeleri aşağıda Tablo 16'da bulunmaktadır.

Tablo 14. Normalize karar matrisi (Ek kriterler ile birlikte)

Alternatifler	Kriter Tipi/Ağırlık						
	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Maliyet
	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
	Kriterler						
	K	ZT	P	İ	M	ÜK	F
T1	0.267	0.295	0.323	0.322	0.321	0.182	0.229
T2	0.352	0.316	0.323	0.286	0.356	0.273	0.281
T3	0.316	0.379	0.323	0.322	0.214	0.182	0.314
T4	0.352	0.253	0.359	0.322	0.356	0.364	0.249
T5	0.352	0.379	0.180	0.358	0.321	0.455	0.352
T6	0.352	0.274	0.287	0.250	0.285	0.273	0.252
T7	0.299	0.400	0.323	0.286	0.321	0.455	0.410
T8	0.316	0.295	0.323	0.358	0.285	0.182	0.239
T9	0.264	0.232	0.323	0.322	0.321	0.364	0.411
T10	0.274	0.295	0.359	0.322	0.356	0.273	0.357

Tablo 15. Ağırlıklı normalize karar matrisi (Ek kriterler ile birlikte)

Alternatifler	Kriter Tipi/Ağırlık						
	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Maliyet
	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
	Kriterler						
	K	ZT	P	İ	M	ÜK	F
T1	0,053	0,059	0,032	0,032	0,032	0,018	0,046
T2	0,070	0,063	0,032	0,029	0,036	0,027	0,056
T3	0,063	0,076	0,032	0,032	0,021	0,018	0,063
T4	0,070	0,051	0,036	0,032	0,036	0,036	0,050
T5	0,070	0,076	0,018	0,036	0,032	0,045	0,070
T6	0,070	0,055	0,029	0,025	0,028	0,027	0,050
T7	0,060	0,080	0,032	0,029	0,032	0,045	0,082
T8	0,063	0,059	0,032	0,036	0,028	0,018	0,048
T9	0,053	0,046	0,032	0,032	0,032	0,036	0,082
T10	0,055	0,059	0,036	0,032	0,036	0,027	0,071

Tablo 16. İdeal ve negatif ideal çözüm değerleri (Ek kriterler ile birlikte)

	Kriterler						
	K	ZT	P	İ	M	ÜK	F
A ⁺	0,070	0,080	0,036	0,036	0,036	0,045	0,046
A ⁻	0,053	0,046	0,018	0,025	0,021	0,018	0,082

Fiyat kriteri hariç diğer tüm kriterler fayda odaklıdır, bu nedenle ideal çözüm değeri olarak her bir kriter için en büyük değerler belirlenmiştir. Ancak fiyat kriteri maliyet odaklıdır; yani firmanın daha düşük fiyatlı teklifi seçmesi, maliyetini azaltacağı için ideal çözüm değeri olarak en küçük değer seçilmiştir.

Adım 5: İdeal ve Negatif İdeal Noktalara Olan Uzaklıkların Hesaplanması

Eşitlik (8) ve (9)'ya göre hesaplanan uzaklık ölçüleri Tablo 17'de gösterilmiştir.

Adım 6: İdeal Çözüme Göreli Yakınlık Belirlenmesi ve Tercih Sıralaması

Eşitlik (10) kullanılarak hesaplanan yakınlık katsayıları ile tedarikçilerin büyükten küçüğe sıralanması Tablo 17'de sunulmuştur. TOPSIS yöntemine göre elde edilen sıralama şu şekildedir: T5, T4, T2, T7, T8, T6, T1, T3, T10, T9. Firma yalnızca tek bir tedarikçi ile çalışmayı planlıyorsa, en yüksek yakınlık katsayısına sahip olan T5 tedarikçisinin tercih edilmesi anlamlı olacaktır.

Tablo 17. Alternatiflerin göreceli uzaklıkları (Ek kriterler ile birlikte)

Alternatifler	S_i^+	S_i^-	C_i	Sıralama
T1	0.039	0.043	0.526	7
T2	0.028	0.042	0.600	3
T3	0.036	0.040	0.525	8
T4	0.031	0.048	0.604	2
T5	0.031	0.048	0.607	1
T6	0.035	0.041	0.538	6
T7	0.039	0.048	0.551	4
T8	0.036	0.043	0.542	5
T9	0.054	0.027	0.330	10
T10	0.041	0.031	0.428	9

4.2.2. VIKOR yöntemi ile tedarikçilerin yeniden sıralanması

VIKOR yöntemi, firma prosedüründe yer alan mevcut kriterlere eklenen yeni kriterlerle birlikte toplam 7

kriter ve 10 tedarikçi alternatifi için uygulanmıştır. Kriter ağırlıkları, TOPSIS yönteminde de kullanılan ve proje kapsamında görevlendirilen personelin ortak görüşü doğrultusunda belirlenen ağırlıklardır.

Adım 1: Karar Matrisi

Karar matrisi TOPSIS yönteminde kullanılan Tablo 13 ile aynıdır.

Adım 2: Kriterler İçerisinde En İyi (F_i^+) ve En Kötü (F_i^-) Değerlerin Bulunması

Eşitlik (11) ve Eşitlik (12)'ye göre ve Tablo 13'deki karar matrisinden hesaplanan f^+ ve f^- değerleri aşağıdaki Tablo 17'de verilmiştir. Fiyat maliyet yönlü olduğu için en iyi değer olarak en küçük değer alınmıştır. Diğer kriterlerde ise en iyi değerler için en büyük değerler alınmıştır.

Tablo 17. En iyi ve En kötü değerler (Ek kriterler ile birlikte)

	Kriterler						
	K	ZT	P	İ	M	ÜK	F
f^+	100	95	100	100	100	10	536
f^-	75	55	50	70	60	4	963

Adım 3, 4, 5: Normalize Karar Matrisi, Ağırlıklandırılması, S_i ve R_i Değerleri
İlk olarak karar matrisi, Eşitlik (13) kullanılarak normalize edilmiştir. Ardından, normalize edilmiş karar matrisinin ağırlıklandırılması için Eşitlik (15) uygulanmıştır. S_i ve R_i değerlerinin hesaplanmasında ise Eşitlik (16) ve Eşitlik (17) kullanılmış; elde edilen sonuçlar Tablo 18'de sunulmuştur.

Adım 6. Q_i Değerlerinin Hesaplanması

Eşitlik (18)'e göre S^+ , S^- , R^+ , R^- değerleri sırasıyla, 0,264, 0,712, 0,100 ve 0,200 olarak bulunmuştur. q değeri (literatürde genel olarak 0,50 alındığı için) uygulama kapsamında $q=0,5$ olarak alınmış ve Eşitlik (18) ve (19) kullanılarak, Q_i değerleri hesaplanmış ve Tablo 19'da gösterilmiştir.

Tablo 18. S_i ve R_i değerleri (Ek kriterler ile birlikte)

Alternatifler	Kriter Tipi/Ağırlık							S_i	R_i
	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Maliyet		
	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2		
	Kriterler								
	K	ZT	P	İ	M	ÜK	F		
T1	0.192	0.125	0.020	0.033	0.025	0.100	0.000	0.495	0.192
T2	0.000	0.100	0.020	0.067	0.000	0.067	0.057	0.310	0.100
T3	0.080	0.025	0.020	0.033	0.100	0.100	0.093	0.452	0.100
T4	0.000	0.175	0.000	0.033	0.000	0.033	0.022	0.264	0.175
T5	0.000	0.025	0.100	0.000	0.025	0.000	0.135	0.285	0.135
T6	0.000	0.150	0.040	0.100	0.050	0.067	0.025	0.432	0.150
T7	0.120	0.000	0.020	0.067	0.025	0.000	0.199	0.430	0.199
T8	0.080	0.125	0.020	0.000	0.050	0.100	0.011	0.386	0.125
T9	0.200	0.200	0.020	0.033	0.025	0.033	0.200	0.712	0.200
T10	0.176	0.125	0.000	0.033	0.000	0.067	0.141	0.542	0.176

Adım 7: Alternatiflerin Sıralanması ve Koşulların Sınanması

Alternatifler ayrı ayrı S_i , R_i ve Q_i ye göre sıralanmış ve koşul sınamaları ile birlikte Tablo 20’de verilmiştir.

Tablo 19. VIKOR Q_i değerleri (Ek kriterler ile birlikte)

Alternatifler	S_i	R_i	Q_i ($q=0,50$)
T1	0.495	0.192	0.718
T2	0.310	0.100	0.052
T3	0.452	0.100	0.209
T4	0.264	0.175	0.375
T5	0.285	0.135	0.201
T6	0.432	0.150	0.437
T7	0.430	0.199	0.679
T8	0.386	0.125	0.261
T9	0.712	0.200	10
T10	0.542	0.176	0.690

Tablo 20. Alternatiflerin Sıralaması (Ek Kriterler ile Birlikte)

Alternatifler	S_i	R_i	$Q_i(q=0,50)$
T1	8	8	9
T2	3	1	1
T3	7	2	3
T4	1	6	5
T5	2	4	2
T6	6	5	6
T7	5	9	7
T8	4	3	4
T9	10	10	10
T10	9	7	8
$Q(A^2)$			0.201
$Q(A^1)$			0.052
$Q(A^2)-Q(A^1)$			0.149
$DQ=1/(10-1)$			0.111
1.Koşul			Sağlandı
2.Koşul			Sağlandı

1. ve 2. koşullar birlikte sağlamıştır. Tedarikçi sıralaması T2, T5, T3, T8, T4, T6, T7, T10, T1 ve T9 olarak bulunmuştur. Firma tek tedarikçi ile çalışmak isterse VIKOR yöntemine göre T2 tedarikçisini seçmesi anlamlı olacaktır.

Uygulanan tüm yöntemler ve karşı gelen tedarikçi sıralamaları özet olarak aşağıdaki Tablo 21’de gösterilmiştir.

4.3. Duyarlılık Analizi

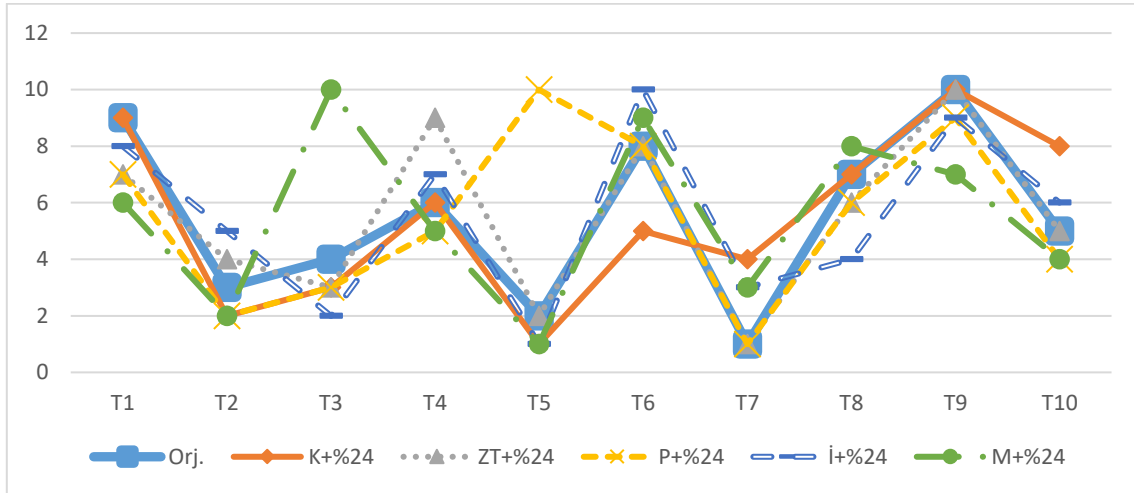
ÇKKV problemlerinde kullanılan yöntemlerin güvenilirliğini ve karar sonuçlarının istikrarını değerlendirmek amacıyla duyarlılık analizleri önemli bir araçtır. Bu çalışma kapsamında, savunma sanayii tedarikçi seçimi problemi için uygulanan TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinin duyarlılığı sistematik olarak incelenmiştir. Duyarlılık analizi, hem 5 kriterli hem de 7 kriterli problem versiyonları için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

Tablo 21. Yöntem sonuçlarının karşılaştırmalı değerlendirmesi

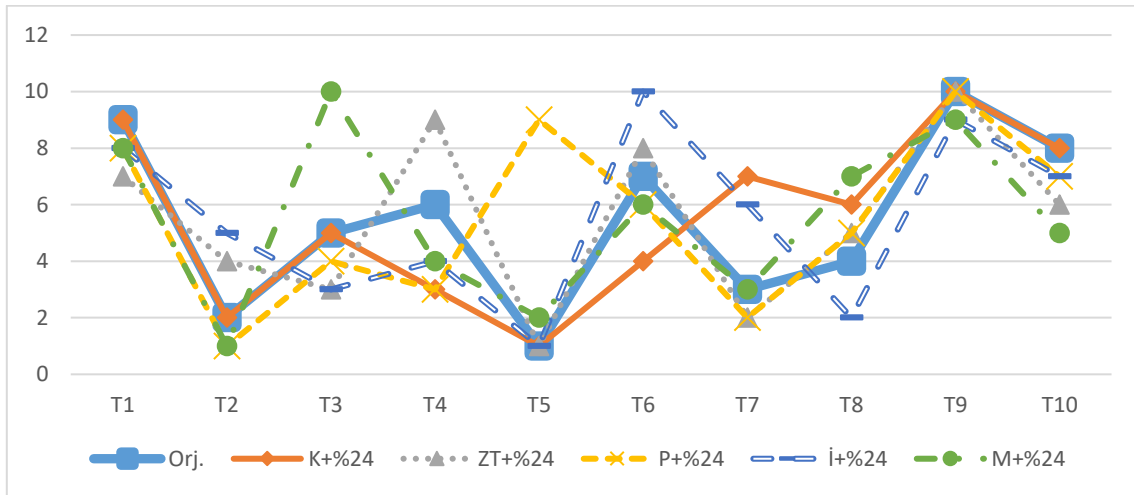
Sıralama	Prosedür	5 KRİTER		7 KRİTER	
		TOPSIS	VIKOR	TOPSIS	VIKOR
1	T5	T7	T5	T5	T2
2	T2	T5	T2	T4	T5
3	T7	T2	T7	T2	T3
4	T4	T3	T8	T7	T8
5	T3	T10	T3	T8	T4
6	T10	T4	T4	T6	T6
7	T8	T8	T6	T1	T7
8	T6	T6	T10	T3	T10
9	T1	T1	T1	T10	T1
10	T9	T9	T9	T9	T9

Analiz sürecinde, ilk olarak her bir kriterin ağırlığı tek tek %24 oranında artırılmış; buna karşılık, diğer kriterlerin ağırlıkları oransal olarak azaltılarak toplam ağırlığın %100’ü geçmemesi sağlanmıştır. Bu yöntemle, bireysel kriter ağırlıklarının karar sonuçlarına etkisi analiz edilmiştir. Böylece, kriter ağırlıklarındaki değişimlerin alternatif sıralamalarını ne ölçüde etkilediği gözlemlenmiştir.

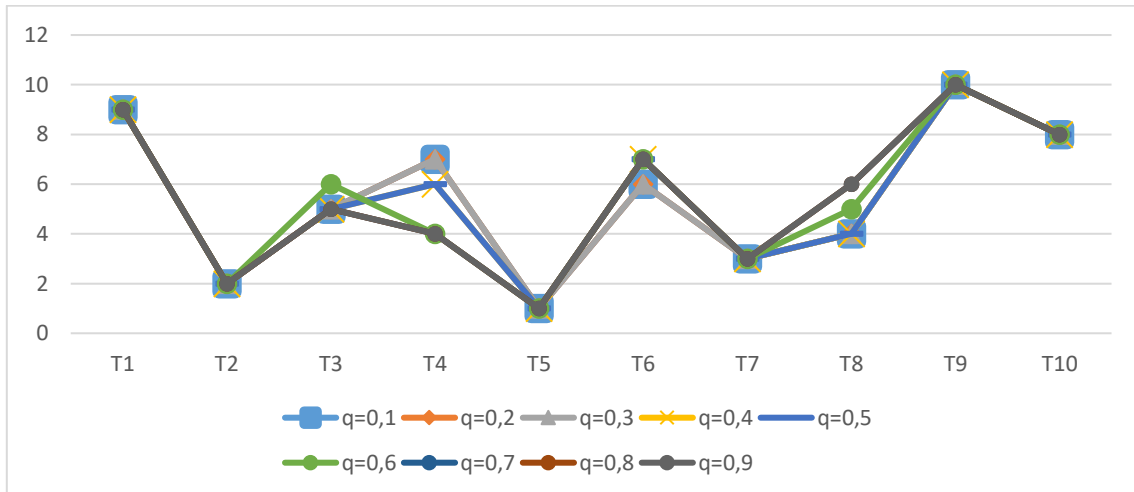
Duyarlılık analizinde her bir kriterin ağırlığı tek tek artırılırken, kalan kriterlerin ağırlıkları orantılı şekilde azaltılmıştır. Bu işlem sırasında, artış oranı olarak %24 tercih edilmiştir. Bu oran, rastgele belirlenmemiş; 5 kriterli problemde bir kriterin ağırlığı artırıldığında geriye kalan 4 kriterin, 7 kriterli problemde ise geriye kalan 6 kriterin ağırlıklarının azaltılması gerektiği göz önünde bulundurulmuştur. %24 artış oranı, hem 4’ün hem de 6’nın tam böleni olması sayesinde, kalan kriter ağırlıklarının orantılı olarak ve kolaylıkla yeniden dağıtılmasına olanak tanımaktadır. Bu sayede hem hesaplama kolaylığı sağlanmış hem de ağırlıkların toplamının %100’ü geçmemesi garanti altına alınmıştır.



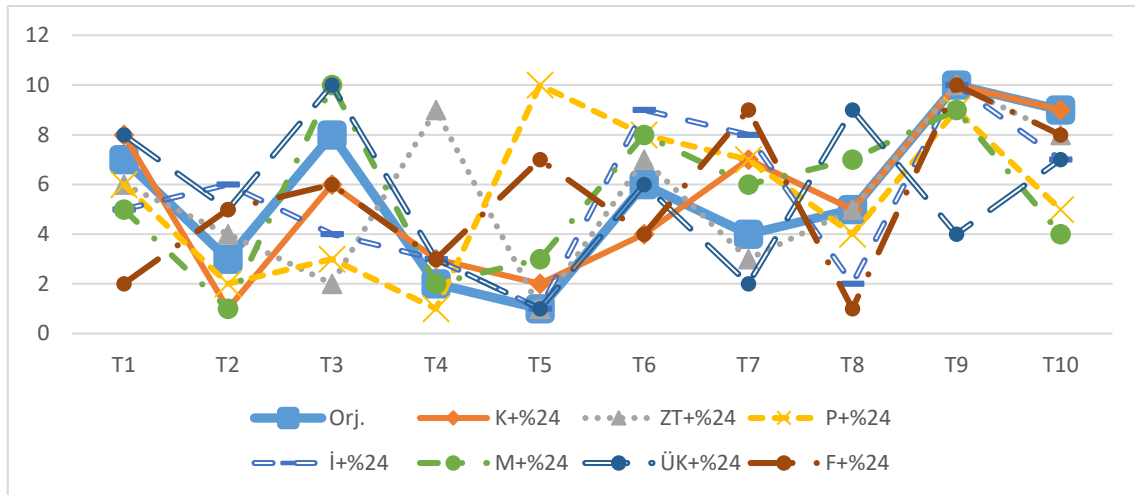
Şekil 4. Kriter ağırlıklarının (5 kriter) değişimine göre duyarlılık analizi (TOPSIS)



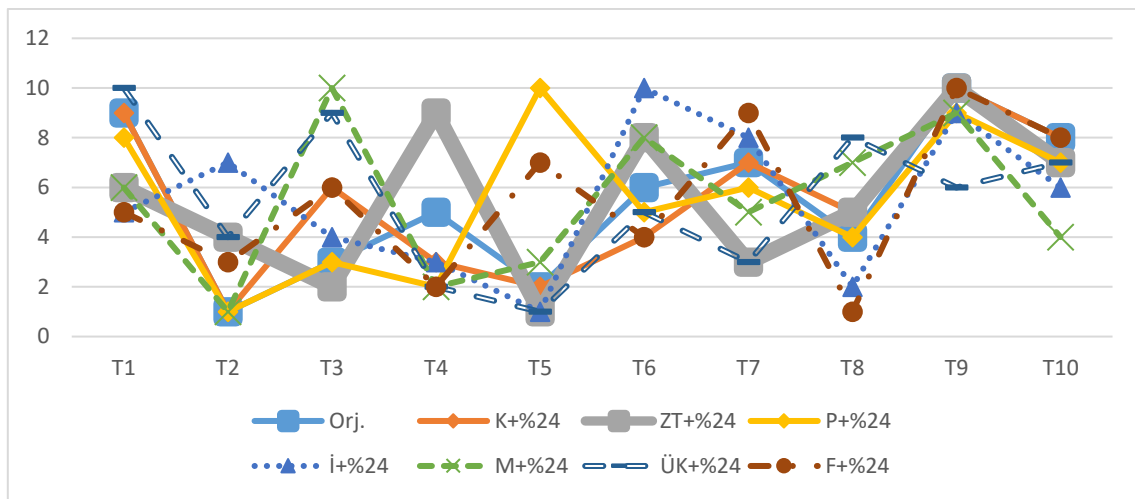
Şekil 5. Kriter ağırlıklarının (5 kriter) değişimine göre duyarlılık analizi (VIKOR)



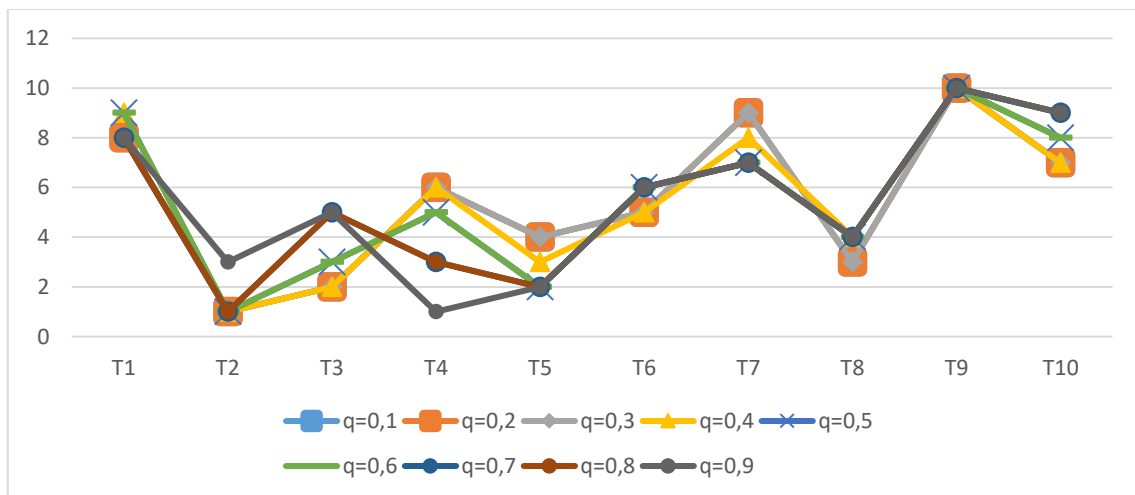
Şekil 6. q parametresinin değişimine göre duyarlılık analizi (5 kriterli VIKOR)



Şekil 7. Kriter ağırlıklarının (7 kriter) değişimine göre duyarlılık analizi (TOPSIS)



Şekil 8. Kriter ağırlıklarının (7 kriter) değişimine göre duyarlılık analizi (VIKOR)



Şekil 9. q parametresinin değişimine göre duyarlılık analizi (7 kriterli VIKOR)

Buna ek olarak, VIKOR yöntemine özgü bir parametre olan ve karar vericinin maksimum gruplama tatmini ile bireysel tatmin arasında dengeyi kontrol eden q parametresi de analiz kapsamına alınmıştır. q parametresi 0,1 ile 0,9 aralığında 0,1'lik artışlarla değiştirilerek elde edilen sıralamalar karşılaştırılmış ve sonuçların parametreye duyarlılığı değerlendirilmiştir. Bu analiz, karar vericinin risk algısına göre sonuçların nasıl farklılaştığını ortaya koymak açısından önem arz etmektedir.

Yapılan duyarlılık analizleri, kullanılan yöntemlerin karar sonuçlarındaki kararlılığını test etmekle kalmamış; aynı zamanda karar sürecinde hangi kriterlerin daha etkili olduğunu da belirlemeye yardımcı olmuştur. Böylece hem yöntemsel hem de pratik açıdan daha sağlam bir karar modeli oluşturulması hedeflenmiştir.

Şekil 4.'de elde edilen analiz sonuçlarına göre, T5 ve T7 alternatifleri genel olarak en üst sıralarda yer almakta ve sıralama değişikliklerinden görece az etkilenmektedir. Özellikle T5, kalite, zamanında teslimat, iletişim ve miktar kriterlerinin ağırlığının artırıldığı senaryolarda 1. sırada yer alarak, bu kriterlerdeki güçlü performansını ortaya koymuştur. Ancak paketleme kriterinin ağırlığı artırıldığında sıralaması önemli ölçüde değişmiş ve 10. sıraya kadar gerilemiştir. Bu durum, T5'in paketleme açısından görece zayıf bir alternatif olduğunu, dolayısıyla bu kriterin öneminin artması durumunda toplam performansın olumsuz etkilendiğini göstermektedir.

T7, tüm senaryolarda üst sıralarda (1–4 arası) yer alarak dikkat çekici bir kararlılık sergilemiştir. Kalite, zamanında teslimat ve paketleme kriterlerinde özellikle öne çıkan T7, kriter ağırlıklarındaki değişimlerden en az etkilenen alternatiflerden biri olmuştur. Bu özellik, T7'yi farklı öncelik senaryolarında dengeli ve güvenilir bir seçenek haline getirmektedir.

T3, analizde ilginç bir davranış göstermiştir. Orijinal sıralamada orta düzeyde yer alırken, iletişim kriterinin ağırlığının artırılmasıyla 2. sıraya kadar yükselmiş, buna karşın miktar kriteri ön plana çıktığında 10. sıraya kadar düşmüştür. Bu durum, T3'ün iletişim yönünden güçlü ancak miktar açısından zayıf olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde T2, kalite ve paketleme kriterleri ağırlık kazandığında sıralamada yükselmekte, ancak diğer kriterlerde bu avantajını kaybetmektedir. Bu iki alternatif, kriter ağırlıklarına duyarlı, yani kırılgan karar adayları olarak öne çıkmaktadır.

T1, genel olarak orta sıralarda yer almakta, ancak miktar kriterinin ağırlığı artırıldığında nispeten daha

avantajlı konuma gelmektedir. T6 ise orijinal sıralamada alt sıralarda bulunmasına rağmen, kalite ve zamanında teslimat ağırlıklı senaryolarda sıralamasını iyileştirmekte; bu durum T6'nın belirli kriterlerde görece avantajlara sahip olduğunu göstermektedir.

Öte yandan, T9 neredeyse tüm senaryolarda son iki sırada yer almış; bu da söz konusu alternatifin genel olarak düşük performans sergilediğini ve hangi kriter öne çıkarılırsa çıkarılsın güçlü bir konuma ulaşamadığını ortaya koymuştur.

Genel olarak değerlendirildiğinde, kriter ağırlıklarındaki değişimlerin bazı alternatiflerin sıralamasını önemli ölçüde etkilediği, bazılarının ise daha stabil kaldığı gözlemlenmiştir. Özellikle T5 ve T3 gibi alternatiflerin belirli kriterlerdeki ağırlık artışına karşı yüksek duyarlılık sergilediği, buna karşın T7'nin çok daha istikrarlı bir sıralama performansı sunduğu görülmektedir. Bu bulgular, karar vericilerin tedarikçi seçim sürecinde hangi alternatiflerin hangi kriterler açısından avantajlı olduğunu daha net değerlendirmelerine ve önceliklerine uygun en uygun adayı belirlemelerine katkı sağlamaktadır.

Şekil 5.'de elde edilen analiz sonuçlarına göre, bazı alternatiflerin sıralama değişimlerine karşı oldukça duyarlı, bazı alternatiflerin ise daha kararlı olduğunu göstermektedir. Özellikle T5 alternatifi, neredeyse tüm senaryolarda üst sıralarda yer alarak dikkat çekmiştir. T5, orijinal sıralamada 1. sırada yer almakta olup; kalite, zamanında teslimat, iletişim ve miktar kriterlerinin ağırlığının artırıldığı senaryolarda da 1. veya 2. sıradaki yerini korumuştur. Ancak paketleme kriterinin ağırlığının artırıldığı durumda ciddi bir sıralama kaybı yaşayarak 9. sıraya gerilemiştir. Bu durum, T5'in paketleme kriteri açısından zayıf olduğunu ve bu kriterin önem kazanması durumunda tercih edilirliğinin ciddi biçimde azaldığını ortaya koymaktadır.

T2 alternatifi de sıralama açısından oldukça güçlü ve istikrarlı bir profil sergilemiştir. Zamanında teslimat ve paketleme kriterlerinin ağırlığının artırıldığı durumlar dışında genellikle ilk üç içerisinde yer almıştır. Özellikle kalite ve miktar kriterlerinin önem kazandığı senaryolarda 1. veya 2. sırada yer alması, T2'nin bu kriterler açısından avantajlı olduğunu göstermektedir.

T3, analiz boyunca orta sıralarda konumlanmakla birlikte, maliyet kriterinin ağırlığının artırıldığı senaryoda ciddi bir düşüş yaşayarak 10. sıraya gerilemiştir. Bu durum, T3'ün maliyet açısından dezavantajlı olduğunu ortaya koymaktadır. Benzer şekilde T6, genelde alt sıralarda yer almakla birlikte

kalite ve zamanında teslimat kriterleri öne çıktığında sıralamasını kısmen iyileştirmiştir. Bu da alternatifin belirli kriterlere duyarlı olduğunu göstermektedir.

T4, orijinal sıralamada alt orta sıralarda yer almasına rağmen kalite kriterinin artırıldığı senaryoda 3. sıraya kadar yükselmiştir. Bu durum, kalite açısından rekabetçi olduğunu göstermektedir. T8 de iletişim ve miktar kriterleri ön plana çıktığında daha avantajlı hale gelmiş, ancak genel sıralama içinde orta düzeyde kalmıştır.

T7, özellikle zamanında teslimat ve paketleme kriterlerinin ön plana çıktığı senaryolarda üst sıralara çıkmıştır (örneğin $ZT+\%24 \rightarrow 2.$ sıra; $P+\%24 \rightarrow 2.$ sıra). Ancak kalite kriteri ağırlıklandırıldığında sıralaması 7. sıraya gerilemiştir, bu da T7'nin kalite kriterinde daha zayıf olduğunu göstermektedir.

T9, tüm senaryolarda alt sıralarda kalmış ve hiçbir kriter ağırlığı değişiminde anlamlı bir sıralama kazanımı elde edememiştir. Bu durum, T9'un genel olarak düşük performans gösterdiğini ve hangi kriterin önceliklendirildiğinden bağımsız olarak tercih edilmeyecek bir alternatif olduğunu ortaya koymaktadır.

Genel olarak, analiz sonuçları VIKOR yönteminin kriter ağırlıklarındaki değişimlere karşı duyarlılığını açıkça ortaya koymaktadır. Bazı alternatifler (örneğin T5, T2) belirli kriterler altında güçlü performans sergilerken, bazı alternatifler (T3, T4, T7) daha kırılgan bir yapıya sahiptir ve sıralamaları ağırlık değişimlerinden belirgin biçimde etkilenmektedir. Bu analiz, karar vericilere hangi kriterin tedarikçi seçimini daha çok etkilediğini ve hangi alternatiflerin hangi koşullarda daha uygun olduğunu belirlemede yol gösterici olmaktadır.

5 kriterli tedarikçi seçim probleminde gerçekleştirilen duyarlılık analizinde TOPSIS ve VIKOR yöntemleri açısından duyarlılık analizine ilişkin elde edilen bulgular karşılaştırıldığında, her iki yöntemin bazı yönlerden benzer, bazı yönlerden ise farklı duyarlılık profilleri sergilediği gözlemlenmiştir. Her iki yöntemde de T5 alternatifi, çoğu kriter önceliklendirildiğinde yüksek sıralarda yer almış; bu da onun genel olarak güçlü bir aday olduğunu göstermiştir. Ancak her iki yöntemde de paketleme kriterinin ağırlığı artırıldığında T5'in sıralaması belirgin şekilde düşmüş, bu durum alternatifin bu kriter karşısında kırılgan olduğunu ortaya koymuştur. T7 alternatifi, TOPSIS yönteminde daha istikrarlı bir performans sergileyerek tüm senaryolarda üst sıralarda kalmayı başarmış; VIKOR'da ise bazı kriter ağırlıklandırılmalarında

yükselmiş ancak kalite gibi bazı kriterlerde düşüş yaşamıştır. Öte yandan T3 ve T4 gibi alternatifler her iki yöntemde de kriter ağırlıklarına karşı duyarlılık göstermiş, özellikle maliyet ve iletişim gibi kriterlerin öne çıkması durumunda sıralamalarında ciddi oynamalar görülmüştür. Genel olarak, TOPSIS yöntemi daha stabil sıralamalar üretirken, VIKOR yöntemi kriter ağırlıklarındaki değişikliklere karşı daha hassas bir yapı sergilemiştir. Bu fark, VIKOR'un çatışan kriterler arasındaki dengeyi daha belirgin şekilde gözetmesi ve çözümde uzlaşmaya dayalı bir yaklaşım benimsemesinden kaynaklanmaktadır.

Şekil 6.'da ki analize göre, özellikle T1, T2, T5, T7, T9 ve T10 alternatifleri, q parametresi farklılaşsa da sıralamalarını büyük ölçüde korumuş; bu alternatiflerin performanslarının, uzlaşma ve bireysel kriterlere dayalı yaklaşımlar arasında değişmeyen istikrarlı bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Bununla birlikte, T3, T4, T6 ve T8 alternatiflerinde q parametresi arttıkça sınırlı da olsa sıralama değişimleri gözlemlenmiştir. Örneğin, T4 alternatifi $q=0,1$ 'de 7. sırada iken, $q=0,6$ ve sonrası için 4. sıraya yükselmiş; bu durum q parametresinin uzlaşma ve bireysel en iyi performans kriterleri arasında karar vermede belirleyici olabileceğini ortaya koymaktadır. Benzer şekilde T8 alternatifi de q değeri yükseldikçe sıralamada bir miktar iyileşme göstermiştir.

Genel olarak, VIKOR yönteminde q parametresi, karar vericinin uzlaşma ile bireysel kriter ağırlığını dengeleme tercihinine bağlı olarak sıralamada küçük oynamalara neden olmakta, ancak temel sıralama yapısını kökten değiştirmemektedir. Bu durum, karar vericilere farklı q değerleri ile esneklik sağlarken, alternatiflerin genel performans trendlerinin stabil kalmasını garantilemektedir.

Şekil 7.'de ki analiz sonuçlarına göre, genel olarak, T5 alternatifi orijinal sıralamada 1. sırada yer almakta olup, kalite, zamanında teslimat, iletişim ve üretim kapasitesi ağırlıklarının artırıldığı durumlarda sıralamada üst sıralarını korumuştur. Ancak paketleme kriterinin ağırlığının artırılmasıyla sıralaması 10. sıraya kadar gerilemiştir, bu durum T5'in paketleme açısından göreceli zayıflığını göstermektedir. Ayrıca, fiyat kriterinin ağırlığının yükseldiği senaryoda T5'in sıralaması 7. sıraya düşmüş, fiyatın önem kazanmasının bu alternatif için bir dezavantaj olduğunu ortaya koymuştur.

T2 alternatifi, kalite ağırlıklandırması artırıldığında 1. sıraya yükselmiş ve maliyet (fiyat) gibi önemli kriterlerde de üst sıralarda konumlanmıştır. Buna

karşın, paketleme ve iletişim kriterlerinde ağırlık artışlarında sıralaması biraz gerilemiş, bu alternatifin bu kriterlere karşı daha hassas olduğunu göstermektedir.

T4 ve T3 alternatifleri, özellikle zamanında teslimat ve üretim kapasitesi kriterlerinde ağırlık artırılması durumunda sıralamada belirgin yükselmeler göstermiştir. T4, zamanında teslimatın önem kazandığı senaryoda 9. sıradan 1. sıraya kadar yükselmiş, bu kriterdeki güçlü performansını ortaya koymuştur. T3 ise miktar ve üretim kapasitesi ağırlıklarının artmasıyla daha üst sıralara çıkmış ancak kalite ve fiyat ağırlıklarında zayıflık yaşamıştır.

T7 ve T8 alternatifleri, fiyat ve iletişim kriterlerinin ağırlıklarında artış yaşandığında sıralamada önemli değişimler göstermiştir. Özellikle fiyat kriterinin öncelik kazandığı durumda T8'in 1. sıraya yükselmesi, maliyet açısından avantajlı olduğunu göstermektedir.

T1, T6, T9 ve T10 alternatifleri genellikle alt-orta sıralarda yer almakla birlikte, ağırlık değişimlerine karşı nispeten sabit bir performans sergilemiştir. Ancak fiyat ve paketleme gibi bazı kriterlerde ağırlık artışı, bu alternatiflerin sıralamalarını kısmen olumsuz yönde etkilemiştir.

Genel olarak, 7 kriterli TOPSIS duyarlılık analizi, kriter ağırlıklarının alternatif sıralamalarında belirgin etkiler yarattığını göstermektedir. Paketleme ve fiyat kriterleri, özellikle bazı alternatiflerin performansında sert dalgalanmalara yol açarken, kalite, zamanında teslimat ve üretim kapasitesi gibi kriterlerin ağırlık artışı, daha istikrarlı alternatiflerin öne çıkmasına imkan sağlamıştır. Bu durum, karar vericilere hangi kriterlerin tedarikçi seçiminde kritik rol oynadığını ve hangi alternatiflerin hangi önceliklerle daha uygun olduğunu net biçimde göstermektedir.

Şekil 8.'de ki analiz sonuçlarına göre, T2 ve T5 alternatifleri genel olarak istikrarlı ve yüksek performans sergilemiştir. T2, kalite ve miktar kriterlerinin ağırlıklarının artırıldığı durumlarda 1. ve 2. sıralarda kalmayı sürdürmüş, fiyat kriteri önceliklendiğinde ise sıralamasında küçük düşüşler gözlenmiştir. T5 alternatifi ise çoğu kriter ağırlıklandırmasında üst sıralarda konumlanmış, ancak paketleme kriterinin ağırlığının artması durumunda 10. sıraya kadar gerilemiş ve bu kritere karşı hassasiyeti ortaya çıkmıştır.

T3 alternatifi, üretim kapasitesi ve miktar kriterlerinin öncelikli olduğu durumlarda üst sıralara yükselirken, kalite ve fiyat kriterlerinde sıralaması belirgin şekilde

düşüş göstermiştir. Bu, T3'ün maliyet ve kalite açısından zayıf olduğu, ancak üretim kapasitesi ve miktar açısından avantajlı olduğunu göstermektedir.

T4 alternatifi, zamanında teslimat ve iletişim kriterlerinin ağırlığı artırıldığında sıralamasını önemli ölçüde iyileştirmiş, bu alanlardaki güçlü performansını ortaya koymuştur. Benzer şekilde, T7 ve T8 alternatifleri de fiyat ve iletişim kriterlerinin ağırlıklandırıldığı durumlarda sıralamada yükselişler yaşamış ve bu kriterlerde avantajlı oldukları anlaşılmıştır.

Öte yandan, T9 alternatifi, tüm senaryolarda alt sıralarda kalmaya devam etmiş, herhangi bir kriter ağırlığının artırılması durumunda da önemli bir sıralama avantajı elde edememiştir. Bu durum, T9'un genel olarak düşük performans gösterdiğinin ve hangi kriterler önceliklendirildiğinden bağımsız olarak tercih edilmemesi gerektiğinin göstergesidir.

Genel olarak, VIKOR yöntemi duyarlılık analizinde, kriter ağırlıklarındaki değişimlerin alternatiflerin sıralamalarında önemli dalgalanmalara yol açtığı gözlemlenmiştir. Özellikle paketleme ve fiyat kriterlerinin ağırlığının artırılması bazı alternatiflerin sıralamalarında sert düşüşlere neden olurken, kalite, zamanında teslimat ve üretim kapasitesi gibi kriterlerin ağırlıklarının artırılması daha istikrarlı ve yüksek performans sergileyen alternatiflerin öne çıkmasını sağlamıştır. Bu sonuçlar, karar vericilerin kriter önceliklerini belirlerken, alternatiflerin hangi kriterlerde güçlü ya da zayıf olduğunu dikkate almalarının önemini vurgulamaktadır.

7 kriterli tedarikçi seçim probleminde gerçekleştirilen duyarlılık analizinde, hem TOPSIS hem de VIKOR yöntemleri kriter ağırlıklarındaki değişimlerin alternatiflerin sıralamalarında önemli etkiler yarattığını göstermiştir. Her iki yöntem de kalite, zamanında teslimat ve üretim kapasitesi gibi kritik kriterlerin ağırlıklarının artması durumunda, bu alanlarda güçlü performans sergileyen alternatiflerin sıralamada yükseldiğini ortaya koymuştur. Ancak TOPSIS yöntemi, genel olarak alternatiflerin sıralamalarında daha istikrarlı ve tutarlı bir yapı sergilerken, VIKOR yöntemi ağırlık değişikliklerine karşı daha hassas tepki vermiş, bu da uzlaşma odaklı yapısından kaynaklanmaktadır. Paketleme ve fiyat kriterlerinde yapılan ağırlık artışları, her iki yöntemde de bazı alternatiflerin sıralamasında belirgin dalgalanmalara yol açmış, ancak bu etkiler VIKOR'da daha belirgin olmuştur. Sonuç olarak, TOPSIS yöntemi karar vericilere daha stabil bir sıralama sunarken, VIKOR yöntemi farklı önceliklendirmelerde alternatiflerin

değişen performanslarını daha ayrıntılı ve esnek şekilde yansıtarak karar sürecine derinlik kazandırmaktadır.

Şekil 9.'daki analiz sonuçlarına göre, özellikle T1, T2 ve T9 alternatifleri q parametresi değişiminden nispeten az etkilenmiş ve genel olarak yüksek veya istikrarlı sıralamalarını korumuşlardır. T2 alternatifi, çoğu durumda 1. sırada yer alırken, $q=0,9$ değerinde 3. sıraya gerilemiş; bu da uzlaşma düzeyindeki artışın alternatifin sıralamasını kısmen etkilediğini göstermektedir. T9 alternatifi ise her durumda 10. sırada kalmış, dolayısıyla performans açısından düşük ve sabit bir konumda olduğu teyit edilmiştir.

Diğer alternatiflerde ise q parametresi ile sıralamalarda daha belirgin değişiklikler gözlenmiştir. Örneğin, T4 alternatifi, düşük q değerlerinde 6. sıradayken, q arttıkça sıralaması yükselmiş ve $q=0,9$ 'da 1. sıraya kadar çıkmıştır. Bu durum, T4'ün uzlaşma kriterine daha uygun bir performans sergilediğine işaret etmektedir. Benzer şekilde, T3 ve T5 alternatifleri de q arttıkça sıralamalarında yükseliş yaşamış, özellikle orta ve yüksek q değerlerinde daha üst sıralarda yer almışlardır.

T7 ve T10 alternatifleri ise q parametresi yükseldikçe sıralamada gerileme göstermiştir. Bu durum, bu alternatiflerin bireysel kriterlerde güçlü olsa da, uzlaşma önceliğinin arttığı durumlarda tercih edilme olasılıklarının azaldığını göstermektedir. Genel olarak, q parametresinin artışı, karar vericinin bireysel kriterlere olan önceliğini azaltıp uzlaşmayı ön plana çıkarması anlamına gelmekte ve bu değişim alternatiflerin sıralamasını etkileyerek bazı alternatiflerin avantajlarını ön plana çıkarmaktadır. Bu sonuçlar, VIKOR yönteminin esnek yapısını ve karar sürecinde farklı uzlaşma seviyelerinin karar sonuçlarına etkisini ortaya koymaktadır.

V. SONUÇ

Günümüzde Türk savunma sanayisinde yaklaşık 30 firma faaliyet göstermekte olup, bu firmaların başarıları hem ulusal hem de uluslararası basında geniş yer bulmaktadır. Savunma sanayi şirketlerinin yurt içi ve yurt dışı pazarlarda rekabet gücünü sürdürebilmesi, stratejik bir öneme sahip olan güçlü bir tedarik zinciri ağına bağlıdır. Tedarikçi firmaların sayıca fazla olduğu, seçim kriterlerinin çok sayıda ve birbiriyle çelişebildiği durumlarda, tedarikçi seçimi karmaşık bir süreç hâline gelmektedir. Bu noktada, bilimsel temellere dayanan ÇKKV yöntemleri önemli bir rol oynamaktadır.

Bu çalışma kapsamında, yeni başlayacak bir proje için ön koşulları sağlayan 10 tedarikçi firma belirlenmiştir. Firma prosedüründe tanımlanan Kalite, Zamanında

Teslimat, Paketleme, İletişim ve Miktar olmak üzere 5 kritere ilişkin veriler, ERP sisteminden temin edilmiştir. Tedarikçi seçimine yönelik karar sürecinde, hem prosedürde yer alan kurallar hem de ÇKKV yöntemlerinden TOPSIS ve VIKOR yöntemleri kullanılmıştır. Şirketin kuruluş aşamasında hazırlanmış olan prosedürde yer alan kriterlerin güncelliğini değerlendirmek amacıyla literatür taraması yapılmış ve firma tarafından yetkilendirilen personel ile gerçekleştirilen görüşmeler sonucunda Fiyat ve Üretim Kapasitesi kriterleri önemli bulunarak değerlendirme sürecine dahil edilmiştir. Böylece, toplam 7 kriter esas alınarak TOPSIS ve VIKOR yöntemleri yeniden uygulanmıştır.

Yapılan tüm hesaplamalar sonucunda elde edilen tedarikçi sıralamaları, özet olarak Tablo 21'de sunulmuştur. Tablo incelendiğinde, farklı yöntemlerin farklı sıralama sonuçları ürettiği görülmektedir. Beş kriterli değerlendirme sonucunda, firma prosedürüne göre sıralamanın başında T5, TOPSIS yöntemine göre T7 ve VIKOR yöntemine göre yeniden T5 yer almaktadır. Yedi kriterli değerlendirmede ise, TOPSIS yöntemi T5'i en uygun tedarikçi olarak belirlerken, VIKOR yöntemi T2'yi ilk sırada değerlendirmiştir.

TOPSIS ve VIKOR yöntemleri ile elde edilen tedarikçi sıralamaları karşılaştırıldığında bazı benzerlikler bulunmakla birlikte sıralama farklılıkları da gözlemlenmiştir. Bu durum, her iki yöntemin karar yapılarındaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Her iki yöntemde de en yüksek ağırlığa sahip olan kriter "Zamanında Teslimat" ve "Kalite" olmuştur. Bu kriterler, özellikle TOPSIS'te karar noktalarını ideal ve negatif ideal çözüme olan uzaklıklarına göre etkilerken, VIKOR'da uzlaşık çözüm üzerinden, yani grup faydası ve bireysel pişmanlık değerlerinin dengesi üzerinden etkide bulunmuştur. Örneğin, T2 alternatifi, kalite açısından oldukça iyi olmasına rağmen zamanında teslimat açısından görece zayıf performansı nedeniyle TOPSIS'te geriye düşmüştür. Ancak VIKOR yöntemi, bu alternatifi daha ılımlı değerlendirerek daha yüksek bir sıralamada göstermiştir.

TOPSIS yöntemi hesaplamalarında vektör normalizasyonu, VIKOR yöntemi ise doğrusal normalizasyon kullanmaktadır. Ayrıca, bu iki yöntem farklı toplama fonksiyonlarıyla işlem yapmaktadır. TOPSIS, ideal çözüme olan geometrik uzaklığa göre karar verirken; VIKOR, uzlaşma çözümünü esas alır. Bu nedenle, TOPSIS daha "katı" bir sıralama sunarken, VIKOR "dengeleyici" bir bakış açısı sergiler. VIKOR'un pişmanlık ölçütü, zayıf performans gösteren kriterlerdeki farkları daha fazla ön plana

çıkarabilir. Bu farklılıklar, sıralama sonuçlarında çeşitliliğe yol açabilmektedir.

Uygulama sonuçları, firmanın yetkili yöneticileri ile paylaşılmıştır. Yapılan görüşmeler sonucunda, firma prosedüründe yer alan 5 kriter yerine, karar verme sürecinde önemli bir etken olarak değerlendirilen 2 ek kriterin dahil edilmesiyle, toplamda 7 kriter ile tedarikçi seçiminin yapılmasına karar verilmiştir. Ayrıca, prosedürdeki basit kural yerine, bilimsel temellere dayanan ÇKKV yöntemlerinden biri olan TOPSIS veya VIKOR yöntemlerinin kullanılmasının daha faydalı olacağına karar verilmiştir. Yanı sıra, yapılan görüşmelerde, karar vericiler TOPSIS'in sıralamasını daha sezgisel bulduklarını belirtmiştir. Ancak VIKOR'un da özellikle çatışmalı kriterler arasında bir uzlaş sağladığı için değerli bulunduğu ifade edilmiştir. Sonuç olarak, her iki yöntemden elde edilen veriler, birlikte değerlendirilerek daha dengeli bir karar destek yapısı oluşturulmuştur.

Karar verme sürecinde kullanılan TOPSIS ve VIKOR yöntemleri ÇKKV yaklaşımının yaygın tekniklerinden olup, yalnızca tedarikçi seçimi değil; makine seçimi, proje önceliklendirme, strateji belirleme, yer seçimi ve risk değerlendirme gibi farklı karar problemlerinde de etkili biçimde kullanılabilir. Bu yönüyle çalışmanın metodolojik altyapısı farklı sektör ve karar ortamlarına uyarlanabilir niteliktedir. Ancak çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Öncelikle, karar vericilerin (ya da uzmanların) değerlendirmeleri doğrultusunda belirlenen kriter ağırlıkları öznel unsurlar içerebilir ve bu durum, elde edilen sonuçların hassasiyetini etkileyebilir. Ayrıca sınırlı sayıda alternatifin ve kriterin kullanılmış olması, yöntemin daha büyük ölçekli sistemlerdeki uygulanabilirliğini tam olarak yansıtmamaktadır. Gelecekteki çalışmalar, daha geniş veri kümeleriyle ve farklı kriter ağırlıklandırma yöntemleriyle bu tür etkileri değerlendirebilir. Belirsizlik, bilgi eksikliği ya da grup kararı gibi daha karmaşık ortamlarda klasik TOPSIS ve VIKOR yöntemleri bazı kısıtlar barındırabilir. Bu gibi durumlarda Bulanık TOPSIS, Entropi tabanlı ağırlıklandırmalar, DEMATEL-TOPSIS entegrasyonu veya Grup VIKOR gibi gelişmiş versiyonların tercih edilmesi önerilmektedir. Ayrıca, karar vericiler arasındaki görüş ayrılıklarının ve belirsizliğin etkisini azaltmak amacıyla yapay zekâ destekli karar destek sistemleri de geliştirilebilir. Gelecek araştırmalarda yöntemlerin hibritleştirilmiş versiyonları denenerek, daha dinamik ve gerçekçi tedarikçi değerlendirme modelleri tasarlanabilir. Aynı zamanda sektörel farklılıkların etkisi de araştırılarak, ÇKKV yöntemlerinin sektörel hassasiyetlere ne ölçüde duyarlı olduğu sorgulanabilir.

Çalışmada önerilen yöntemlerin, hem firmanın hem de savunma sanayisindeki benzer firmaların tedarikçi seçim süreçlerine katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Zamanla konjonktürdeki değişiklikler ve firmanın tedarikçilerden beklediği farklılıklar doğrultusunda, değerlendirme kriterlerinde yeniden düzenlemeler yapılması gerekebilir. Ayrıca, karar verme amacına bağlı olarak farklı ÇKKV yöntemleri kullanılarak karşılaştırmalar yapılabilir. Uygulama, savunma sektöründe faaliyet gösteren birden fazla firma ile genişletilerek, sektördeki önemli kriterler ve bu kriterlerin dereceleri hakkında anketler düzenlenebilir.

VI. ETİK KURUL ONAYI ve ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur. Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] T.C Savunma Sanayii Başkanlığı. (2024). 2024-2028 Stratejik planı. https://www.ssb.gov.tr/Images/Uploads/MyContents/V_20240405145902497059.pdf
- [2] Çakin, E., & Özdemir, A. (2013). Tedarikçi Seçim Kararında Analitik Ağ Süreci (Anp) Ve Electre Yöntemlerinin Kullanılması Ve Bir Uygulama. Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 15(2), 339-364.
- [3] Dağdeviren, M., Eraslan, E., Kurt, M., & Dizdar, E. N. (2005). Tedarikçi Seçimi Problemine Analitik Ağ Süreci İle Alternatif Bir Yaklaşım. Teknoloji, 8(2).
- [4] Dickson, G. W. (1966). An analysis of vendor selection systems and decisions. Journal of purchasing, 2(1), 5-17.
- [5] Yılızati, T., & Yazıcıoğlu, O. (2019). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Global Tedarikçi Seçimi: Otomotiv Yan Sanayi'de Bir Uygulama. Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi, 6(5), 296-307.
- [6] Toksoy, M. E. (2012). Çok nitelikli karar verme yöntemleri ve VIKOR yöntemi ile bir uygulama. Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, Türkiye
- [7] Arslan, R., & Bircan, H. (2018). Alternatif sayısının çok kriterli karar verme yöntemlerinin sonuçlarına etkisi. Bartın Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 9(18), 239-264.
- [8] Oğuz, M. A. (2018). AHP ve TOPSIS yöntemi ile tedarikçi seçimi. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 17(34), 69-89.
- [9] Soygüder, S., & Geçer, E. (2023). Application of Multi-Criteria Decision-Making Methods in Supplier Selection. Journal of Optimization and Decision Making, 2(2), 349-356.
- [10] Evcioğlu, H. E., & Kabak, M. (2023). Supplier selection in supply chain network using MCDM methods. Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences, 41(1), 1-16.

-
- [11] Rasmussen, A., Sabic, H., Saha, S., & Nielsen, I. E. (2023). Supplier selection for aerospace & defense industry through MCDM methods. *Cleaner Engineering and Technology*, 12, 100590.
- [12] Akpınar, M. E. (2021). An Application on The Most Suitable Supplier Selection with Fuzzy TOPSIS and Fuzzy VIKOR Methods. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 23(2), 627-640.
- [13] Yalçın, A. S., & Kılıç, H. S. (2018). A model for supplier selection under environmental considerations. In *16th International Logistics and Supply Chain Congress October* (pp. 18-20).
- [14] Soba, M., & Eren, K. (2011). Topsis Yöntemini Kullanarak Finansal Ve Finansal Olmayan Oranlara Göre Performans Değerlendirilmesi, Şehirlerarası Otobüs Sektöründe Bir Uygulama. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 11(21), 23-40.
- [15] Subaşı, H. (2011). Çok kriterli karar vermede kullanılan TOPSIS ve AHP yöntemlerinin karşılaştırılması ve bir uygulama. Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi, Türkiye.
- [16] Ertuğrul, İ., & Özçil, A. (2014). Çok kriterli karar vermede TOPSIS ve VIKOR yöntemleriyle klima seçimi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(1),
- [17] Karaatlı, M., Ömürbek, N., & Köse, G. (2014). Analitik Hiyerarşi Süreci Temelli Topsis Ve Vikor Yöntemleri ile Futbolcu Performanslarının Değerlendirilmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 29(1), 25-61.
- [18] Yıldız, A. (2014). Bulanık VIKOR yöntemini kullanarak proje seçim sürecinin incelenmesi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(1), 115-127.
- [19] Yücel, Y. (2018). Çok kriterli karar verme teknikleri ile tekstil sektöründe en uygun tedarikçi seçimi ve bir yazılım uygulaması. Yüksek lisans tezi, Bartın Üniversitesi, Türkiye.