

Yeniden Kullanılabilir Maskeler için Çevre Dostu Tedarikçi Seçimi: Entropi Tabanlı TOPSIS Yöntemi ile Bir Uygulama

(Araştırma Makalesi)

Selection of Eco-Friendly Suppliers for Reusable Masks: An Application with the Entropy-Based TOPSIS Method

Doi:10.29023/alanyaakademik.1406618

Hazal Ezgi ÖZBEK¹, Suzan OĞUZ²,

¹ Arş. Gör., Çağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası İşletme Yönetimi Bölümü, hazalezgizobek@cag.edu.tr, Orcid No: 0000-0003-3259-6817

² Dr. Öğr. Üyesi, Çağ Üniversitesi Meslek Yüksekokulu, Dış Ticaret Bölümü, ssuzanoguz@gmail.com, Orcid No: 0000-0003-4876-3173

ÖZET

Anahtar Kelimeler /
Sürdürülebilirlik, Çevre Dostu Ürünler, Maske, Çok Kriterli Karar Verme, ÇKKV

Sürdürülebilir ürünlerin kullanımı arttıkça işletmeler için tedarikçi seçimi daha önemli hale gelmektedir. Bu ürünler doğal kaynakların israfını azaltmakta ve çevreye daha az zarar vermektedir. Maske kullanımı ve çevre bilincinin artmasıyla birlikte insanlar maske ve diğer birçok ürünü seçerken çevresel faktörleri dikkate almaya başlamıştır. Bunun sonucunda geleneksel tedarikçi seçim prosedürü yerine çevresel faktörleri dikkate alan çalışmalar literatürde giderek daha çok ilgi görmektedir. Bu çalışmanın amacı, çevre dostu ürünler satan bir işletme için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri ile bir maske tedarikçisi seçmektir. Bu doğrultuda ÇKKV yöntemlerinden Entropi tabanlı TOPSIS yöntemi kullanılarak seçim için en uygun çözüme ulaşmak hedeflenmiştir. Seçim yapmak üzere literatürden yola çıkılarak 4 kriter ve bu kriterleri dikkate alan 6 alternatif tedarikçi belirlenmiştir. Öncelikle Entropi yöntemi ile ele alınan kriterler ağırlıklandırılmış daha sonrasında TOPSIS yöntemi kullanılarak maske tedarikçileri arasında sıralama yapılmıştır. Çalışmanın bulguları, ele alınan kriterler arasında en önemli kriterin "Yeniden Kullanılabilirlik" (K1) olduğunu göstermektedir. Sıralama sonrası alternatifler arasında en uygun maske tedarikçisinin ise "Tedarikçi 2" (T2) olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Maske tedarikçisi seçim sürecinde bu kriterlerin değerlendirilmesi, işletmelerin daha güvenli, daha verimli ve sürdürülebilir bir tedarik zinciri oluşturmaya yardımcı olmaktadır. Seçim sürecinde daha bilinçli ve doğru kararlar alınması müşteri memnuniyetinin ve işletme itibarının artmasına da katkı sağlamaktadır.

ABSTRACT

Keywords:
Sustainability, Environmentally Friendly Products, Mask, Multi-Criteria Decision Making, MCDM

With the growing adoption of sustainable products, the process of choosing suppliers becomes increasingly crucial for businesses. These products reduce the waste of natural resources and cause less harm to the environment. With the use of masks and increasing environmental awareness, people have begun to consider environmental factors when choosing masks and many other products. As a result, studies that consider environmental factors instead of the traditional supplier selection procedure are attracting more and more attention in the literature. The aim of this study is to select a mask supplier for a business that sells environmentally friendly products with Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods. In this direction, it is aimed to reach the most suitable solution for selection by using the Entropy-based TOPSIS method, one of the MCDM methods. Based on the literature, 4 criteria and 6 alternative suppliers taking into account these criteria were determined to make the selection. First of all, the criteria handled by the Entropy method were weighted, and then a ranking was made among the mask suppliers using the TOPSIS method. The findings of the study show that the most important criterion among the discussed criteria is "Reusability" (K1). After the ranking, it was concluded that the most suitable mask supplier among the alternatives was "Supplier 2" (T2). Evaluating these criteria in the mask supplier selection process helps businesses create a safer, more efficient and sustainable supply chain. Making more conscious and correct decisions in the selection process also contributes to increasing customer satisfaction and business reputation.

1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze kadar geçen süreçte enfeksiyonlar toplumda kişiden kişiye yayılmakta, bu yayılmayı yavaşlatmak ve durdurmak için bulaşma riskini azaltacak önlemlerin belirlenmesi ve uygulanması için önlemler alınmaktadır. Bireysel düzeyde koruyucu davranışlar ve eylemler, topluluk düzeyinde bulaşmanın azaltılmasına katkıda bulunabilmektedir (Tso ve Cowling, 2020: 2195). Bu kapsamda ilk olarak 1900'lü yılların başında maske kullanımının öneminin ve hastaneler içerisinde kullanımının giderek arttığı gözlemlenmiştir. Yapılan araştırmalar, sağlıklı bireylerin maske kullandığında enfeksiyon alma riskinin, taşıyıcı bir hastanın ise bulaştırma riskinin azaldığını göstermektedir (Weaver, 1918: 77-78). Sağlık kuruluşları, çalışanlarının tıbbi maske kullanmalarını ve tedavi için gelen vakaların maske takmalarını tavsiye etmektedir. Hava damlacıkları, hava, temas ve fomitler yoluyla bulaşan ana enfeksiyon kaynağı olarak tanımlanmaktadır (Kurian vd., 2021: 765). Özellikle gelişmiş ülkelerde sağlık çalışanlarına solunum yolu enfeksiyonlarından korunmak amacı ile yüz maskesi ya da solunum cihazı kullanmaları önerilmektedir (MacIntyre ve Chughtai, 2015: 10).

Coronavirüs (Covid-19) salgınının ortaya çıkmasıyla Dünya çapındaki bilimsel topluluklar, modern teknolojileri kullanan aşı ve ilgili tıbbi araştırmalar yaparak hastalığın yayılmasını engellemeye yönelik çözümler aramaya başlamışlardır (Rab vd., 2020: 1617). Yapılan çalışmalarda bilim insanları, virüslerin başlangıçta nasıl bulaştığından emin olmasalar da, virüsün öncelikle havadaki küçük mikroskobik damlacıklar ve daha büyük solunum damlacıkları yoluyla bulaştığını vurgulamıştır. Salgın sürecinde aşılarda icadı ve dağıtımdan önce özellikle tıbbi veya endüstriyel sınıf maskeler takılması, güçlü ve etkili halk sağlığı araçlarından bir tanesi olarak kabul görmüştür (Hunt vd., 2022: 1). 2020'de ilan edilen pandemi koşulları göz önünde bulundurulduğunda, maske kullanımı oldukça hızlı bir artış göstermiştir. Covid-19 sürecinde yapılan araştırmalara göre yüz maskesi kullanımı birincil solunum yolu enfeksiyonu riskini %6 ile %15 arası azaltabilmektedir (Brainard vd., 2020: 1). Maske tüketiminin artmasıyla birlikte tıbbi atık kontrolü de bir o kadar zor hale gelmiştir (Sangkham, 2020: 2-3). Bu nedenle sürdürülebilirlik hedeflerinden atık sorununu da azaltmaya yönelik üretim ve tedarik sürecine çevre dostu maskeleri dahil etmek önem teşkil etmektedir. Çevre dostu maske kullanımının sürdürülebilirliğe katkıda bulunmasında önemli rol oynayan etkenlerden bazıları bu maskelerin geri dönüştürülebilir ya da doğada çözünebilir olmasıdır. Geliştirilmesi hedeflenen bu tip ürünlerin üretimi ya da tedariklerinde maliyet artışı gözlemlenmektedir (Hartanto ve Triastianti, 2022: 8). Diğer taraftan salgın döneminde panik hali gösteren satın alma davranışları ve yüz maskesinin yetersiz tedarik edilmesi nedeniyle sıkıntı yaşayan ülkelerde, yeniden kullanılabilir kumaş maskeler, genellikle tek kullanımlık tıbbi maskelere göre daha uygun maliyetli ve çevre dostu olarak görüldükleri için popüler bir seçenek haline gelmiştir. Bununla birlikte, mevcut yüz maskelerinin kalitesi ve performansında da önemli bir değişiklik olmaya devam etmektedir. Çünkü tüm maskeler bulaşıcı virüse karşı aynı korumayı sağlayamamakta ya da rahat hissettirmemektedir (Lee vd., 2020: 1). Bu nedenle işletmeler çevre dostu maske maliyetini düşürmek adına imalatçıları ve tedarikçilerini doğru seçebilmeyi hedeflemektedir. Bu doğrultuda verimli üretim süreçleri, sürdürülebilir malzemelerin kullanımı gibi stratejiler önem arz etmektedir. Diğer taraftan verimli üretim süreçlerine sahip üreticiler, tüketicilere daha düşük fiyatlar sunabilmektedir. Çünkü maskeleri daha hızlı ve daha az atıkla üretmeleri üretim maliyetlerinin düşürmelerine yardımcı olmaktadır. Sürdürülebilir malzemeler ise daha dayanıklı olduklarından ve daha az bakım gerektirdiklerinden uzun vadede daha uygun maliyetlidir.

Tedarik zinciri, başlangıç noktası olan üreticiden son nokta olan tüketiciye kadar uzanan bir akıştır. Bu süreç içerisinde tedarik edilen ürünün dinamikleri bulunduğu sektöre göre değişkenlik göstermektedir. Bu da döngü içerisindeki maliyeti etkileyen unsurlardan bir tanesi haline gelmiştir. Özellikle sürdürülebilirliği destekleyen çevre dostu ürünlerin maliyetinin yüksek olması göz önüne bulundurulduğunda, tedarikçi seçiminin doğru yapılabilmesi ya da alternatif üretilmesi önem teşkil etmektedir. Tedarikçi seçimine karar vermede ise kriterlerin doğru bir şekilde tanımlanması ve seçilmesi dikkate alınmaktadır (Banaeian vd., 2015: 150). Yeşil tedarikçi seçimi, bir işletmenin çevresel sürdürülebilirliğini arttırmak için önemli faktörler arasında yer almaktadır. Çevresel sorunlara yönelik farkındalık düzeyinin toplum içerisinde artması ile hem özel sektör hem de kamu sektörleri tedarik zincirlerine çevresel unsurları dahil etmeye başlamıştır. Bu nedenle araştırmacılar yeşil tedarikçi seçiminde fiyat, kalite gibi geleneksel kriterlere ek olarak, kirlilik kontrolü, kaynak tüketimi gibi çevresel kriterleri de göz önünde bulundurmaktadırlar (Gupta vd., 2019: 663). Günümüz işletmeleri de üretim süreçlerinde çevresel etkileri azaltmayı ve daha sürdürülebilir bir şekilde faaliyet göstermeyi hedefledikçe yeşil tedarik seçimi kavramının önemi daha çok değer kazanmaktadır. Ayrıca tüketiciler, satın alma kararlarının çevre üzerindeki etkisinin giderek daha fazla farkına vardığından işletmeler yeşil tedarikçilerle çalışarak marka itibarlarını artırabilmekte ve çevreye duyarlı tüketicilere hitap edebilmektedir.

Tedarikçi seçim sürecinde genel olarak birden fazla faktör dikkate alınmaktadır. Çünkü en uygun tedarikçinin seçilmesi maliyet, kalite, teslimat süresi ve tedarik güvenilirliği gibi çeşitli faktörlerden etkilenebilmektedir. Karar verici tarafından atanan ağırlıklar, her bir kriteri değerlendirmek için kullanılmakta ve bu ağırlıkların kombinasyonu tedarikçiler arasında karşılaştırılarak sıralama yapılmaktadır. Bir işletmenin ya da karar vericinin tedarikçi seçim süreci, mevcut tedarikçi adaylarını değerlendirmek ve en iyi sağlayıcıyı seçmek için kullanılan

kriterlerle birlikte bir tedarikçi seçim analizlerinin yapılmasını gerekli kılmaktadır. Bu çalışmada, çevre dostu ve rahat ürünler satan bir işletmenin maske tedarikçisi seçim probleminin çözümlenmesi için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden Entropi tabanlı TOPSIS yöntemi kullanılmış ve problemi çözümüne ulaştırmak amaçlanmıştır. Çalışmada ele alınan kriterler, literatür araştırması çerçevesinde oluşturulmuş ve kriterlerin ağırlıklarını belirlemek üzere hesaplamalarda Entropi yöntemi kullanılmıştır. Bu kriterler kapsamında işletme için tedarikçilerin değerlendirilmesi aşamasında ise yine ÇKKV yöntemlerinden bir tanesi olan TOPSIS yöntemi uygulanmış ve tedarikçiler arasında sıralama yapılmıştır. Literatür incelendiğinde tedarikçi seçim problemini ele alan çeşitli çalışmaların olduğu ancak bu seçimlerin belirli bir ürün üzerinde istenilen özellikleri ele alarak analiz eden çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Çevresel etkileri en aza indiren, kullanıcı dostu fonksiyonel özellikleri olan ve sürdürülebilirlik çerçevesine uygun üretim ve tedarik süreçlerine sahip olan tedarikçilerin seçilmesi işletmelere rekabet gücü kazandırabilmektedir. Bu kapsamda çalışmanın tedarikçi seçim sürecinde, birey ve işletmelere daha bilinçli bir şekilde değerlendirme yapmalarına katkıda bulunması beklenmektedir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Günümüz rekabet dünyasında firmalar, kaynaklarının doğru bir şekilde kullanılması ya da planlanması için tedarik zincirini iyi yönetebilmeyi hedeflemektedir. Bu doğrultuda tedarikçi seçimini yaparken her sektör kendi sistem dinamikleri içerisinde önem arz edecek kriterleri baz alarak seçim yapmayı tercih etmektedirler. Tedarikçi seçiminde çeşitli kriterleri belirlemede ise en yaygın kullanılan yöntem ÇKKV yöntemleridir. Çalışmanın bu bölümünde ÇKKV yöntemlerinin farklı sektörlerde kullanımı üzerine literatür özetine yer verilmiştir.

Athawale vd. (2009) yaptıkları çalışmada beş farklı çok kriterli karar verme yöntemini incelemiş olup 5 kriter ve 18 alternatif içerisinde en iyi 5 potansiyel tedarikçiyi belirlemişlerdir. Çalışmayı sürdürdükleri grupta bulunan hidrolik bileşen parçaları için tedarikçi-10 için en iyi sonucu verdiğini gözlemlemişlerdir. Aynı zamanda yöntemler arasından TOPSIS yönteminin en iyi ÇKKV yöntemi olduğunu belirlemişlerdir.

Parthiban (2012) yaptığı çalışmada otomotiv parçası imalat eden bir sanayiden veri toplayarak tedarikçi seçim sürecini etkileyen faktörler ile bu faktörlerin etkileşimini incelenmiştir. Çalışmada kriterlerin ağırlıkları ile olan ilişkisini bulmak için yorumlayıcı yapısal modelleme tekniğinden yararlanılmıştır. En iyi tedarikçi seçimine karar vermede ise ağırlıkları en yüksek olan faktörler Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Analiz sonucunda 20 tedarikçi arasından 5 adet optimal çözüm elde edilmiştir.

Tosun (2017) yaptığı çalışmada Antalya ilinde bulunan bir mobilya işletmesinin tedarikçi seçim problemini ele almış ve stokastik çok kriterli kabul edilebilirlik analizi yöntemini kullanmıştır. Seçim yapmak üzere belirlediği 6 kritere göre mevcut 3 tedarikçisi arasında sıralama yapmıştır. Sıralama sonrası işletme için en uygun tedarikçinin "Alternatif 3" olduğu belirlenmiştir.

Kumar vd. (2018) yaptıkları çalışmada küçük ölçekli çelik imalatı yapan bir firmada maliyet ve fayda kriterlerini ayırt etmek amacı ile çok kriterli karar verme yöntemlerinden bulanık TOPSIS yöntemini kullanmıştır. Elde edilen bulgulara göre; pozitif ve negatif ideal çözüme en yakın ve en uzak olan çözümler belirlenmiş ve sıralanmıştır.

Supçiller ve Deligöz (2018) çalışmalarında, bir tekstil firmasında tedarik zinciri performansını geliştirme amacı ile sekiz farklı karar verme yöntemi ile iki uzlaşma yöntemi kullanarak tedarikçi seçim problemini incelemişlerdir. Öncelikle firmadan elde ettikleri bilgiler ile AHP yöntemini kullanarak kriterlerin ağırlıklandırılmalarını belirlemişlerdir. Diğer yöntemlerde de bu kriterler sıralandırılmış ve içlerinde en fazla "Tedarikçi 1" ilk sırada yer almıştır.

Savaşkan vd. (2021) yaptıkları çalışmada kuru kayısı sektörünün ihracatına değindikleri çalışmada, pazardaki rekabeti etkileyen tedarikçi seçimi üzerine araştırma yapmışlardır. Nicel ve nitel faktörleri kapsayan tedarikçi seçimi için çok kriterli karar verme yöntemlerinden bulanık TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Analiz kullanılan ele alınan kriterler doğrultusunda 4 tedarikçi içerisinde ideal çözüme en yakın tedarikçi belirlenmiştir.

Sarıçam ve Yılmaz (2022) yaptıkları çalışmada tedarikçi değerlendirmesinin giyim perakendecileri için önemini incelemiştir. Giyim tedarik zincirinde nicel ve nitel çok kriter bulunduğundan TOPSIS ve AHP yöntemlerini kullanılarak en olurlu çözüm elde edilmiştir. Aynı zamanda çalışmada Veri Zarflama Analizi kullanılarak performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Kullanılan yöntemlerin sonuçlarına göre, tedarikçi seçiminde sadece ÇKKV yöntemlerinden elde edilen ağırlıklara odaklanmak yerine, performans değerlendirmelerini de eklemenin daha iyi çözüm verdiği sonucuna varılmıştır.

Wei ve Zou (2022) çalışmalarında, elektrikli araçların tedarikçi seçimi için ÇKKV yöntemlerinden Vikor ve en iyi en kötü yöntemini kullanmışlardır. Çin'deki devlet kurumları ve kamu kuruluşları açısından ulaşım sektöründeki artan karbon nötr baskısı ve pazarlama rekabeti nedeniyle elektrikli araçların önemini doğru

tedarikçi seçiminden geçtiğini vurguladıkları çalışmada 14 farklı kriter seçmişlerdir. Elde edilen bulgulara göre ağırlıkları en yüksek olan bir başka deyişle önem arz eden kriterler; kötü çevresel kayıt, maliyet, hizmet, kalite ve çevresel girişimler olarak belirlenmiştir.

Verma vd. (2022) yaptıkları çalışmada termodinamik özelliklere dayalı yeşil tedarikçi seçimi ÇKKV yöntemlerini kullanmışlardır. Farklı ÇKKV yöntemlerinin uygulanmış olduğu çalışmada, değerlendirme matrisinden enerji, ekserji ve entropinin termodinamik özelliklerden çıkarılması gözlemlenmiştir. Önerilen yöntemin en önemli avantajı, uzmanlar tarafından atanan derecelendirmelerin kalitesinin hesaba katılmasıdır.

Banadkouki (2023) çalışmasında, enerji verimliliğinin ve tüketiminin küresel olarak önemini vurgulamak amacıyla uygulama stratejilerini belirlemek için ÇKKV yöntemlerini kullanmıştır. Öncelikli olarak enerji verimliliğini iyileştirmeye yönelik kriterleri uzman görüşü ve araştırmaları doğrultusunda belirlemiştir. Bir sonraki adımda belirlenen kriterlere ağırlıklar tahsis etmiş ve elde edilen stratejilerin sıralanması için Entropi ve TOPSIS yönteminden yararlanmışır. Çalışmada belirtilen kriterler içerisinde en yüksek ağırlığın “Stratejileri Uygulama Maliyeti” nde verildiği gözlemlenmiştir.

Nurprihatin vd. (2023) yaptıkları çalışmada, finansal veya finansal olmayan kayıpları önlemek amacıyla ham madde tedarikçilerinin doğru seçilmesi için ÇKKV yöntemlerini kullanmışlardır. Fiyat, teslim süresi, ödeme koşulları ve kalite ile hizmet kriterleri baz alınmış olup AHP ve TOPSIS yöntemlerini uygulamışlardır. Her iki yöntem de tedarikçi seçiminde en uygunu belirlemeye yardımcı olurken AHP yöntemi çeşitli alternatifler arasından öncelikleri belirlemek için kullanılmaktadır. Elde ettikleri sonuçlara göre her iki yöntemin kriter ağırlıkları farklı çıkmış olup; AHP yöntemine göre Tedarikçi A öncelikli iken; TOPSIS yöntemine göre Tedarikçi B'nin öncelikli olduğu sonucuna varılmıştır.

Tan vd. (2023) yaptıkları çalışmada arz özelliklerine dayanarak 402 tedarikçi içerisinde 50 adet iyi tedarikçi seçimi için Entropi ağırlıklandırma yöntemi tabanlı TOPSIS modelini kullanmışlardır. İşletme üretiminin önemini ön plana çıkaran TOPSIS modeli, imalat işletmelerinin tedarikçi seçim süreçlerini optimize etmeleri için sistematik ve objektif bir araç sunmaktadır. Böylece en önemli 50 tedarikçinin belirlenmesi ile birlikte satın alma maliyetlerini en aza indirmeye ve üretim gelişimini desteklemenin önemini vurgulamaktadırlar.

Ghafoori ve Abdallah (2024) yaptıkları çalışmada TOPSIS yöntemini kullanarak yeni bir malzeme ve tedarikçi seçim modeli geliştirmişlerdir. İnşaat sektörü çoğunlukla insan değerlendirmesinin ve tedarikçi iletişiminin kısıtlı olmasından kaynaklı malzeme tedarikçi seçiminde oldukça hataya açıktır. Bu nedenle tedarikçi seçimin belirli kriterler doğrultusunda uygun seçilmesi önem arz etmektedir.

Çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde ÇKKV yöntemlerinin çeşitli sektörlerde ürün ve tedarikçi seçimi için kullanıldığı görülmektedir. Bu yöntemler, ürün ve tedarikçi seçim sürecinde, her sektörün kendi dinamikleri doğrultusunda önemli kriterlerin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmakta ve işletmelerin kaynaklarını doğru bir şekilde kullanmalarına ve tedarik zincirlerini verimli bir şekilde yönetmelerine yardımcı olmaktadır.

3. ÇALIŞMANIN AMACI VE YÖNTEMİ

3.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada Adana ilinde bulunan ve çevre dostu ürünler satan bir işletme için 6 maske tedarikçisi arasında seçim yapmak üzere ÇKKV yöntemlerinden TOPSIS yöntemi kullanılarak sıralama yapılmıştır. 2012 yılında yerel ve bölgesel düzeyde kurulmuş olan ve sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda faaliyet gösteren orta ölçekli bu işletme, çevreye duyarlılık ve kalite odaklı yaklaşımıyla sektörde saygın bir konuma sahiptir. Oluşturdukları misyonlarının temelinde, insanların sağlıklı bir yaşam sürdürmelerine ve çevreyi korumalarına yardımcı olmak yer almaktadır. Bu doğrultuda, müşterilerine çevresel etkileri en aza indirgeyen, yenilikçi ve konforlu ürünler sunarak rahat edebilecekleri ve çevresel farkındalıklarını artırarak sürdürülebilir bir geleceğe katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. İşletme maske'nin yanı sıra bambu mutfak gereçleri, geri dönüştürülebilir ambalajlar ve doğal kişisel bakım ürünleri gibi farklı ürün kategorileriyle müşteri taleplerini karşılamaya çalışmaktadır. Özellikle pandemi sonrası maske tedarikçisine olan ihtiyacın artmasıyla tedarik sürekliliğini sağlamak ve tedarik zincirindeki olası kesintileri minimize etmek önem kazanmıştır. Bu doğrultuda işletme, yakın işbirliği, etkin bilgi paylaşımı ve maliyet avantajı sağlamak üzere güvenilir bir maske tedarikçisi seçmeyi stratejik bir karar olarak belirlemiştir. TOPSIS yöntemi, kriter ağırlıklarını ve performans değerlerini dikkate almakta ve araştırmacıların nesnel bir sıralama yapmasına olanak tanımaktadır. Dolayısıyla bu yöntem ile ürün tedarikçisi seçim süreci sistematik ve objektif bir şekilde gerçekleştirilmektedir. ÇKKV problemlerinde kriterlerin önem düzeyleri her zaman eşit olmadığı için öncelikli kriterlere ağırlık değeri atanmakta ve kriterlerin önem düzeyleri belirlenmektedir. Bu araştırma kapsamında, kriterlerin ağırlık değerlerinin hesaplanması için Entropi yöntemi kullanılmıştır. Daha sonra tedarikçi alternatifleri TOPSIS ile değerlendirilmiş ve sıralama yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar için Microsoft Excel 2010 programı kullanılmıştır.

Karar analizi, tanımlayıcı temeller üzerine kurulmuş kuralcı bir disiplin olarak tanımlanmaktadır (Dhurkari, 2022: 2221). ÇKKV yaklaşımlarından elde edilen çözümlerin doğası gereği optimal ya da mümkün olan tek çözüm olmadığını kabul etmek gerekmektedir. Bu yöntem, karar vericilerin yüksek kaliteli ve gerçekçi bir çözüm geliştirmesine olanak tanıyarak sorunu netleştirmeyi amaçlamaktadır. Bu metodolojik yaklaşım, karar vericiler, kamuoyu ve farklı çıkar grupları arasında gereksiz anlaşmazlıkları önleyerek gerekli uzlaşmayı teşvik etmektedir (Petrović vd., 2023: 208). ÇKKV yöntemleri, birden fazla alternatif ve kriterlerin mevcut olduğu durumlarda kullanılan yöntemlerdir. Bu yöntemler karar verme probleminde, genellikle birbirleriyle çelişebilen kriterlerin var olduğu durumlarda alternatifler arasında en uygun seçimi yapmak üzere kullanılmaktadır (Pekkaya ve Aslan, 2018: 296). Tedarikçi seçimi probleminin çözümünde temel olarak ele alınan iki önemli özellik vardır. Bunlardan birincisi, tedarikçilerin değerlendirilmesi için ele alınacak kriterlerin tespit edilmesidir. İkincisi ise bu tedarikçileri ilgili kriterlere göre sıralamak üzere kullanılacak uygun yöntemin seçilmesidir (Özgüner, 2020: 1110).

3.2. Entropi Yöntemi

Entropi yöntemi çeşitli bilim ve mühendislik alanlarına uygulanan ağırlıklandırma yöntemlerinden biri olarak kullanılmaktadır. Literatüre 1865 yılında giren bu kavram, evrende kendi haline bırakılan sistemlerin zaman içerisinde düzensiz bir şekilde bozulması olarak tanımlanmıştır. Daha sonra Shannon (1948) bu kavramı, belirsizliğin bir ölçüsü olarak tanımlamıştır. Bilgi teknolojilerinde kullanılmak amacıyla geliştirilen yöntem ile ortaya konan probleme ilişkin maksimum belirsizlik veya minimum belirliliği açıklanmakta ve insan kaynaklı hatalar ortadan kaldırılmaktadır (Wu vd., 2011: 5163; Zhang vd., 2011: 444). Entropi yönteminde daha geniş bir veri dağılımının, daha sıkı bir şekilde paketlenmiş bir dağılıma kıyasla daha yüksek bir düzensizlik derecesi sergilediği varsayılmaktadır (Sarraf vd., 2013: 868).

Çok kriterli analiz modellerinde, kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi sorunlu bir unsur olarak ortaya çıkmakta ve belirli bir bağlamda karar vermeyi daha da karmaşık hale getirmektedir. Kriterlerin ağırlığı, karar verme sürecinin sonucunu önemli ölçüde etkilemektedir; bu nedenle kriterlerin ağırlığının objektifliği önemli ölçüde dikkat gerektirmektedir (Petrović vd., 2023: 207). Literatür incelendiğinde entropi yönteminin karar verme süreçlerinde kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Karar vermede, alternatifleri değerlendirmek için kullanılan kriterler ve her bir kritere atanan ağırlıklar, bu kriterlerin görece önemini yansıtmaktadır. Dolayısıyla subjektif görüşler, önyargılar ya da eksik bilgiler söz konusu olabileceğinden, bu ağırlıkları belirlemek zor olmakta, Entropi bu zorluklara karşı duyarlı bir yöntem olarak sıklıkla kullanılmaktadır.

Entropi yönteminin aşamaları aşağıda sıralandığı gibidir (Zou vd., 2006; Wu vd., 2011; Karami ve Johansson, 2013; Boroushaki, 2017).

Adım 1. Karar matrisinin oluşturulması: Öncelikle seçim probleminde yer alan tüm kriterler ve alternatifleri içeren bir karar matrisi (X_{ij}) oluşturulmaktadır. Bu matris aşağıdaki denklemde gösterildiği gibidir.

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1j} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ij} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Adım 2. Karar matrisinin normalize edilmesi: Daha sonra, aşağıda yer alan denklem aracılığıyla karar matrisi (P_{ij}) normalize edilmektedir.

$$P_{ij} = \frac{x_j}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (2)$$

Adım 3. Kriterlere ilişkin entropi değerlerinin elde edilmesi: Bu adımda, tüm kriterler için entropi değerleri (E_j) aşağıdaki denklem aracılığıyla hesaplanarak elde edilmektedir.

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln (P_{ij}) \quad (3)$$

Adım 4. Farklılaşma derecesinin elde edilmesi: Bu adımda entropi değerinin farklılaşma derecesi (d_j) aşağıdaki denklem aracılığıyla hesaplanarak elde edilmektedir.

$$d_j = 1 - E_j \quad (4)$$

Adım 5. Entropi ağırlığının elde edilmesi: Son aşamada tüm kriterlerin ağırlık değeri (w_j) aşağıda yer alan denklem aracılığıyla hesaplanmaktadır.

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (5)$$

2.3. TOPSIS Yöntemi

1981 yılında Hwang ve Yoon tarafından geliştirilmiş bir ÇKKV yöntemlerinden biri olan TOPSIS yöntemi pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm olmak üzere iki temel noktaya dayanmaktadır. Bu yöntem, pozitif ideal çözüme en kısa mesafedeki ve negatif ideal çözüme en uzak mesafedeki seçeneği tespit etmeyi amaçlamaktadır. (Yousefi ve Hadi-Vencheh, 2010; Chen, 2019). Bu yöntemde her bir özellik monoton olarak artan veya azalan bir varyasyon sergiliyorsa, optimal bir çözümün tanımlanmasının görece kolay olması beklenmektedir (Sarraf vd., 2013: 869). Basit ve mantıklı yaklaşımı ile bilinen TOPSIS yöntemi, hesaplama kolaylığı sayesinde birçok endüstride karar verme problemlerini çözmek için sıklıkla kullanılmaktadır (Durmaz ve Gölcük, 2023: 1554). TOPSIS yönteminin uygulama adımları aşağıda sıralandığı gibidir (García-Cascales ve Lamata, 2007; Çakır ve Perçin, 2013; Trung ve Thinh, 2019; Oğuz, 2023).

Adım 1. Standart karar matrisinin oluşturulması: Karar matrisi, kriterlere ait değerlerin o kriterlerin kareleri toplamının kareköküne bölünmesiyle normalize edilmektedir.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m x_{ij}^2}} \quad i = 1, \dots, m ; j = 1, \dots, n \quad (6)$$

Karar matrisinin normalize edilmesiyle standart karar matrisi (R_{ij}) elde edilmektedir.

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Adım 2. Ağırlıklı standart karar matrisinin oluşturulması: Önceden belirlenen ölçüt ağırlıklarının (w_j), R_{ij} 'nin elemanları ile çarpılmasıyla ağırlıklı standart karar matrisi (V_{ij}) elde edilmektedir.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 n_{11} & w_2 n_{12} & \dots & w_n n_{1n} \\ w_1 n_{21} & w_2 n_{22} & \dots & w_n n_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 n_{m1} & w_2 n_{m2} & \dots & w_n n_{mn} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Adım 3. Pozitif ideal (A^*) ve negatif ideal (A^-) çözümlerin elde edilmesi: Pozitif ve negatif ideal seçenekler aşağıda gösterilen denklemler aracılığıyla hesaplanmaktadır.

$$A^* = \{(\max_i v_{ij} \mid j \in J), (\min_i v_{ij} \mid j \in J')\} \quad (9)$$

$$A^- = \{(\min_i v_{ij} \mid j \in J), (\max_i v_{ij} \mid j \in J')\} \quad (10)$$

Adım 4. Ayrım ölçülerinin hesaplanması: TOPSIS yönteminde S_i^* ve S_i^- olmak üzere iki ayrım ölçüsü bulunmaktadır. Alternatiflerin pozitif ideal çözüme uzaklığını gösteren S_i^* ve negatif ideal çözüme uzaklığını gösteren S_i^- değerleri aşağıdaki denklemler aracılığıyla hesaplanmaktadır.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (11)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (12)$$

Adım 5. İdeal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması: S_i^* ve S_i^- değerleri kullanılarak her bir alternatif için pozitif ideal çözüme göreli yakınlık C_i^* değerleri aşağıda yer alan denklem aracılığıyla hesaplanmaktadır. Hesaplama sonrası alternatiflerin performans sıralamaları C_i^* değerlerinin büyüklük sırasına göre dizilmektedir. Sıralama sonrası değeri en yüksek olan alternatif birinci olmaktadır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (13)$$

4. ANALİZ VE BULGULAR

Tedarikçi seçim sürecinde dikkate alınan kriterler, işletmelerin özelliklerine göre farklı ağırlıklara sahip olabilmekte ve değişkenlik gösterebilmektedir. Bu doğrultuda, karar verme süreçlerinin karmaşık bir hale gelmemesi için kriterlerin birbiriyle çatışmaması önem arz etmektedir. İşletmeler ile tedarikçilerinin uzlaştığı ve işletmelerin yapısına uygun olan kriterler, tedarik zincirinin performansının artmasına katkı sağlayacaktır (Ecemiş ve Yaykaşlı, 2018: 396). Çalışma kapsamında işletmenin tedarik edeceği maske seçimi için kullanılan kriterler literatürden yola çıkılarak belirlenmiş olup Tablo 1'deki en çok vurgulanan dört ana kriter dikkate alınmıştır (Lee vd., 2020; Tcharkhtchi, vd, 2021; Aydın ve Köksalmış, 2021; Hartanto ve Mayasari, 2021; Zulqarnain vd., 2021; Hartanto ve Triastianti, 2022; Cloet vd., 2022; Cui vd., 2022; Ajaj vd., 2023; Wang vd., 2023).

Tablo 1. Çalışma Kapsamında Kullanılan Kriterler

Kriter Kodu	Kriter Adı
K1	Yeniden Kullanılabilirlik
K2	Rahat Nefes Alabilirlik
K3	Ergonomik Yapı
K4	Filtrasyon Verimliliği

Dünya genelinde doğal kaynaklarının tükenmesiyle ilgili çevresel sorunlar dikkat çekmekte ve endüstriyel ürünlerin üretildiği, tüketildiği ve sonunda bertaraf edildiği geleneksel sistemde insanlığın, çevre üzerindeki olumsuz etkisinin önemli ölçüde arttığı görülmektedir (Okumura vd., 2017: 161). Bu noktada yeniden kullanılabilir ürünler, doğal kaynakların israfını ve bu atıkların çevreyi kirletme oranını azaltmaktadır. Ayrıca bu ürünleri daha uzun süre kullanmak, daha az enerji tüketilmesi anlamına da gelmektedir. Bu yüzden çevreye duyarlı tüketiciler, maske seçimlerinde de yeniden kullanılabilir ürünleri tercih ederek bu ürünleri uzun süre kullanmaya çalışmaktadır.

Solunum, maskenin içinde bir mikro iklim yarattığından, solunan hava ve su buharı kendi sıcaklık ve nem seviyelerini oluşturmakta, maske bölgesindeki aşırı yüksek sıcaklık nemli bir ortama ve nefes almada zorluklara neden olmaktadır (Lee vd., 2020: 1). Özellikle salgın döneminde gözlemlendiği üzere, günün büyük bir bölümünde kullanılan maskelerin rahat nefes almayı sağlaması önem arz etmektedir. Üreticiler maskelerde rahat nefes alabilirlik kriterini göz önünde bulundurarak üretmiş oldukları maskeler üzerinde nefes alma testleri yapmaktadır.

Maske seçimlerinde dikkate alınan diğer bir kriter ise ergonomik yapıdır. Birçok üründe olduğu gibi maskelerde de ergonomik yapı büyük öneme sahiptir. Maskelerin yüze rahatsızlık vermemesi ve temas ettiği bölgeleri tahriş etmemesi tüketiciler tarafından tercih edilmesinde önemli rol oynamaktadır.

Bir maskenin filtrasyon verimliliği, partikülleri ve virüsleri havada tutma kapasitesini temsil etmektedir ve bir verimlilik oranı olarak belirtilerek partikül boyutunu, filtre edilen hava miktarını ve kullanım süresini içermektedir (Tcharkhtchi, 2021: 114). Yani bu verimlilik virüs ve bakterileri filtreleme yeteneğini göstermektedir. Ortamdaki kirleticileri uzaklaştırma yüzdesini gösteren bu kriter için filtrasyon testleri yapılmaktadır.

Çalışma kapsamında ele alınan alternatif tedarikçiler ve kriterlerin yer aldığı karar matrisi Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2. Karar Matrisi

Tedarikçiler	K1	K2	K3	K4
T1	7	4	6	5
T2	5	6	7	7
T3	3	7	6	8
T4	6	4	7	6
T5	5	5	8	7
T6	7	5	7	4

ÇKKV sürecinde Entropi yöntemi ile kriterlerin önem sıralaması ve ağırlıkları belirlenebilmektedir. Bu yöntem, objektif ve sistematik bir yaklaşım sağlayarak karar verme sürecini desteklemeye yardımcı olmaktadır. Kriter ağırlıkları Tablo 3’te gösterildiği gibidir.

Tablo 3. Kriter Ağırlıkları

K1	K2	K3	K4
0,2551664	0,24988363	0,24356498	0,25138499

Tablo 3 incelendiğinde kriterlerin ağırlıklarına göre $K1 > K4 > K2 > K3$ şeklinde sıralandığı görülmektedir. Değerler kriter ağırlıklarının birbirlerine oldukça yakın olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan literatür incelendiğinde ÇKKV sürecinde kriter ağırlıklarının birbirlerine yakın olduğu durumlarda da kriterler arasında bir öncelik sıralaması yapabilmek için aralarındaki küçük farkların yeterli olduğu belirtilmiştir. Kriterler arasındaki farkların küçük olması, kriterlerin birbirlerine göre önemlerinin benzer olduğunu ve karar verme sürecindeki etkilerinin yakın olduğunu göstermektedir. Tablo 3’teki sıralamaya göre en önemli kriterin yeniden kullanılabilirlik (K1) olduğu görülmektedir.

Kriter ağırlıkları belirlendikten sonra bu ağırlıklar TOPSIS yöntemine taşınmakta ve ele alınan alternatifler bu kriterlere göre değerlendirilmektedir. TOPSIS yöntemi Tablo 2’de gösterilen karar matrisine uygulanmakta, ilk adım olarak karar matrisi normalize edilmektedir. Karar matrisinin normalize edilmesiyle oluşturulan standart karar matrisi Tablo 4’te, karar matrisinin standardize edilmesinin ardından elde edilen ağırlıklandırılmış standart matris ise Tablo 5’te sırasıyla gösterilmektedir.

Tablo 4. Standart Karar Matrisi

Tedarikçiler	K1	K2	K3	K4
T1	0,50	0,30	0,35	0,32
T2	0,35	0,46	0,41	0,45
T3	0,21	0,54	0,35	0,51
T4	0,43	0,30	0,41	0,38
T5	0,35	0,38	0,47	0,45
T6	0,50	0,38	0,41	0,25

Tablo 5. Ağırlıklandırılmış Standart Karar Matrisi

Tedarikçiler	K1	K2	K3	K4
T1	0,128571	0,077346	0,086871	0,081304
T2	0,0918364	0,116019	0,101349	0,113825
T3	0,0551018	0,135356	0,0866871	0,130086
T4	0,1102037	0,077346	0,101349	0,097564
T5	0,0918364	0,096683	0,115827	0,113825
T6	0,128571	0,096683	0,101349	0,065043

Ağırlıklandırılmış normalize matrisin elde edilmesinden sonra pozitif ve negatif ideal çözüm değerlerinin yer aldığı Tablo 6 aşağıda gösterilmektedir.

Tablo 6. Pozitif ve Negatif İdeal Çözüm Değerleri

Tedarikçiler	K1	K2	K3	K4
A ⁺	0,128571	0,135356	0,115827	0,130086
A ⁻	0,0551018	0,077346	0,0866871	0,065043

Tablo 6’daki değerler incelendiğinde, K1’de (yeniden kullanılabilirlik) pozitif ideal çözümü T1 ve T6 alternatifleri, negatif ideal çözümü ise T3 alternatifi temsil etmektedir. Bu kriter dikkate alındığında, puanı en iyi olan tedarikçiler 0,128571 puan ile T1 ve T6, en düşük puana sahip olan tedarikçi de 0,0551018 puan ile T3 olmuştur. K2 (rahat nefes alabilirlik) dikkate alındığında, pozitif ideal çözümü T3, negatif ideal çözümü ise T1 ve T4 alternatifleri temsil etmektedir. K3 (ergonomik yapı) dikkate alındığında, pozitif ideal çözümü T5, negatif

ideal çözümü ise T3 temsil etmektedir. Son olarak K4 (filtrasyon verimliliği) dikkate alındığında, pozitif ideal çözümü T3, negatif ideal çözümü ise yine T6 temsil etmektedir.

TOPSIS yönteminde son olarak her bir alternatifin pozitif ideal çözümden olan mesafesi S_i^* , negatif ideal çözümden olan mesafesi S_i^- ve alternatiflerin pozitif ideal çözüm noktasına olan yakınlıklarını gösteren C_i^* değeri hesaplanmaktadır. Bu değer büyükten küçüğe doğru sıralanarak tedarikçilerin performansını belirlemektedir. En yüksek değeri alan tedarikçi ideal çözüme en yakın olan yani ilk tercih edilmesi gereken tedarikçi olur iken, en düşük değeri alan tedarikçi ise alternatifler arasında en son tercih edilmesi gereken tedarikçi olmaktadır. Yapılan hesaplamalar sonrası değerler ve sıralama Tablo 7’de gösterildiği gibidir.

Tablo 7. Standart Karar Matrisi

Tedarikçiler	S_i^*	S_i^-	C_i^*	Sıralama
T1	0,081138	0,075247	0,481166	6
T2	0,046876	0,073718	0,611291	1
T3	0,07897	0,087153	0,524632	3
T4	0,070497	0,065601	0,482015	5
T5	0,055762	0,070296	0,557646	2
T6	0,077044	0,077338	0,500953	4

Tablo 7 incelendiğinde, puanı en yüksek olan tedarikçinin 0,611291 puan ile T2 olduğu görülmektedir. T2’yi sırasıyla 0,557646 puan ile T5, 0,524632 puan ile T3, 0,500953 puan ile T6, 0,482015 puan ile T4 ve 0,481166 puan ile T1 takip etmektedir. Tüm hesaplamalar sonrası tedarikçiler arasındaki en iyi alternatifin T2, en düşük puana sahip olan alternatifin ise T1 olduğu söylenebilir.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Son yıllarda küresel bir sorun olan ve insan sağlığını tehdit eden Covid-19’un ortaya çıkmasıyla birlikte bireyler, solunum yolu ile bulaşma riski taşıyan hastalıklardan çeşitli tedbirler alarak korunmaya çalışmaktadır. Özellikle kapalı ortam içerisinde bulunan iki ya da daha fazla bireyin havasız koşullar altında enfeksiyon kapma riski bir hayli yüksektir. Bu nedenle bireyler korunma yöntemlerinden biri olan maske kullanımını tercih etmişlerdir ve maske kullanımında ciddi bir artış olmuştur.

Sürdürülebilir ürünlerin kullanımının artmasıyla birlikte, işletmeler tedarikçi seçim sürecine daha fazla önem vermektedir. Bu ürünler doğal kaynakların tükenmesini en aza indirerek çevresel etkileri azaltmaktadır. Maskelerin giderek daha fazla benimsenmesi ve çevre bilincinin artması nedeniyle, bireyler artık maske ve diğer çeşitli ürünleri seçerken ekolojik hususları dikkate almaktadır. Maske kullanımının ve çevresel duyarlılığın artmasına paralel olarak bireyler diğer birçok üründe olduğu gibi maske seçiminde de çevresel kriterleri dikkate almaya başlamıştır. Bu nedenle literatürde geleneksel tedarikçi seçimi süreci yerine çevresel kriterleri dikkate alan seçimlerin yapıldığı çalışmalar da ağırlık kazanmıştır. Yeşil tedarikçi seçimi, bir işletmenin çevresel etkisini azaltmak, marka itibarını geliştirmek ve daha sürdürülebilir bir ekonomiye katkıda bulunmak için önem arz etmektedir. Bu çalışmada çevre dostu ürünler satan bir işletme için, maske tedarikçisi seçim problemi ele alınmıştır. Seçim sürecinde en uygun çözüme ulaşmak için ÇKKV yöntemlerinden Entropi tabanlı TOPSIS yaklaşımı kullanılmıştır. Literatürden yola çıkılarak 4 kriter belirlenmiş ve bu kriterleri dikkate alan 6 alternatif tedarikçi arasında sıralama yapılmıştır. Öncelikle Entropi yöntemi ile ele alınan kriterler ağırlıklandırılmış olup sonrasında TOPSIS yöntemi kullanılarak tedarikçiler arasında sıralama yapılmıştır. Bulgular değerlendirildiğinde kriterler arasında en önemli kriterin “Yeniden Kullanılabilirlik” (K1) olduğu görülmüştür. Sıralamadan sonra ise alternatifler arasında en uygun tedarikçinin “Tedarikçi 2” (T2) olduğu gözlemlenmiştir.

Ekolojik dengenin korunmasına fayda sağlayacak en önemli unsurlardan bir tanesi, çevre dostu ürünlerin kullanımına yönelik farkındalığın artırılmasıdır. Çevreye duyarlı bireyler bu dengeyi korumak, kaynakları daha az tüketmek ve çevreyi kirletmemek gibi amaçlar doğrultusunda bu ürünlere yönelmektedir. Kullanılan bu ürünlerin doğada çözünebilir olması da sürdürülebilir amaçlara katkı sağlamaktadır. Bu çalışmanın bulguları, maske tedarikçisi seçim sürecinde daha bilinçli ve bilgiye dayalı kararlar almak için önem arz etmektedir. Çünkü kriterlere dayalı analiz, işletmelere ve işletme bünyesindeki karar vericilere hangi faktörlerin önemli olduğunu ve tedarikçilerin bu faktörlere nasıl cevap verdiğini göstermektedir. Bu doğrultuda, seçim sürecinde daha iyi kararlar alınırken, riskler azalabilmekte ve karar verme süreci daha verimli hale gelmektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalar için araştırmacılara daha farklı kriterleri ele almaları ve diğer ÇKKV yöntemlerini kullanarak karşılaştırma yapmaları önerilmektedir. Aynı zamanda sürdürülebilirliğin her bir hedefi üzerine çalışmalar yapılabilir ve farklı kriterler belirleyip küresel sorunlara yönelik alternatif çözümler üretilebilir.

EXTENDED SUMMARY

Aim and Scope

The supply chain is a flow from the producer as the starting point to the consumer as the end point. In this process, cost and factors affecting the cost are critical. Considering the high cost of environmentally friendly products that support sustainability, it is important to choose the right supplier or produce alternatives. The correct definition and selection of the criteria are taken into account when deciding on the supplier selection. Green supplier selection is among the important factors to increase the environmental sustainability of a business. With the increasing awareness of environmental problems in society, both the private and public sectors have started to include environmental elements in their supply chains. For this reason, researchers consider environmental criteria such as pollution control and resource consumption in addition to traditional criteria such as price and quality in choosing green suppliers.

The aim of this study is to select a mask supplier for a business that sells environmentally friendly products with Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods. It is expected that the findings of this study will guide both individuals and businesses in the use of environmentally friendly products and the appropriate selection of suppliers.

Methods

In this study, a ranking was made using the TOPSIS method, which is one of the MCDM methods, to choose among 6 mask suppliers for a business selling environmentally friendly products in Adana. Since the importance levels of the criteria are not always equal in MCDM problems, firstly weight values are assigned to the criteria and the importance levels of the criteria are determined. Within the scope of this research, the Entropy method was used to calculate the weight values of the criteria. Then, supplier alternatives were evaluated with TOPSIS and a ranking was made. Microsoft Excel 2010 program was used for calculations.

The entropy method is used as one of the weighting methods applied in various and science engineering focuses. In decision making, the parameters used to evaluate alternatives and the weights assigned to each criterion reflect the relative importance of that criterion. Therefore, it is difficult to determine these weights because there may be subjective opinions, prejudices or incomplete information, and Entropy is used as a sensitive method against these difficulties. The TOPSIS method is based on two basic points: the positive ideal solution and the negative ideal solution. This method aims to detect the option with the shortest distance from the positive ideal solution and the farthest distance from the negative ideal solution.

Findings

The criteria used in the supplier selection process can have different weights and vary according to the characteristics of the companies. It is important that the criteria do not conflict with each other so as not to complicate the decision-making process. The criteria that companies and their suppliers agree on and that are suitable for the structure of the companies will contribute to improving the performance of the supply chain.

In this study, based on the literature, 4 criteria and 6 alternative suppliers considering these criteria were identified to make the selection. These criteria are: reusability, comfortable breathability, ergonomic structure and filtration efficiency. Reusable products reduce the waste of natural resources and the environmental impact of this waste. In addition, longer use of these products means less energy consumption. Therefore, environmentally conscious consumers prefer reusable products in their choice of masks and try to use these products for a long time. As seen during the epidemic, it is important that masks used for the majority of the day are comfortable to breathe in. Manufacturers carry out breathing tests on the masks they produce, taking this criterion into account. Another criterion taken into account when selecting a mask is the ergonomic design. As with many products, the ergonomic design of masks is of great importance. The fact that masks do not cause discomfort to the face and do not irritate the areas they come into contact with plays an important role in consumer preference.

First, the criteria treated by the Entropy method were weighted, and then the suppliers were ranked using the TOPSIS method. The results of the study show that the most important criterion among the criteria considered is "Reusability" (K1). It was concluded that the most suitable supplier among the alternatives after ranking was "Supplier 2" (T2). It is expected that this study will guide both individuals and companies in the use of environmentally friendly products and in the selection of business suppliers in this direction.

Conclusion

With the emergence of Covid-19, which has become a global problem and a threat to human health in recent years, people are trying to protect themselves from diseases that can be transmitted through the respiratory tract.

Particularly in a closed environment, the risk of two or more people becoming infected under airless conditions is quite high. For this reason, individuals have preferred to use masks as one of the protection methods, and there has been a significant increase in the use of masks. With the importance of concepts such as environmental awareness and sustainability, the trend towards environmentally friendly products has increased. In parallel with the increase in mask use and environmental awareness, individuals have begun to consider environmental criteria when choosing masks, as with many other products. For this reason, studies using environmental criteria as an alternative to the traditional supplier selection process have become more prevalent in the literature. Choosing a green supplier is important for reducing a company's environmental impact, improving brand reputation and contributing to a more sustainable economy. The findings of this study are important for making more informed and sound decisions in the mask supplier selection process. Criteria-based analysis shows which factors are important to companies and decision-makers within companies, and how suppliers respond to these factors. In this way, better decisions can be made in the selection process, risks can be reduced and the decision-making process can be made more efficient.

One of the most important elements in maintaining the ecological balance is raising awareness of the use of environmentally friendly products. Environmentally conscious people tend to use these products to maintain this balance, using fewer resources and not polluting the environment. The fact that these products are biodegradable also contributes to sustainable purposes. For future studies, it is recommended that researchers consider different criteria and make comparisons using other MCDM methods. At the same time, studies can be carried out on each goal of sustainability and alternative solutions to global problems can be produced by determining different criteria.

KAYNAKÇA

- Ajaj, R., Al Dweik, R., Syed Ali, S.A., & Stietiya, M.H. (2023). Understanding the environmental impacts of facemasks: a review on the facemask industry and existing life cycle assessment studies. *Sustainable Environment Research*, 33(1), 1-19.
- Athawale, V.M., Mukherjee, P., & Chakraborty, S. (2009). Supplier selection using multi-criteria decision-making methods. *IUP Journal of Operations Management*, 8, 41-60.
- Aydin, S., & Köksalınış, E. (2021). Antivirus mask selection under spherical fuzzy information, *Sakarya University Journal of Science*, 25(4), 1037-1048.
- Banadkouki, M.R.Z. (2023). Selection of strategies to improve energy efficiency in industry: A hybrid approach using entropy weight method and fuzzy TOPSIS. *Energy*, 279, 128070.
- Banaeian, N., Mobli, H., Nielsen, I.E., & Omid, M. (2015). Criteria definition and approaches in green supplier selection—a case study for raw material and packaging of food industry. *Production & Manufacturing Research*, 3(1), 149-168.
- Borouhaki, S. (2017). Entropy-based weights for multicriteria spatial decision-making. *Yearbook of the Association of Pacific Coast Geographers*, 79, 168-187.
- Brainard, J., Jones, N.R., Lake, I.R., Hooper, L., & Hunter, P.R. (2020). Community use of face masks and similar barriers to prevent respiratory illness such as COVID-19: a rapid scoping review. *Eurosurveillance*, 25(49), 1-14.
- Chen, P. (2019). Effects of normalization on the entropy-based TOPSIS method. *Expert Systems with Applications*, 136, 33-41.
- Cloet, A., Griffin, L., Yu, M., & Durfee, W. (2022). Design considerations for protective mask development: A remote mask usability evaluation. *Applied Ergonomics*, 102, 1-11.
- Cui, X., Jung, H., Lee, W., Kim, S.H., Yun, R.Y., Kim, S.Y., & Huh, S. (2022). Ergonomics and personalization of noninvasive ventilation masks. *Respiratory Care*, 67(1), 87-101.
- Çakir, S., & Perçin, S. (2013). Çok kriterli karar verme teknikleriyle lojistik firmalarında performans ölçümü. *Ege Akademik Bakış*, 13(4), 449-460.
- Dhurkari, R.K. (2022). MCDM methods: Practical difficulties and future directions for improvement. *RAIRO-Operations Research*, 56(4), 2221-2233.
- Durmaz, E.D., & Gölcük, İ. (2023). Entropi tabanlı TOPSIS-Sort ile iş güvenliği risklerinin sınıflandırılması. *Journal of Turkish Operations Management*, 7(1), 1550-1563.
- Ecemiş, O., & Yaykaşlı, M., (2018). Çok kriterli karar verme yöntemleriyle sürdürülebilir tedarikçi seçimi ve bir uygulama. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 6(83), 382-399.

- García-Cascales, M.S., & Lamata, M.T. (2012). On rank reversal and TOPSIS method. *Mathematical and computer modelling*, 56(5-6), 123-132.
- Ghafoori, M., & Abdallah, M. (2024). Multi-criteria decision support model for material and supplier selection in the construction industry. *International Journal of Construction Management*, 1-10.
- Gupta, S., Soni, U., & Kumar, G. (2019). Green supplier selection using multi-criterion decision making under fuzzy environment: A case study in automotive industry. *Computers & Industrial Engineering*, 136, 663-680.
- Hartanto, B.W., & Mayasari, D.S. (2021). Environmentally friendly non-medical mask: An attempt to reduce the environmental impact from used masks during COVID 19 pandemic. *Science of the Total Environment*, 760, 1-8.
- Hartanto, B.W., & Triastianti, R.D. (2022). Eco-friendly masks preferences during COVID-19 pandemic in Indonesia. *Cleaner and Responsible Consumption*, 4, 1-11.
- Hunt, M.G., Chiarodit, D., Tieu, T., & Baum, J. (2022). Using core values and social influence to increase mask-wearing in non-compliant college students. *Social Science & Medicine*, 314, 115446.
- Karami, A., & Johansson, R. (2013). Utilization of multi attribute decision making techniques to integrate automatic and manual ranking of options. *Journal of information science and engineering*, 30(2), 519-534.
- Kumar, S., Kumar, S., & Barman, A.G. (2018). Supplier selection using fuzzy TOPSIS multi criteria model for a small scale steel manufacturing unit. *Procedia computer science*, 133, 905-912.
- Kurian, B.P., Daniel, S., Ghosh, S., Paul, P., Reddy, M.A., Das, L., ..., & Roy, A.D. (2021). The Need of Understanding the Importance and Use of Face Masks. *Journal of Current Medical Research and Opinion*, 4(02), 762-772.
- Lee, K.P., Yip, J., Kan, C.W., Chiou, J.C., & Yung, K.F. (2020). Reusable face masks as alternative for disposable medical masks: factors that affect their wear-comfort. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(18), 6623.
- MacIntyre, C.R., & Chughtai, A.A. (2015). Facemasks for the prevention of infection in healthcare and community settings. *BMJ*, 350, 1-12.
- Nurprihatin, F., Antonius, R., Rembulan, G.D., Djajasoepeana, R., & Sulisty, E. (2023). Analytical hierarchy process and TOPSIS approach to perform supplier selection in construction industry. *JIEMS (Journal of Industrial Engineering and Management Systems)*, 15(2), 130-138.
- Oğuz, S. (2023). Evaluation of customs, infrastructure and logistics services with multi-criteria decision-making methods: A comparative analysis for the top 10 countries in the Logistics Performance Index. *Journal of Management Marketing and Logistics*, 10(4), 167-178.
- Okumura, S., Sakaguchi, Y., Hatanaka, Y., & Ogohara, K. (2017). Effect of a reusable unit's physical life distribution on reuse efficiency in environmentally conscious products. *Procedia CIRP*, 61, 161-165.
- Özgüner, Z. (2020). Dış kaynak kullanımı kapsamında entegre entropi-TOPSIS yöntemleri ile tedarikçi seçimi probleminin çözümlenmesi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 12(2), 1109-1120.
- Parthiban, P., Zubar, H.A., & Garge, C.P. (2012). A multi criteria decision making approach for suppliers selection. *Procedia Engineering*, 38, 2312-2328.
- Pekkaya, M., & Aslan, B. (2018). OSB yer seçiminde dikkate alınan kriterler arası etkileşimin ve kriter önem derecelerinin belirlenmesi. *International Journal of Economic and Administrative Studies*, 18, 293-308.
- Petrović, N., Živanović, T., & Mihajlović, J. (2023). Evaluating the annual operational efficiency of passenger and freight road transport in Serbia through entropy and TOPSIS methods. *Journal of Engineering Management and Systems Engineering*, 2(4), 204-211.
- Rab, S., Javaid, M., Haleem, A., & Vaishya, R. (2020). Face masks are new normal after COVID-19 pandemic. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 14(6), 1617-1619.
- Sangkham, S. (2020). Face mask and medical waste disposal during the novel COVID-19 pandemic in Asia. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 2, 1-9.
- Sarıçam, C., & Yılmaz, S.M. (2022). An integrated framework for supplier selection and performance evaluation for apparel retail industry. *Textile Research Journal*, 92(17-18), 2947-2965.

- Sarraf, A.Z., Mohaghar, A., & Bazargani, H. (2013). Developing TOPSIS method using statistical normalization for selecting knowledge management strategies. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 6(4), 860-875.
- Savaşkan, A.G., Deste, M., & Ekinci, Ş. (2021). Kuru kayısı sektöründeki işletmelerde bulanık TOPSIS ile tedarikçi seçimi. *Sakarya İktisat Dergisi*, 10(4), 449-466.
- Sukmawati, M., & Setiawan, A.D. (2022). A conceptual model of green supplier selection in the manufacturing industry using AHP and TOPSIS methods, *7th International Conference on Business and Industrial Research (ICBIR 2022)*, Bangkok, Tayland, 659-664.
- Supçiller, A.A., & Deligöz, K. (2018). Tedarikçi seçimi probleminin çok kriterli karar verme yöntemleriyle uzlaşık çözümü. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 11(18), 355-368.
- Tan, Y., Yu, T., Lin, R., & Yan, H. (2023, February). Raw material supplier selection model based on entropy weight method and TOPSIS method. In *Proceedings of the 4th International Conference on Economic Management and Model Engineering (ICEMME 2022)*, November 18-20, 2022, Nanjing, China.
- Tcharkhtchi, A., Abbasnezhad, N., Seydani, M.Z., Zirak, N., Farzaneh, S., & Shirinbayan, M. (2021). An overview of filtration efficiency through the masks: Mechanisms of the aerosols penetration. *Bioactive Materials*, 6(1), 106-122.
- Tosun, Ö. (2017). Tedarikçi değerlendirmede stokastik bir karar verme yaklaşımı: stokastik çok kriterli kabul edilebilirlik analizi. *Verimlilik Dergisi*, (4), 111-121.
- Trung, D.D., & Thinh, H.X. (2021). A multi-criteria decision-making in turning process using the MAIRCA, EAMR, MARCOS and TOPSIS methods: A comparative study. *Advances in Production Engineering & Management*, 16(4), 443-456.
- Tso, R.V., & Cowling, B.J. (2020). Importance of face masks for COVID-19: A call for effective public education. *Clinical Infectious Diseases*, 71(16), 2195-2198.
- Verma, M., Prem, P.R., Ren, P., Liao, H., & Xu, Z. (2022). Green supplier selection with a multiple criteria decision-making method based on thermodynamic features. *Environment, Development and Sustainability*, 1-33.
- Wang, A.B., Zhang, X., Gao, L.J., Zhang, T., Xu, H.J., & Bi, Y.J. (2023). A review of filtration performance of protective masks. *International journal of environmental research and public health*, 20(3), 1-23.
- Weaver, G.H. (1918). The value of the face mask and other measures: in prevention of diphtheria, meningitis, pneumonia, etc. *Journal of the American Medical Association*, 70(2), 76-78.
- Wei, Q., & Zhou, C. (2022). A multi-criteria decision-making framework for electric vehicle supplier selection of government agencies and public bodies in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-20.
- Wu, Z., Sun, J., Liang, L., & Zha, Y. (2011). Determination of weights for ultimate cross efficiency using shannon entropy. *Expert Systems with Applications*, 38, 5162-5165.
- Yousefi, A., & Hadi-Vencheh, A. (2010). An integrated group decision making model and its evaluation by DEA for automobile industry. *Expert Systems with Applications*, 37(12), 8543-8556.
- Zhang, H., Gu, C.L., Gu, L.W., & Zhang, Y. (2011), the evaluation of tourism destination competitiveness by TOPSIS & information entropy—a case in the Yangtze River Delta Of China. *Tourism Management*, 32(2), 443-451.
- Zou, Z.H., Yi, Y., & Sun, J.N. (2006). Entropy method for determination of weight of evaluating indicators in fuzzy synthetic evaluation for water quality assessment. *Journal of Environmental sciences*, 18(5), 1020-1023.
- Zulqarnain, R.M., Siddique, I., Jarad, F., Ali, R., & Abdeljawad, T. (2021). Development of TOPSIS technique under pythagorean fuzzy hypersoft environment based on correlation coefficient and its application towards the selection of antivirus mask in COVID-19 pandemic. *Complexity*, 1-27.