



SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİKÇİ DEĞERLENDİRME İÇİN ÇOK AŞAMALI BİR ETKİNLİK ANALİZİ: BİR GIDA İŞLETMESİNDE UYGULAMA

Hatice KAVAK¹, Beyzanur ÇAYIR ERVURAL*²

¹Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, Konya

ORCID No : <http://orcid.org/0000-0003-1267-9463>

²Necmettin Erbakan Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fak., Havacılık Yönetimi Bölümü, Konya

ORCID No : <http://orcid.org/0000-0002-0861-052X>

Anahtar Kelimeler

Öz

Sürdürülebilir

Tedarikçi

Değerlendirme,

Etkinlik Analizi,

Veri

Zarflama

Analizi,

Malmquist

Toplam

Faktör

Verimlilik

Endeksi,

AHP

Rekabet koşullarının giderek zorlaştığı son dönemlerde ekonomi piyasasındaki değişkenlik doğru tedarikçiler ile iş birliği yapmanın önemli olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, tedarikçi etkinliklerinin doğru biçimde değerlendirilmesi, performanslarının analiz edilmesi alınacak kararların başarılı olması açısından temel adımı oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, gıda sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin Veri Zarflama Analizi (VZA) ve Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Endeksi (MTFVE) yöntemleri kullanılarak süt ambalaj malzemesi tedarikçilerinin performansları değerlendirilmektedir. Çalışmada üç aşamalı bir model önerilmiştir. İlk aşamada birden çok girdi ve çıktının bulunduğu durumlarda karar verme birimlerinin göreceli performanslarını ölçmeye yarayan doğrusal programlama tabanlı VZA'dan yararlanılmıştır. İkinci aşamada AHP yöntemi ile tedarikçiler sıralanarak karşılaştırılmıştır. Üçüncü aşamada ise ilgili tedarikçilerin zaman içerisindeki etkinlik değişimlerini görebilmek amacıyla 2018-2021 döneminde MTFVE'den yararlanılmıştır. İşletmeye ait

*Sorumlu yazar; e-posta: bc.ervural@erbakan.edu.tr

doi : <https://doi.org/10.46465/endustrimuhendisligi.1291737>

yirmi tedarikçi verileri dört farklı model ile Charnes, Cooper ve Rhodes (CCR), Banker, Charnes ve Cooper (BCC), ve Süper Etkinlik yaklaşımları ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, işletmenin ileriye dönük atacağı adımlarda yol gösterici olma niteliği taşımakta ve tedarikçi değerlendirme sürecini bütüncül bir yaklaşımla desteklemektedir.

A MULTI-STAGE EFFICIENCY ANALYSIS FOR SUSTAINABLE SUPPLIER EVALUATION: AN APPLICATION IN A FOOD COMPANY

Keywords	Abstract
<i>Sustainable Supplier Assessment, Efficiency Analysis, Data Envelopment Analysis, Malmquist Total Factor Productivity Index, AHP</i>	<i>The volatility of the economic market in recent times, when competition conditions have become increasingly difficult, shows that it is important to cooperate with the correct suppliers. For this reason, the correct evaluation of supplier activities and the analysis of their performance are the basic steps for successful decisions.</i>
	<i>In this study, the performance of milk packaging material suppliers is evaluated objective methods by using Data Envelopment Analysis (DEA) and Malmquist Total Factor Productivity Index (MTFPI) methods of a company operating in the food industry. A three-stage model is proposed in the study. In the first stage, linear programming-based DEA model was utilized to measure the relative performance of decision-making units when there are multiple inputs and outputs. In the second stage, comparisons were made by ranking the suppliers with the AHP method. In the third stage, MTFPI was employed for the 2018-2021 period in order to see the efficiency changes of the related suppliers over time. The data of twenty suppliers belonging to the company were evaluated with four different models which were assessed with the Charnes, Cooper and Rhodes (CCR), Banker, Charnes and Cooper (BCC) and Super Efficiency approaches. The obtained results serve as a guide for the future steps of the company and support the supplier evaluation process with a holistic approach.</i>
Araştırma Makalesi	Research Article
Başvuru Tarihi : 03.05.2023	Submission Date : 03.05.2023
Kabul Tarihi : 15.10.2023	Accepted Date : 15.10.2023

1. Giriş

Tedarikçilerin etkinliklerinin değerlendirilmesi, dinamik ve küresel tedarik zinciri yönetimi mekanizmasının en temel aşamalarından birini oluşturmaktadır (Wu ve Blackhurst, 2009). İşletmeler kendileri için öncelikli olan çeşitli faktörleri göz önünde bulundurarak tedarikçilerini belirleme sürecini yönetmektedir. Tedarikçi seçme ve değerlendirme faaliyeti şirketlerin tedarik zinciri yönetiminde en önemli eylemlerin başında gelmektedir (Araz ve Özkarahan, 2007).

Özellikle son yıllarda gıda güvenliği ve gıda hijyeni konusundaki hassasiyetin artması sonucunda tedarikçi seçme ve değerlendirme süreçlerinin de önemi artmıştır. Tedarikçi etkinliklerinin ölçülmesi ve değerlendirilmesi her firma için vazgeçilmez bir süreçtir. Günümüz rekabetçi ve yenilikçi ekonomisinde yerini belirlemeye çalışan işletmeler diğer işletmelerle durumunu kıyaslayarak seçimlerini ve hedeflerini ortaya koymaktadır. Bu süreçte birçok kriter göz önünde bulundurulmalı ve bu stratejik kararlar sağlıklı ve çok yönlü bir yöntemle ele alınmalıdır. Tedarikçi değerlendirme maliyet, kalite ve teslimat gibi geleneksel tercihlerle birlikte tedarikçilerin işbirlikçi tutumu, firma taleplerine hızlı geri dönüşleri, çevre politikaları gibi seçimi belirlemede önem arz eden ek kriterlerle ele alınmalıdır. Objektif bir tedarikçi değerlendirme süreci, karar verme mekanizması içinde ilgili pek çok kriterin anlamlı bir şekilde değerlendirilmesi manasına gelmektedir. Ancak her ölçüt eşit derecede önem seviyesine sahip değildir ve ölçüt veya ölçüt gruplarının değerlendirilmesi analiz üstünde farklı roller oynamaktadır. Bu durum daha iyi yöntemler geliştirmeyi ve tatminkar sonuçlara ulaşmayı amaçlayan araştırmacılar ve yöneticiler açısından pek çok zorluk ortaya çıkarmaktadır (Vörösmarty ve Dobos, 2019).

Veri Zarflama Analizi (VZA) bu anlamda karar vericiler için oldukça kullanışlı bir model olmuştur. Bir VZA modelinin temeli, her bir birim girdinin çıktıya dönüştürüldüğü verimliliği ölçmektir. Bu yüzden girdi ve çıktı değişkenlerin seçimi kritiktir. Girdi ve çıktı değişkenlerde hata olmaması için literatür dikkatli bir şekilde gözden geçirilmeli ve ilgili kurum ve işletme yöneticilerine danışılarak değerlendirilmelidir (Wu ve Blackhurst, 2009). Vörösmarty ve Dobos (2020) çalışmasında VZA, çoklu girdi ve çıktılarının bulunduğu KVB'lerin göreceli verimliliğini değerlendirmek için kullanılan doğrusal programlama tabanlı bir tekniktir. 2019 yılında yaptıkları çalışmada "Temel VZA metodu Charnes ve arkadaşları tarafından 1978'de KVB'lerin verimliliğini belirlemek için kullanılmıştır. Onların sunduğu model doğrusal şartlar altında hiperbolik bir programlama modelidir" şeklinde tanımlamışlardır. VZA statik bir analizdir, karar birimleri arasında belirli bir dönemin analizi yapılmaktadır. VZA ile etkinliği değerlendirilen bir Karar Verme Birimi (KVB) sonraki dönemlerde etkinliğini artırarak/azaltarak farklı değerler alabilmektedir. Etkinlik değerlerinin zaman içerisinde nasıl şekillendiği önemli bir konudur. Bu sebeple KVB'leri zaman çerçevesinde değerlendiren Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Endeksi (MTFVE) kullanılmaktadır. Böylece VZA'nın tek bir zaman penceresinde

değerlendirdiği KVB'lerin seneler içerisindeki performansları kıyaslanabilmektedir.

Bu çalışma kapsamında bir et ve süt imalat tesisinin süt ürünleri ambalaj malzemelerinin tedarikçi değerlendirme süreci objektif bir biçimde çok aşamalı analitik yaklaşımlarla ele alınmaktadır. Tedarikçilerin performansları nonparametrik bir yöntem olan VZA yöntemi ile değerlendirilmektedir. Ardından literatürde başarılı ve pratik bir karar verme yöntemi olduğu için sıklıkla tercih edilen Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yaklaşımı ile tedarikçilerin önem seviyeleri bulunarak, tedarikçiler sıralanmış ve oluşturulan VZA modelleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra tedarikçilerin zaman içerisindeki performans değişimlerinin analizi için MTFVE yöntemi uygulanmıştır. Tedarikçilerin etkinliklerini en iyi şekilde yansıtabilecek girdi ve çıktı kriterler belirlenerek yapılan analizler sonucu geliştirilen farklı modellerle, sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi kapsamında etkin olmayan tedarikçilerin etkinliklerinin nasıl artırılacağı konusunda çözüm önerileri sunulmaktadır. Önerilen matematiksel modelden elde edilen sonuçlara göre, şirketin kısa, orta ve uzun dönemli iş birliği devam edecek tedarikçilerin belirlenmesinde ya da yeni tedarikçiler ile çalışılması konusunda yol gösterici olması beklenmektedir. Özellikle pandemi koşullarından ötürü rekabetin iyice arttığı gıda sektöründe doğru, uyumlu ve etkin çalışan, değişimlere hızlı adapte olabilen tedarikçiler tedarik zinciri mekanizmasının sorunsuz olarak yürütülmesinde kilit rol oynamaktadır.

Bu çalışmanın önemi şu şekilde sıralanabilir:

- i. Tedarik zinciri yönetimi sürecinde temelde yer alan tedarikçilerin performansları VZA, AHP ve MTFVE yöntemlerinin bir arada kullanılması ile üç aşamalı bir yapı önerilmiştir. İlk olarak VZA ile tedarikçilerin performansları değerlendirilmiş, ardından AHP yöntemi ile karşılaştırılmış ve daha sonra MTFVE ile yıllar içindeki performans değişimleri analiz edilmiştir. Bu şekilde statik ve dinamik modellere göre panel veri analizi ile de geniş çerçeveden değerlendirmeler sunulabilmektedir. Bulunulan zaman eksenini ve ilgili koşullardan dolayı tedarikçi etkinliğinde ortaya çıkan değişiklik daha anlamlı şekilde açıklanabilmektedir.
- ii. VZA yönteminde dört ayrı model önerisi sunulmuş farklı kriterler altında yapılan senaryo analizleri ile tedarikçilerin nasıl sonuçlar verdiği değerlendirilmiştir.
- iii. Gıda sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin tedarikçi değerlendirme sürecinde karşılaştığı gerçek bir hayat problemi ele alınarak gerçek verilerle analizler tamamlanmıştır.

Bu çalışmanın geri kalan bölümleri şu şekilde belirlenmiştir. İkinci bölümde, literatür araştırmasına yer verilmiştir. Konu ile ilgili yapılan çalışmalar genel olarak tablo halinde verilerek içeriklerine kısaca değinilmiştir. Üçüncü bölümde,

VZA, AHP ve MTFVE yöntemleri tüm aşamaları ile genel biçimde açıklanmıştır. Dördüncü bölümde, Türkiye’de faaliyet gösteren bir gıda işletmesinin tedarikçi değerlendirme süreci için VZA, AHP ve MTFVE yöntemleri kullanılarak uygulaması yapılmıştır. Beşinci bölümde, elde edilen analiz sonuçları tartışılmış ve altıncı bölümde elde edilen sonuçlar yorumlanarak gelecekte konu hakkında yapılacak öneriler sunulmuştur.

2. Literatür Araştırması

Literatür araştırmalarına göre son yıllarda VZA, firmaların performanslarını ölçmek için bir yönetim aracı olarak oldukça ilgi görmüştür ve bankalar, havalimanları, hastaneler, üniversiteler, savunma firmaları, üreticiler gibi kamu ve özel sektörlerin verimliliğini ölçmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Ji ve Lee, 2010). Aşağıda VZA uygulamalarına örnekler verilmiştir.

Nguyen, Nguyen, Pham ve Pham (2023) çalışmalarında Vietnam'daki tel ve kablo şirketlerinin performansını değerlendirmek için Bulanık Veri Zarflama Analizi, Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ve Bulanık Ağırlıklandırılmış Toplam Ürün Değerlendirmesini birleştiren entegre bir yöntem önermiştir. İlk olarak, VZA-Malmquist modeli ile on tel ve kablo işletmesinin verimlilik performansı beş kritik finansal gösterge aracılığıyla ölçülmüştür. İkinci olarak, uzman görüşlerinden yararlanılarak, SF-AHP yöntemi ile seçilen 16 kriterin ağırlıkları belirlenerek niteliksel bir boyutla değerlendirme sunulmuştur. Daha sonra, SF-WASPAS yaklaşımı ile on işletmeyi kriterlerden elde edilen toplu puanlara göre sıralamıştır. Kim, He ve Kwon (2023) önerdikleri modelde, Çin'deki 45 demir-çelik işletmesinin 2009-2017 dönemindeki performansını değerlendirmiştir. Enerji ve çevre verimliliği ve üretkenlik değişimini analiz edilmiştir.

Nazari, Tavakoli, Govindan ve Mousakhani (2023) çalışmalarında ilaç şirketlerinde tedarikçi seçimi için geleneksel (teslimat, kalite, fiyat, teknoloji düzeyi) ve esnek kriterlere dayalı VZA ve Yapay Sinir Ağı kullanarak yeni bir entegre yaklaşım önermişlerdir. Önerilen yaklaşımda ilaç endüstrisinde esnek tedarikçi seçiminin uygulanabilirliğini göstermek için gerçek bir vaka çalışmasından yararlanılmıştır. Seçilen yaklaşımın özelliklerini ve yeteneklerini belirtmek için performans analizi üç bölüm halinde sunulmuştur. İlk olarak, elde edilen sonuçlar bulanık VZA yöntemiyle karşılaştırılmıştır. İkinci olarak, farklı kriterlerin sıralama sonuçlarına etkisini göstermek amacıyla duyarlılık analizi yapılmıştır ve fiyat en önemli değerlendirme kriteri olarak belirlenmiştir. Üçüncü olarak ise tedarikçilerin etkinliğini veya verimsizliğini tespit edebilen bir tahmin modeli sunulmaktadır.

Patyal, Kumar, Lamba ve Maheshwari (2023) çalışmasında 2015/16 ile 2018/19 yılları arasında Hindistan genelinde yirmi dört eyaletteki kırk sekiz elektrik dağıtıcısının performans verimliliğini belirlemeyi ve karşılaştırmayı amaçlamıştır. Verimli ve verimsiz dağıtıcıları segmentlere ayırmak için entegre

bir VZA-IRP-TOPSIS tekniği kullanılmıştır. Pourbabagol, Amiri, Taghavifard ve Hanafizadeh (2023) önerilen model, İran'ın en büyük yirmi süt ürünleri firmasıyla ilgili gerçek hayattaki bir vaka çalışmasıyla ortaya konmuştur. Bu çalışma, ASC teorisi aracılığıyla gerçek durum ağ odaklı olmayan bir SBM probleminde gevşeklik tabanlı model ve olasılık eşitlik kısıtlamalarını tanıtmaya çalışmıştır. Chen, Chen ve Liu (2023) çalışmada KVB'lerin değerlendirilmesi ve daha sonra iki aşamalı çapraz verimlilik (RTCE) modellerinin geliştirilmesi sağlanmıştır. Modelleri doğrulamak için Çin'deki bazı üniversitelerin verimliliği değerlendirilmiştir ve bunların tam bir sıralaması elde edilmiştir. Son olarak, önerilen modellerin etkinliğini göstermek için karşılaştırmalı bir analiz yapılmıştır. Yılmaz, Kusakci, Aksoy, ve Hacıoğlu (2022) çalışmalarında kırk altı Türk sivil havalimanının 2015-2018 yılları arasındaki operasyonel verimliliklerini incelemektedir. Küresel Bulanık Kümeler tabanlı Analitik Hiyerarşi Süreci (SFS-AHP) ile Veri Zarflama Analizini (DEA) birleştiren yeni bir hibrit metodoloji kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, Türkiye'deki havalimanlarının %67,2'sinin optimal verimlilik seviyesinin altında çalıştığını ve %93,5'inin girdi faktörlerini azaltmaya yönelik yönetsel ve yapısal değişiklikler uygulayarak operasyonlarını iyileştirmek için önemli çaba sarf etmesi gerektiğini göstermektedir.

Zheng (2021) çalışmasında 2012'den 2018'e kadar yirmi üç şehrin panel verileri kullanılarak VZA-SBM modelini ve Malmquist endeks yöntemini kullanarak her şehrin Toplam Faktör Verimlilik Endeksi hesaplanmıştır ve toplam faktör verimliliği teknik verimlilik değişimi ve teknik ilerleme olarak ayrılmıştır. Sonuçlar, her bölgedeki TFVE'nin değişim eğiliminin örneklem dönemi boyunca büyük ölçüde değiştiğini göstermektedir. Bu makalede seçilen yirmi üç şehrin genel verimliliği, yıllık ortalama %11,2'lik bir düşüşle bir düşüş eğilimi göstermektedir. Alt göstergeler açısından bakıldığında TFV'deki düşüşün temel nedeni teknolojik yenilik eksikliğidir. Khoshroo, Izadikhah ve Emrouznejad (2021) çalışmalarında, bitkisel üretimde enerji verimliliğini değerlendirmek için VZA kullanarak İran'ın yirmi dört ilinde domates üretiminin genel, çevresel, üretim ve saf emisyon verimliliği araştırmıştır. Yirmi dört KVB'den dokuzunun çevresel, üretim ve saf emisyon kriterleri açısından verimli olduğu kabul edilmiştir.

Rebolledo-Leiva, Angulo-Meza, González-Araya, Iriarte, Vásquez-Ibarra ve Meza Rengel (2021) çalışmasında, ağ VZA yaklaşımının kullanılması, arıcıların operasyonel ve çevresel performansını, kovan yönetimi ve bal ekstraksiyonu gibi çoklu süreçlerin değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. Dört aşamalı karbon ayak izi ve ağ VZA yöntemi, her süreçte verimsiz arıcılar için hedeflerin tahmin edilmesini sağlayarak ayrıntılı bir iyileştirme planının önerilmesini mümkün kılmıştır. Ryan, Barchers, Christofa ve Knodler (2021)'nin yaptığı araştırmaya göre, yol güvenliğini adil bir şekilde geliştirmek için fon tahsis sürecinde coğrafi, sosyo-ekonomik ve sosyo-demografik özelliklerin dikkate alınmasının kritik olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca kırsal alanların daha az verimli olduğu göz önüne alındığında, kentsel alanlarla aynı güvenlik düzeyine ulaşmak için kırsal

alanlarda ek finansman ve diğer destek türlerinin gerekli olduğu görülmüştür. Karami, Yaghin, ve Mousazadegan (2021) yaptığı çalışmada hazır giyim endüstrisinde tedarikçi seçimi ve değerlendirmesi problemini çözmek için üç aşamalı entegre bir yaklaşım önermiştir. İlk aşamada, çok değişkenli bir istatistiksel model olan PCA yöntemi kullanılarak orijinal verilerin boyutları azaltılmıştır. Öznel kriterler bulanık küme teorisi ile nicelleştirilmiştir. İkinci aşamada, tedarikçileri verimli ve verimsiz olarak sınıflandırmak için VZA kullanılmıştır. Üçüncü aşamada, verimli tedarikçilerin sıralaması için VIKOR modeli kullanılmıştır.

Fancello, Carta, ve Serra (2020) yaptığı çalışmada şehir içi yol güvenliği uygulayıcılarına güvenliğin iyileştirilmesi konusunda ihtiyacın en fazla olduğu yolları belirlemeye yardımcı olmak amacıyla VZA tabanlı bir karar destek sistemi önermektedir. Yöntem güvenlik koşullarına bağlı olarak tehlikeli yol konumlarının hiyerarşisini tanımlamak için şehir içi yol ağına uygulanmıştır. Girdi olarak; kavşaklardaki ortalama çatışma noktası sayısı ve trafik akışı, çıktı olarak ise; kazaların sosyal maliyeti ele alınmıştır. Uygulamada hem girdi odaklı CCR ve BCC modelleri hem de çıktı odaklı CCR ve BCC modelleri kullanılmıştır. Vörösmarty ve Dobos (2020) tarafından yapılan çalışma 2009 ve 2018 yılları arasında yayımlanan VZA metodu kullanılarak tedarikçi seçimi ve değerlendirme konusu içeren makalelere ilişkin neticeleri özetlemektedir. Tedarikçi seçme ve değerlendirme sürecinin yönetim kararlarını nasıl desteklediğini görebilmek için 54 makale incelenmiştir. Yine Vörösmarty ve Dobos (2019) yılında yaptıkları çalışmada yönetim kriterleri ve çevreci kriterlerin farklı özelliklerini ele alabilecek bir metodoloji sunmayı amaçlamışlardır. Geliştirdikleri VZA modelinde çevreci kriterleri çıktı değişkeni, yönetim kriterlerini ise girdi değişkeni olarak ele almışlardır. Bu yeni metodoloji, yönetsel ve çevreci kriterlere ek olarak, envanter tutma maliyeti veya sipariş maliyetleri gibi envanterle ilgili kriterlerin etkisini incelemektedir. 2019 yılında yaptıkları bir diğer çalışmada geleneksel tedarikçi seçim yöntemlerinin çevresel faktörlerle genişletilmesini incelemek için VZA yöntemini kullanmışlardır.

Shabanpour, Fathi, Yousefi, ve Saen (2019) çalışmasında, ilk kez tıkanık girdileri (congested inputs) pozitif ve negatif girdi olarak tanımlamış ve sınıflandırmıştır. Bu şekilde tıkanık girdileri dikkate alan verimli ölçek ekonomileri sınırı teorisini kullanarak sürdürülebilir tedarikçilerin performansını karşılaştırmak için yeni bir model geliştirmiştir. Ruiz ve Ravindran (2019) yaptıkları çalışmada VZA yöntemini kullanarak çevresel ve ekonomik tedarikçi performans kriterlerini tek bir eko-verimlilik endeksinde toplamışlardır. Tedarikçilere bu endekse göre ön yeterlilik verilmektedir, tekli ve çoklu kaynak kullanımı için çok kriterli modeller kullanılarak siparişler atanmaktadır. Çoklu kaynak kullanımında, satın alma fiyatı ve eko-verimlilik ile çelişen hedefler olarak önleyici, önleyici olmayan ve bulanık hedef programlama modelleri kullanılmaktadır. Eko-verimlilik değişimi, tedarikçileri zaman içinde izleyen Malmquist üretkenlik endeksinde dayalı bir yaklaşım kullanılarak değerlendirilmiştir. Böylece oluşturulan metodoloji tedarikçi değerlendirmesi, seçimi ve izlenmesi için kullanılabilir.

Önerilen yöntemi göstermek için bir otomobil parçası üreticisinden elde edilen veriler kullanılmıştır.

Krmaç ve Djordjevic (2019) yaptığı çalışmada Tedarik Zinciri Yönetiminin bileşenlerinin öncelikle sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi için radyal olmayan bir VZA modeli tanıtmıştır. Bu modelin TZY alanındaki yeniliğini ve faydalarını doğrulamak için, VZA tabanlı modellerin ve yöntemlerin geçmişteki uygulamalarına ilişkin bir literatür taraması da sunulmaktadır. Wang, Nguyen, Duong, ve Do (2018) yaptıkları çalışmada Vietnam'daki küçük ve orta ölçekli gıda işletmelerinin yemeklik yağ üretimi için en iyi tedarikçinin belirlenmesi için bulanık analitik hiyerarşi süreci (FAHP) ve yeşil VZA modeli kullanan hibrit birçok kriterli karar verme (MCDM) modeli kullanılmıştır. Çalışmanın amacı, tedarikçi seçimi için FAHP ve VZA'yı entegre eden ve aynı zamanda yemeklik yağ üretiminde "yeşil" konusunu dikkate alan yeni bir yaklaşım sunmak, gıda endüstrisinde ve diğer endüstrilerde tedarikçi seçiminin verimliliğini artırmak için nitel ve nicel faktörlere dayalı faydalı bir kılavuz sağlamaktır. Çayır Ervural, Zaim ve Delen (2018) yaptıkları çalışmaya göre, enerji sektöründeki tüm otoriteler yenilenebilir enerji potansiyeline sahip bölgelerin/illerin mevcut durumuna göre ve ülkemizin enerjide dışa bağımlılığı azaltmasını da göz önüne alarak yatırım kararlarını oluşturabileceklerdir. Çalışma, veriye ulaşmanın zor olduğu gelişmekte olan ülkeler bağlamında illerin verimlilik analizi için DEA, Tobit ve OLS yöntemlerinin kullanışlı olabileceğini göstermektedir. Vörösmarty ve Dobos'un (2014) yılında yaptıkları çalışmada da tedarikçi değerlendirme yöntemlerinin çevresel konularla genişletilmesi konusunu incelemişlerdir. Bu konu tedarikçi değerlendirme yöntemlerinde geleneksel kriterlerin ve ağırlık sisteminin bir uzantısı olarak ele alınmıştır. Geleneksel tedarikçi seçim yöntemlerinin çevresel faktörlerle genişletilmesini incelemek için bileşik göstergeler yöntemi kullanılmaktadır. Amaç seçim sürecinin sonuçlarını etkileyen ağırlıkları seçmektir.

Tablo 1

VZA ile İlgili Bazı Çalışmalar

Çalışma	Uygulama Alanı	Elde Edilen Sonuçlar	Girdi/Çıktı Değerleri
Nguyen ve diğ., 2023	Elektrik Sektörü	Bu çalışmada, Vietnam'daki tel ve kablo şirketlerinin performansını değerlendirmek için küresel bulanık ortam altında Veri Zarflama Analizi, Analitik Hiyerarşi Süreci (SF-AHP) ve Ağırlıklandırılmış Toplama Ürün Değerlendirmesini (SF-WASPAS) birleştiren entegre	Girdiler: toplam varlıklar, yükümlülükler, kurumsal maliyet yönetimi Çıktılar: toplam gelir, brüt kar

Kim ve diğ., 2023	Demir-Çelik Endüstrisi	<p>bir yöntem önerilmektedir. İlk olarak, VZA-Malmquist modeli ile on tel ve kablo işletmesinin verimlilik performansı ölçülmüştür. İkinci olarak, uzman görüşlerinden yararlanılarak, SF-AHP yöntemi ile seçilen 16 kriterin değerlendirmeye sunulmuştur. Daha sonra, SF-WASPAS yaklaşımı ile on işletme kriterlerinden elde edilen toplu puanlara göre sıralanmıştır.</p> <p>Önerilen model, Çin'deki 45 demir-çelik işletmesinin 2009-2017 dönemindeki performansını değerlendirmek için uygulanmıştır. Enerji ve çevre verimliliği CWAT kullanılarak hesaplanmıştır ve CWAT MPI üretkenlik değişimini analiz edilmiştir.</p>	<p>Girdiler: Sabit varlıklar, çalışan sayısı, enerji tüketimi, su tüketimi</p> <p>Çıktılar: endüstriyel katma değer, atık gaz, atık su ve katı atıklar</p>
Nazari-Shirkouhi ve diğ., 2023	İlaç Endüstrisi	<p>Çalışmada ilaç şirketlerinde tedarikçi seçimi için geleneksel (teslimat, kalite, fiyat, teknoloji düzeyi) ve esnek kriterlere dayalı VZA ve Yapay Sinir Ağı kullanılarak yeni bir entegre yaklaşım önerilmiştir. Seçilen yaklaşımın özelliklerini ve yeteneklerini belirtmek için performans analizi üç bölüm halinde sunulmuştur. İlk olarak, elde edilen sonuçlar bulanık VZA yöntemiyle karşılaştırılmıştır. İkinci olarak, farklı kriterlerin sıralama sonuçlarına etkisini göstermek amacıyla duyarlılık analizi yapılmıştır. Üçüncü olarak ise tedarikçilerin etkinliğini veya verimsizliğini tespit edebilen bir tahmin modeli sunulmaktadır.</p>	<p>Girdiler: teslimat, kalite, fiyat, teknoloji düzeyi</p> <p>Çıktılar: risk farkındalığı, Uyarlanabilir yetenek, Güvenlik Açığı, Cevaplanabilirlik</p>

Patyal ve diğ., 2023	Enerji Sektörü	Çalışmada 2015/16 ile 2018/19 yılları arasında Hindistan genelinde 24 eyaletteki 48 elektrik dağıtıcısının performans verimliliğini belirlemeyi ve karşılaştırmayı amaçlamıştır. Verimli ve verimsiz dağıtıcıları segmentlere ayırmak için entegre bir VZA-IRP-TOPSIS tekniği kullanılmıştır.	Girdiler: Brüt Girdi Enerjisi, Çalışan Maliyeti, alınan sübvansiyona dayalı ACS-ARR, AT&C kayıpları Çıktılar: Karar Alma Biriminin (DMU) performans verimliliği , Enerji Satın Alma Maliyeti (Crores cinsinden) ve Toplam Borçlanma
Pourbabagol ve diğ., 2023	Gıda Endüstrisi	Önerilen model, İran'ın en büyük yirmi süt ürünleri firmasıyla ilgili gerçek hayattaki bir vaka çalışmasıyla ortaya konmuştur. Bu çalışma, ASC teorisi aracılığıyla gerçek durum ağ odaklı olmayan bir SBM probleminde gevşeklik tabanlı model ve olasılık eşitlik kısıtlamalarını tanıtmaya çalışmıştır.	Girdiler: işbirlikçi ilişki, süreç kombinasyonu, bilgi kombinasyonu, müşteri memnuniyeti Çıktılar: fiyat, kalite, zaman, servis düzeyi
Chen ve diğ., 2023	Hizmet Sektörü	Çalışmada, KVB'lerin değerlendirilmesi ve daha sonra iki aşamalı çapraz verimlilik (RTCE) modellerinin geliştirilmesi sağlanmıştır. Modelleri doğrulamak için Çin'deki bazı üniversitelerin verimliliği değerlendirilmiştir ve bunların tam bir sıralaması elde edilmiştir. Son olarak, önerilen modellerin etkinliğini göstermek için karşılaştırmalı bir analiz yapılmıştır.	Girdiler: Ar-Ge personeli, üniversitenin büyüklüğü, Ar-Ge fonu Çıktılar: yayınlanan makale, bilimsel kitaplar, bilimsel ödüller
Yılmaz ve diğ., 2022	Havacılık Sektörü	Çalışma, 46 Türk sivil havalimanının 2015-2018 yılları arasındaki verimliliklerini incelemektedir. Küresel Bulanık Kümeler tabanlı Analitik Hiyerarşi Süreci (SFS-AHP) ile Veri Zarflama	Girdiler: Pistler, terminal büyüklüğü, toplam harcamalar Çıktılar: yolcu sayısı, kargo trafiği, toplam gelir

		Analizini (DEA) birleştiren yeni bir hibrit metodoloji kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, Türkiye'deki havalimanlarının %67,2'sinin optimal verimlilik seviyesinin altında çalıştığını ve %93,5'inin girdi faktörlerini azaltmaya yönelik yönetsel ve yapısal değişiklikler uygulayarak operasyonlarını iyileştirmek için önemli çaba sarf etmesi gerektiğini göstermektedir.	
Zheng (2021)	Enerji Sektörü	Çalışmada 2012'den 2018'e kadar 23 şehrin panel verileri kullanılarak VZA-SBM modelini ve Malmquist endeks yöntemini kullanarak her şehrin Toplam Faktör Verimlilik Endeksi hesaplanmıştır ve toplam faktör verimliliği teknik verimlilik değişimi ve teknik ilerleme olarak ayrılmıştır. Sonuçlar, her bölgedeki TFVE'nin değişim eğiliminin örneklem dönemi boyunca büyük ölçüde değiştiğini göstermektedir. Bu makalede seçilen 23 şehrin genel verimliliği, yıllık ortalama %11,2'lik bir düşüşle bir düşüş eğilimi göstermektedir. Alt göstergeler açısından bakıldığında TFV'deki düşüşün temel nedeni teknolojik yenilik eksikliğidir.	Girdiler: çalışan sayısı, sermaye, yıllık toplam elektrik tüketimi Çıktılar: Kükürt dioksit emisyonları, Endüstriyel duman emisyonu, Atık su tahliyesi, PM2.5, Endüstriyel enerji terminali tüketimi
Khoshroo ve diğ., (2021)	Gıda Endüstrisi	Çalışmada, bitkisel üretimde enerji verimliliğini değerlendirmek için VZA kullanılarak İran'ın yirmi dört ilinde domates üretiminin genel, çevresel, üretim ve saf emisyon verimliliği araştırılmıştır. Yirmi dört KVB'den dokuzu çevresel, üretim ve saf emisyon	Girdiler: İşgücü, makine, gübreleme, biyositler, elektrik Çıktılar: Toplam üretim değeri, çevresel emisyon

		kriterleri açısından verimli olduğu kabul edilmiştir.	
Rebolledo-Leiva ve diğ., (2021)	Arıcılık Sektörü	Çalışma, ağ VZA yaklaşımının kullanılması, arıcıların operasyonel ve çevresel performansını, kovan yönetimi ve bal ekstraksiyonu gibi çoklu süreçlerin değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. Dört aşamalı karbon ayak izi ve ağ VZA yöntemi, her süreçte verimsiz arıcılar için hedeflerin tahmin edilmesini sağlayarak ayrıntılı bir iyileştirme planının önerilmesini mümkün kılmıştır.	Girdiler: Besleme, ilaç, nektar toplama, kovan sayısı, elektrik, bal ekstraksiyonu Çıktılar: Bal üretimi, karbon ayak izi
Ryan ve diğ., (2021)	Hizmet Sektörü	Araştırmaya göre, yol güvenliğini adil bir şekilde geliştirmek için fon tahsis sürecinde coğrafi, sosyo-ekonomik ve sosyo-demografik özelliklerin dikkate alınmasının kritik olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca kırsal alanların daha az verimli olduğu göz önüne alındığında, kentsel alanlarla aynı güvenlik düzeyine ulaşmak için kırsal alanlarda ek finansman ve diğer destek türlerinin gerekli olduğu görülmüştür.	Girdi: Yıllık karayolu harcamaları Çıktılar: Yıllık kaza sayısı, coğrafi konum, kaza, harcamalar ve demografik şehir verileri
Vörösmarty ve Dobos (2020)	-	Geleneksel ve çevreci tedarikçi seçim yöntemi olarak iki yöntem sunulmaktadır. Önerilen yöntem, geleneksel yönetim kriterleri ve yeşil kriterleri süreç maliyetleri ile ilişkilendirmek üzere bir çözüm sağlamak amacıyla geliştirilmiştir.	Geleneksel Kriterler: Teslimat süresi, kalite, fiyat, ekonomik sipariş miktarı Çevreci Kriterler: Yeniden kullanılabilirlik, CO ₂ emisyonu
Shabanpour ve diğ., (2019)	Gıda Endüstrisi	Çalışma, ilk kez tıkanık girdileri (congested inputs) pozitif ve negatif girdi olarak tanımlamış ve	Girdiler: Fiyat, yeşil araştırma ve geliştirmenin maliyeti, iş güvenliği maliyeti

		sınıflandırmıştır. Bu şekilde tıkanık girdileri dikkate alan verimli ölçek ekonomileri sınırı teorisini kullanarak sürdürülebilir tedarikçilerin performansını karşılaştırmak için yeni bir model geliştirmiştir.	Çıktılar: Ürün kalitesi, tedarikçi itibarı
Dobos ve Vörösmarty (2019)	-	Tedarikçi yönetiminde tedarikçilerin etkinlik kriter verilerinin parametreleştirilmesi için bulanık ve aralıklı VZA modelleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan modelde teknoloji matrisinin bir ögesi değiştirilerek verimlilik değişimi bir fonksiyon olarak değerlendirilmiştir.	Girdiler: Teslimat süresi, kalite, fiyat Çıktılar: Yeniden kullanılabilirlik, CO ₂ emisyonu
Wang ve diğ., (2018)	Gıda Endüstrisi	Çalışma, Vietnam'da gıda endüstrisinde küçük ve orta ölçekli işletmede yemeklik yağ endüstrisindeki üreticiler için en iyi tedarikçiyi belirlemektedir. Aynı zamanda bir tedarikçinin seçim sürecinin kriter ağırlıklarını belirlemek için bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ve Yeşil VZA modellerini kullanan hibrit çok kriterli karar verme modelini işlemektedir.	Girdiler: Birim fiyat, karbon ayak izi Çıktılar: Teslimat, kalite, Niteliksel Faydalar
Çayır ve diğ., (2018)	Ervural Enerji	Enerji sektöründeki tüm otoriteler yenilenebilir enerji potansiyeline sahip bölgelerin/illerin mevcut durumuna göre ve ülkemizin enerjide dışa bağımlılığı azaltmasını da göz önüne alarak yatırım kararlarını oluşturabileceklerdir. Çalışma, veriye ulaşmanın zor olduğu gelişmekte olan ülkeler bağlamında illerin verimlilik analizi için DEA,	Girdiler: Toplam yenilenebilir enerji potansiyeli, şebeke uzunluğu, yenilenebilir toplam kurulu güç, trafo kapasitesi Çıktılar: Brüt enerji üretimi, tüketici sayısı

		Tobit ve OLS yöntemlerinin kullanışlı olabileceğini göstermektedir.		
Dobos ve Vörösmarty (2014)	-	Çalışmada tedarikçi yöntemlerinin faktörler incelemek göstergeler yöntemi kullanılmaktadır.	geleneksel seçim çevresel genişletilmesini amacıyla bileşik (puanlama türü)	Girdiler: Teslimat süresi, kalite Çıktılar: Yeniden kullanılabilirlik, CO ₂ emisyonu

Literatür araştırmalarına göre (Tablo 1'den görüleceği gibi), VZA'nın pratik oluşu, detaylı analiz yapmaya olanak sağlaması ve başarılı sonuçlar sunması nedeniyle sıklıkla kullanılan bir matematiksel model olduğu gözlenmiştir. Ayrıca VZA ile birlikte farklı yöntemlerin de ele alındığı görülmektedir. Literatüre bakıldığında kullanılan farklı model önerileri ve VZA ile birlikte AHP ve/veya MTFVE'nin bir arada bulunduğu çalışmaların sınırlı olduğu görülmüştür. VZA, TOPSIS, SFA IRP, WASPAS, AHP ve YSA yöntemlerinden en az iki yaklaşımın dahil edildiği farklı modellere rastlanmıştır. Bulanık VZA modellerinin de kullanıldığı görülmektedir. Ancak aynı anda üçlü bir entegre (VZA, AHP, MTFVE) bileşenin uygulandığı bu çalışmada olduğu gıda endüstrisi tedarikçisine yönelik bir araştırmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışma ile mevcut literatüre şu şekilde katkı sağlanması hedeflenmektedir; ilk olarak işletmelerin gerçek hayatta yaşadığı problemlerden olan tedarikçi performanslarının değerlendirilmesi konusu bir gıda işletmesi örneği kullanılarak VZA yaklaşımı ile ele alınmıştır. İkinci olarak farklı model önerileri sunularak karşılaştırma yapılmıştır. Üçüncü olarak AHP ile tedarikçilerin önem derecesi sıralanarak ve MTFVE ile yıllar içerisindeki etkinlik değişim ele alınarak entegre model yaklaşımı geliştirilmiştir. Dördüncü olarak çevresel duyarlılık kriteri ile yeşil tedarikçi değerlendirmesi yapılması sağlanmıştır. Son olarak farklı model önerileri sunulması ve VZA, AHP ve MTFVE yöntemlerinin bir arada kullanılması ile gelecek çalışmalara yol gösterici olma özelliği taşımaktadır. Bu sebeplerle çalışmanın, tedarikçi değerlendirme konusuna farklı pencereden bakılarak literatüre katkı sağlayacağı ve araştırmacılara yol göstereceği düşünülmektedir.

3. Yöntem

Bu bölümde öncelikle kullanılan simgeler ve açıklamalar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2

Simgeler ve Açıklamalar

α	büzülme katsayısıdır, görelî etkinliği ölçülen k karar biriminin girdilerinin ne kadar azaltılabileceğini belirler.
λ_j	j . KVB için yoğunluk değeridir.
S_r^+	k . KVB'nin, r . çıktısına ait aylak değişkendir.
S_i^-	k . KVB'nin i . girdisine ait aylak değişkendir.
ε	oldukça küçük pozitif bir sayı (ör. 0,00001) olarak tanımlanmaktadır.

3.1 VZA Yöntemi

VZA, çoklu girdi ve çıktıların bulunduğu KVB'lerin göreceli verimliliğini değerlendirmek için kullanılan doğrusal programlama tabanlı bir tekniktir (Vörösmarty ve Dobos, 2020). VZA birden çok girdiyi birden çok çıktıya dönüştüren, KVB'lerin performansını değerlendirmeye yarayan veri odaklı bir yaklaşımdır (Cooper, Seiford ve Zhu, 2011). VZA, KVB'lerin etkinlik sınırlarını belirlemek ve verimliliklerini elde etmek için kullanılan temsili bir metottur. Etkin bir sınır ilk olarak 1927'de İtalyan iktisatçı Pareto tarafından ortaya çıkarılmış baskın olmayan bir koşul kavramına dayanmaktadır. Bu kavram 1951'de Koopmans tarafından üretimi değerlendirmek ve 1957'de Farrell tarafından verimliliği değerlendirmek için uyarlanmıştır. Daha sonra Charnes, Cooper ve Rhodes 1978'de verimlilik sınırlarını belirlemek ve üretkenliği ölçmek için doğrusal programlama modelini kullanmıştır (Wei, Chen, Li ve Tsai, 2011). Ji ve Lee'ye (Ji ve Lee, 2010) göre VZA, KVB olarak adlandırılan birimlerin üretkenlik ve verimliliklerini değerlendirmek için parametrik olmayan doğrusal bir programlama yöntemidir. İlk VZA modeli Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından 1978'de geliştirilmiştir (Ji ve Lee, 2010).

VZA'da iki temel model bulunmaktadır (Charnes, Cooper, Lewin ve Seiford, 1994).

- CCR Modeli (1978); genel verimliliğin objektif bir değerlendirmesini verir, CRS varsayımındadır. Model, VZA literatüründe CRS varsayımına dayanan CCR (Charnes, Cooper, ve Rhodes) modeli olarak adlandırılmıştır (Narasimhan, Talluri ve Mendez, 2001; Wu ve Blackhurst, 2009). İlk kez 1978'de geliştirilmiştir ve KVB'lerin toplam etkinlik skorlarını hesaplamaktadır.
- BCC Modeli (1984), saf teknik verimliliği tahmin eder, VRS varsayımındadır, teknik ve ölçek etkinlikleri arasında ayırım yapar. Banker, Charnes ve Cooper (1984)'ne göre BCC modeli,

$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ şeklinde ifade edilen dışbükeylik kısıtının eklenmesi ile CCR modelinden ayrılmaktadır. Bu sayede ölçüğe getiri yönü belirlenmektedir (Banker ve diğ., 1984).

Etkinlik puanı 1 olan KVB verimli olarak kabul edilir ve puanı 1'den küçük KVB'ler ise verimsiz kabul edilir. Model tüm birimlerin etkinlik puanını belirlemek için KVB sayısı kadar çalışır. Modelde her bir birimin verimliliğini maksimize eden (çıktının girdiye oranı) optimal ağırlıkların seçilmesine izin verilir ancak aynı zamanda bu ağırlıklarla değerlendirildiğinde gruptaki tüm birimlerin verimlerinin 1 değerini aşmasının da önüne geçilir (Narasimhan ve diğ., 2001).

CCR modeli karar birimlerinin toplam etkinlik değerlerini elde etmek için, BCC modeli ise karar birimlerinin teknik etkinlik değerlerini elde etmek için kullanılmaktadır (Depren, 2008).

Girdi yönelimli CCR modeli, aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$F_k = \min \alpha - \varepsilon \sum_{i=1}^m S_i^- - \varepsilon \sum_{r=1}^p S_r^+ , \quad r = 1, \dots, p \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + S_i^- - \alpha X_{ik} = 0 , \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - S_r^+ - Y_{rk} = 0 , \quad \lambda_j \geq 0 \quad S_r^+ \geq 0 \quad S_i^- \geq 0 \quad (3)$$

Model, asgari çıktıyı karşılamak için girdilerin minimize edilmesini hedeflemektedir. Eğer KVB etkin ise F_k değeri 1'e, α değeri 1'e, S_r^+ ve S_i^- değerleri 0'a eşittir. F_k değeri ve α değeri 1'den küçük, S_r^+ ve S_i^- değerleri 0'dan büyükse KVB etkin değildir. Modelde α etkinlik skorunu göstermektedir. Yani α etkin sınıra göre radyal uzaklıklara dayalı hesaplanan etkinlik değerini vermektedir. λ_j , referans kümesinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. $\lambda_j > 0$ olan KVB'ler etkin olarak değerlendirilmektedir. Bu KVB'ler etkin olmayan karar birimleri için referans kümesini oluşturmaktadır. S_i^- değişkeni girdilerdeki fazlalığı ve S_r^+ değişkeni çıktılardaki eksikliği göstermektedir (Okursoy ve Tezsürücü, 2015).

Girdi yönelimli BCC modeli, aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$F_k = \min \alpha - \varepsilon \sum_{i=1}^m S_i^- - \varepsilon \sum_{r=1}^p S_r^+ \quad (4)$$

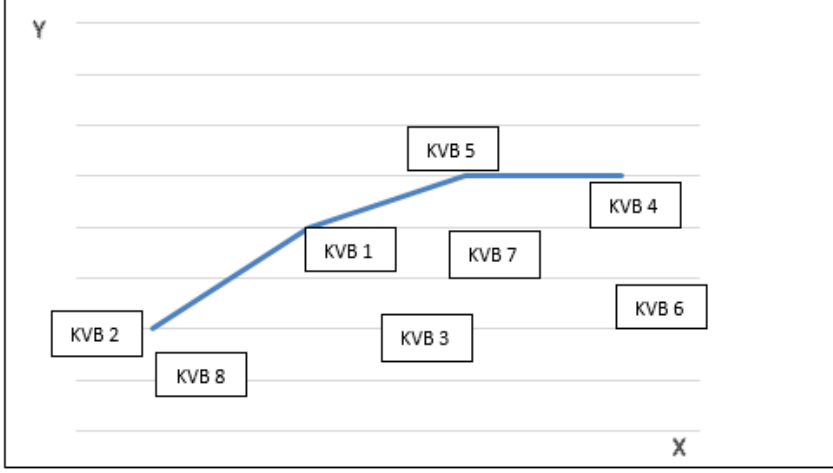
$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + S_i^- - \alpha X_{ik} = 0 \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - S_r^+ - Y_{rk} = 0 \quad i = 1, \dots, m \quad r = 1, \dots, p \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^m \lambda_j = 1 \quad \lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad S_i^-, S_r^+ \geq 0 \quad (7)$$

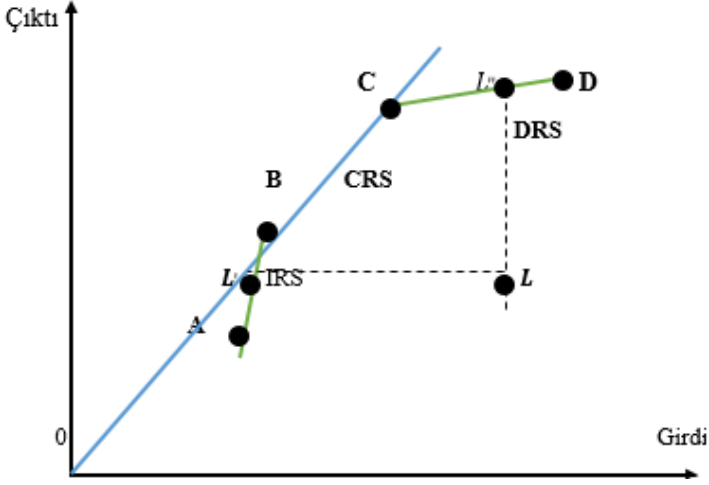
Modelin çözümü sonucunda j karar biriminin λ_j toplamı 1'den büyükse KVB ölçeğe göre azalan getiri durumunda, λ_j toplamı 1'den küçükse KVB ölçeğe göre artan getiri durumunda, λ_j toplamı 1'e eşitse KVB ölçeğe göre sabit getiri durumunda bulunmaktadır.

Şekil 1'de girdi odaklı BCC modelinin temel bir gösterimi bulunmaktadır. Burada X girdi miktarını, Y çıktı miktarını göstermektedir. KVB'lerden 1, 2, 4 ve 5 verimli iken 3, 6, 7 ve 8 verimsizdir. KVB 8 dışındaki diğer verimsiz KVB'leri verimlilik sınırına doğru (sola doğru) hareket ederek verimli hale gelebilir. Bu da girdileri azaltmak manasına gelmektedir. Fakat KVB 8 ise hem girdilerini azaltarak hem de çıktılarını artırarak verimli hale gelebilir. Girdi yönelimli bir model mevcut çıktının üretilebilmesi için girdi değişkenlerindeki orantısal azalmayı maksimize etmeye çalışır yani en az girdiyi kullanmaya çalışır, öte yandan çıktıya yönelik bir model, mevcut çıktıyı üretebilmek için çıktı değişkenlerindeki orantısal artışı maksimize etmeye çalışır yani en fazla çıktıyı üretmeye çalışır (Dinç ve Haynes, 1999).



Şekil 1. Girdi Odaklı BCC Modeli için Zarflama Etkinlik Sınır Görünümü (Dinç ve Haynes, 1999)

Şekil 2’de gösterildiği gibi A, B, C, D, L olmak üzere beş KVB bulunmaktadır. AB, BC, CD doğruları etkinlik sınırını belirlemektedir. AB doğrusu IRS, BC doğrusu CRS ve CD doğrusu DRS varsayımını göstermektedir. L karar verme biriminin etkin olabilmesi için L' yada L noktalarına yaklaşması gerekmektedir. Girdi odaklı bir modelde L noktasına yani ölçeğe göre artan getiri tarafına, çıktı odaklı bir modelde ise L' noktasına yani ölçeğe göre azalan getiri tarafına yönelmelidir. Bu sebeple girdi odaklı ve çıktı odaklı BCC modelleri farklı görüntü noktaları oluşturmaktadır. Bu da ölçeğe göre getirinin yönünün nasıl olacağını belirtmektedir (Zhu, 2009).



Şekil 2. Ölçeğe Göre Getirinin Grafiksnel Görünümü (Zhu, 2009)

3.2 Süper Etkinlik Modeli

CCR veya BCC modellerinin sonuçlarına göre hangi KVB'nin etkin olup olmadığı öğrenilmektedir. Bu modellerle etkin KVB'ler kendi içinde bir sıralamaya tabi tutulmamaktadır (Çayır Ervural ve diğ., 2018). Etkin birimleri sıralamak ve karşılaştırmak için Andersen ve Petersen 1993'te süper etkinlik modelini ortaya koymuştur (Noura, Hosseinzadeh, Jahanshahloo, ve Rashidi, 2011). Bu yöntem bir KVB'yi diğer KVB ile karşılaştırarak sıralama olanağı tanımaktadır. Değerlendirilen KVB referans setinden çıkarılmaktadır. Böylece etkin KVB'lerinin etkinliği korunmaktadır ve etkin KVB'nin girdilerinde maksimum bir artış oranı elde edilmektedir (Cook, Liang, Zha ve Zhu, 2017). Tüm KVB'leri verimlilik puanına göre büyükten küçüğe sıralanmaktadır (Ervural, Ervural ve Zaim, 2016).

$$\min F_k = \alpha \quad (8)$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 0}}^n \tilde{\lambda}_j x_{ij} \leq \alpha x_{ik} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (9)$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 0}}^n \tilde{\lambda}_j y_{rj} \geq y_{rk} \quad \tilde{\lambda}_j, \alpha \geq 0, \quad j \neq 0 \quad r = 1, 2, \dots, p \quad (10)$$

α : Göreli etkinliği ölçülen k karar biriminin girdilerinin ne kadar azaltılabileceğini belirleyen büzülme katsayısıdır.

x_{ij} : j . karar birimi tarafından kullanılan i . girdidir.

y_{rj} : j . karar birimi tarafından üretilen r . çıktıdır.

y_{rk} : k . karar birimi tarafından üretilen r . çıktıdır.

x_{ik} : k . karar birimi tarafından kullanılan i . girdidir.

λ_j : j . karar biriminin aldığı yoğunluk değeridir.

Bu modelde amaç, kullanılan girdilerin en küçüklenmesidir.

Bu çalışmada da etkin KVB'lerini sıralamak için süper etkinlik modeli uygulanmıştır. Çünkü klasik modeller etkin KVB'leri birbirinden ayırt edememekte ve sıralayamamaktadır. Bu çalışmada etkin olan işletmelerin kendi aralarındaki sıralaması Süper Etkinlik Modelinin çalışma prensibi gereği etkin KVB'leri 1'in üzerinde değerler atayarak sıralamakta etkin olmayan KVB'leri için klasik VZA modelleri ile aynı değerleri atayarak kendi içlerinde sıralama gerçekleştirmektedir. Bu sayede etkin olan birden fazla seçenek için bile kendi aralarındaki seviyelendirme imkanı sunarak en ideal seçenekler görülebilmektedir (iyinin iyisi seçilebilmektedir).

3.3 Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Endeksi

Malmquist Toplam Faktör Verimlilik yönteminde karar biriminin t ve $t+1$ dönemleri arasındaki göreceli uzaklıkları hesaplanarak iki değer arasındaki toplam faktör verimliliğindeki değişim ölçülmeye çalışılır. Klasik VZA yöntemleri statik çalışırken Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Endeksi yöntemi zaman periyoduna sahip olduğundan dinamik bir yapıya sahiptir.

Etkinlik değerlendirmesi sürecinde, etkinliklerin zaman içerisinde nasıl bir değişim gösterdiği oldukça önemlidir (Dinçer, 2015). Etkinlik ölçümleri firmaların belirli bir zaman dilimindeki performansını göstermektedir. Bu nedenle tedarikçilerin zaman çerçevesinde değerlendirilebilmesi için MTFVE geliştirilmiştir. Malmquist TFV Endeksi, ilk olarak Caves, Christensen ve Diewert (1982) tarafından önerilmiştir. Sten Malmquist (1953), nicelik endekslerini oluşturmak için uzaklık fonksiyonlarının oranlarını kullanarak bu endeksi ortaya koymuştur. Bu şekilde elde edilen endeks MTFVE olarak adlandırılmaktadır (Färe, Grosskopf ve Roos, 1994). Caves ve diğ. (1982) çalışmasında tanımlanan iki MTFVE'nin (etkinlik değişimi ve teknik değişim) geometrik ortalamasını kullanma fikrini ortaya atmışlardır (Bjurek, 1996). Fare'ye göre (1994), verimlilik artış ölçüsü iki Malmquist TFV Endeksinin geometrik ortalamasıdır. MTFVE ya da bileşenlerinden herhangi birinin değerinin 1'den küçük olması performansta gerileme veya bozulmayı gösterirken, 1'den büyük olması performanstaki gelişmeyi göstermektedir.

Fare ve diğ. (1994), MTFVE'nin VZA ile hesaplanabilmesi için t zaman periyodunda ($t = 1, \dots, T$), girdileri çıktılara dönüştüren S^t üretim teknolojisi $S^t = \{(x^t, y^t): x^t \text{ üretir } y^t\}$ şeklinde tanımlanmaktadır (Färe ve diğ., 1994).

Girdiye dayalı uzaklık fonksiyonu benzer şekilde denklem (11)'de tanımlanmaktadır;

$$d_i^t(x^t, y^t) = \max\{\theta: (x^t/\theta, y^t) \in S\} \quad (11)$$

Fare ve diğ. (1994), çalışmasında t dönemi ve takip eden $t + 1$ dönemi arasındaki girdiye göre Malmquist TFV endeksi (12)'de,

$$m_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \sqrt{\frac{d_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{d_0^t(x^t, y^t)} * \frac{d_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{d_0^{t+1}(x^t, y^t)}} \quad (12)$$

bu eşitliğin diğer bir gösterimi (13)'de;

$$m_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \underbrace{\frac{d_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{d_0^t(x^t, y^t)}}_{\text{Etkinlik değişimi}} \underbrace{\sqrt{\frac{d_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{d_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} * \frac{d_0^t(x^t, y^t)}{d_0^{t+1}(x^t, y^t)}}}_{\text{Teknik değişim}} \quad (13)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

$m_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) > 1$ ise t periyodundan ($t + 1$) periyoduna TFV artış vardır.

$m_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) < 1$ ise t periyodundan ($t + 1$) periyoduna TFV azalış vardır.

$m_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = 1$ ise t periyodundan ($t + 1$) periyoduna TFV değişme yoktur.

MTFVE'nin etkinlik değişimi ve teknik değişim değerlerinin çarpımı olduğu göz önüne alınarak (13) denkleminde göre aşağıdaki formüller elde edilebilmektedir.

$$\text{Etkinlik değişimi} = \frac{d_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{d_0^t(x^t, y^t)} \quad (14)$$

$$\text{Teknik değişim} = \sqrt{\frac{d_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{d_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} * \frac{d_0^t(x^t, y^t)}{d_0^{t+1}(x^t, y^t)}} \quad (15)$$

Ardışık iki döneme göre verimlilik endeksinin hesaplanabilmesi için dört ayrı uzaklık fonksiyonunun da elde edilmesi gerekmektedir. MTFVE için kullanılan bu uzaklık fonksiyonlarının hesaplanmasında en sık kullanılan yöntem Fare ve diğ. 'nin (1994) geliştirdiği matematiksel programlama modelleri çıktıya yönelik olan denklemlerdir.

MTFVE'yi tanımlamak için, iki farklı zaman periyoduna göre uzaklık fonksiyonlarının tanımlanması gerekmektedir. Etkinlik değişimi (Catch-Up) ve teknik değişim (Frontier-Shift) bileşenlerinin çarpımı MTFVE' ye eşit olmalıdır. Etkinlik değişimi bileşeninde meydana gelen artış oranı etkin sınıra yaklaşma, teknik değişim bileşenindeki artış oranı ise yenilik çabalarının karşılığı olarak ifade edilmektedir. Fare ve diğ. (1994), ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında hesaplanan etkinlik değişimi bileşeni, ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında hesaplanan saf teknik etkinlik değişimi ve ölçek etkinliği değişiminin çarpımı olarak da kullanılmaktadır. Etkinlik değişimi bu iki temel parametrenin çarpımına eşittir.

3.4 AHP Yöntemi

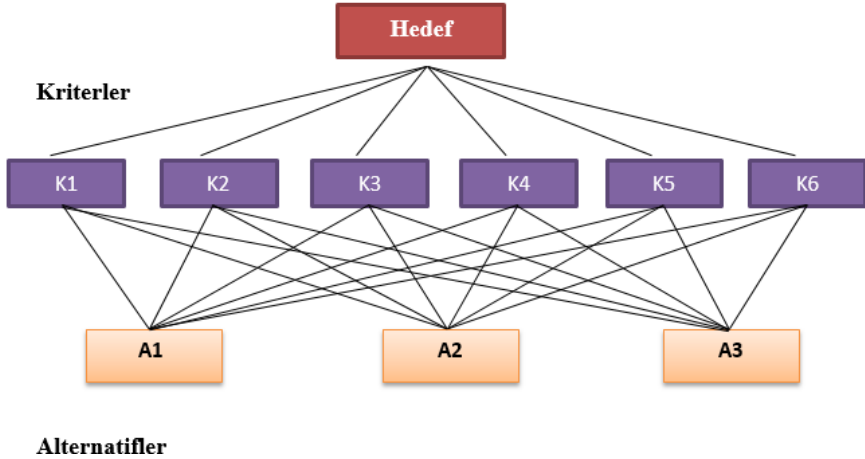
AHP ilk olarak 1980 yılında Thomas Saaty tarafından geliştirilen bir karar verme yöntemidir. Belirli hedeflere ulaşmak için çeşitli alternatiflerin farklı kriterler altında karşılaştırıldığı çok değişkenli ortamlarda karar problemlerine çözümler sunmaktadır (Bernasconi, Choirat ve Seri 2010). Bu teknik alternatiflerin sıralanması ya da alternatifler içinde en iyinin seçilmesi için kullanılmaktadır. Sıralama/seçim işlemi bir dizi kriterlere ayrılan genel bir hedefe göre yapılmaktadır (Ramanathan, 2004). AHP ile karar vericilerin gözlemleri de dikkate alınarak kendi karar mekanizmaların oluşturma olanağı sağlanmıştır. Bu yöntem ile karar vericilerin daha etkin kararlar alması amaçlanmaktadır. Gerçek hayatta oldukça ilgi gören yöntem birçok problemin çözümünde uygulanmış ve diğer yöntemlerle bütünleşik olarak kullanılmıştır. AHP ve VZA, AHP ve Hedef Programlama, AHP ve Bulanık Mantık vb. gibi birçok yöntemle uygulanmaktadır (Dağdeviren, Akay ve Kurt, 2004).

AHP süreci, ikili karşılaştırmalardan ve derecelendirmelerden değer ölçekleri üreten bir ölçüm teorisidir (Saaty ve Özdemir, 2003). AHP sürecinde uygulanan adımlar aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

Adım 1: Hiyerarşik yapının oluşturulması

AHP'nin ilk adımı, problemin hiyerarşik bir yapıda organize edilmesidir. Hiyerarşik yapının ilk seviyesi önceden tanımlanmış belirli bir hedefi içermektedir. Genel hedef daha sonra kriterler olarak adlandırılan karar unsurlarına bölünür. Kriterler hiyerarşik yapının ikinci seviyesini oluşturmaktadır. Ayrıca kriterler bir sonraki seviye ile alt kriterlere bölünebilmektedir. Hiyerarşinin son seviyesinde ise karar alternatifleri yer almaktadır (Kostagiolas, 2012).

Üç seviyeli hiyerarşi yapısının şematik olarak gösterim aşağıda Şekil 3'teki gibidir (Saaty, 1994).



Şekil 3. AHP Hiyerarşik Yapısı

Saaty'ye göre (1990), hiyerarşik yapı oluşturulurken problemi olabildiğince eksiksiz temsil etmesine, problemi etkileyen tüm faktörlerin göz önünde bulundurulmasına, çözüme katkı sağlayacak tüm etmenlerin belirlenmesine, problemle ilişkili rol oynayacak katılımcıların belirlenmesine dikkat edilmelidir.

Adım 2: İkili karşılaştırmaların yapılması

Her bir hiyerarşik seviye için karar unsurlarının ağırlıkları ikili karşılaştırmalar yoluyla belirlenmektedir. Karşılaştırmalar, Saaty tarafından önerilen 1'den 9'a kadar olan temel ölçeğe dayanmaktadır. Veriler bir grup uzman tarafından yapılan değerlendirmelerle elde edilmektedir (Saaty, 2007, Kostagiolas, 2012). Saaty'ye ait önem ölçeği aşağıda Tablo 3'te verilmiştir (Saaty, 1990).

Tablo 3

İkili Karşılaştırma Matrislerini Geliştirmek İçin Kullanılan Önem Ölçeği

Önem	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	İki seçenek amaca eşit oranda katkı sağlamaktadır
3	Zayıf önemli	Deneyim ve yargı bir seçeneği diğerine üstün kılmaktadır.
5	Kuvvetli önemli	Deneyim ve yargı bir seçeneği diğerine oldukça üstün kılmaktadır.
7	Çok kuvvetli önemli	Bir seçenek diğerine göre üstün sayılmaktadır.
9	Aşırı derecede önemli	Bir seçeneğin diğerinden üstün olduğunu gösteren kanıt çok büyük güvenilirliğe sahiptir.
2, 4, 6, 8	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerlerdir.

Hiyerarşide yer alan bileşenlerin 1-9 ölçeğine göre göreceli önemlerine ilişkin uzman görüşlerini yansıtan ikili karşılaştırmalar; n karşılaştırılan eleman sayısı, i matristeki satır sayısı ve j matristeki sütun sayısını, a_{ij} karşılaştırılan elemanların birbirlerine göre önemlerini (ağırlıklarını) belirtmek üzere bir A matrisi elde edilmektedir. İkili karşılaştırmalar matrisi aşağıda gösterilmiştir.

İkili Karşılaştırmalar Matrisi:

$$A = a_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdot & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdot & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdot & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \cdot & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{31} & a_{32} & \cdot & 1 \end{bmatrix} \quad (16)$$

Adım 3: Ağırlıkların hesaplanması

İkili karşılaştırmalar sonucunda elde edilen matrisler normalize edilerek her matrisin önem değeri (ağırlık değeri) belirlenmektedir. İkili karşılaştırma matrisinde her sütun için sütun toplamları alınmaktadır ve matristeki her bir eleman sütun toplamına bölünerek normalizasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Normalize edilmiş matrisin satır toplamı matrisin boyutuna bölünerek ortalaması alınmaktadır. Bulunan bu değerler her bir ölçüt için hesaplanan önem ağırlıklarını ifade etmektedir. Bu ağırlıklar öncelik vektörünü oluşturmaktadır.

$$w_i = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n a_{ij} \quad i, j = 1, \dots, n \quad (17)$$

Bu eşitlik ile ölçütlerin birbirine göre önem değerini gösteren yüzde önem dağılımı elde edilmektedir.

Adım 4: Tutarlılık analizi

Karar vericiler tarafından oluşturulan ikili karşılaştırmaların tutarlılığı nihai kararın doğruluğu açısından önemlidir. Tutarlılık analizi ile ikili karşılaştırmaların tutarlılık oranı (*CR*) hesaplanmaktadır. Bu oranın 0,10'un üstünde olması ikili karşılaştırmalarda tutarsızlık olduğu anlamına gelmektedir. Bu durumda karar vericinin yargılarının iyileştirilmesi gerekmektedir. Tutarlılık oranı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

İkili karşılaştırmalar matrisi ile görel önemler vektörünün çarpılması ile yeni bir vektör elde edilmektedir. Yeni vektörün birinci elemanı görel önemler vektörünün birinci elemanına bölünürse ve diğerleri de bu şekilde bölünürse üçüncü bir vektör elde edilir. Bu son vektörün elemanları toplanıp eleman sayısına bölünürse λ_{max} (en büyük öz değer) elde edilir. λ_{max} n değerine ne kadar yakın olursa sonucun o kadar tutarlı olması beklenmektedir.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (18)$$

Tutarlılık göstergesinin, rassal tutarlılık endeksine (Tablo 4'te sunulan) bölünmesiyle elde edilen orana "Tutarlılık Oranı" denilmektedir ve 0,10'dan küçük olması beklenmektedir.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (19)$$

Tablo 4

Rassal Tutarlılık Endeksi

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Adım 5: Öncelik değerinin hesaplanması

Son adım, alternatiflerin her bir kriter açısından elde edilen ağırlıklarından hareketle öncelik değerlerinin hesaplanmasıdır. En büyük öncelik değerine sahip alternatif AHP yöntemi sonucunda tercih edilmesi en uygun seçenek olarak önerilmektedir.

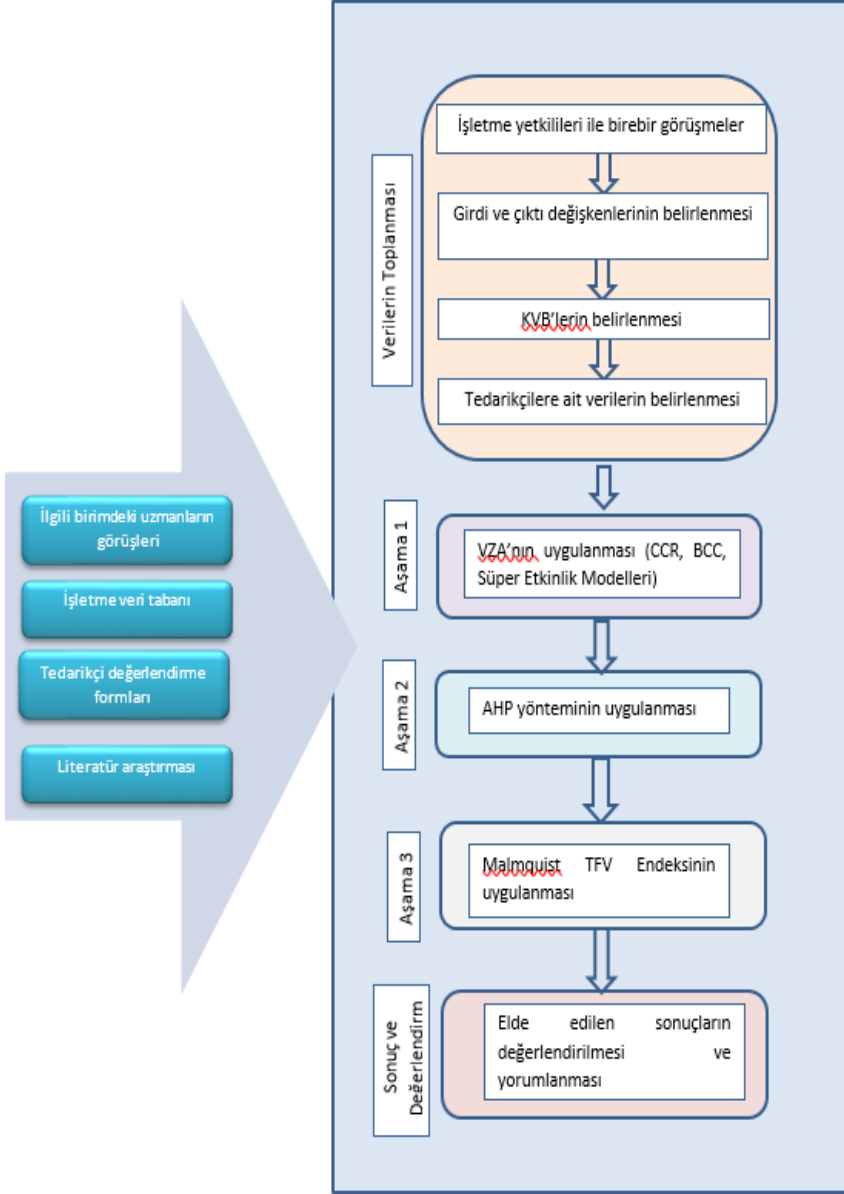
4. Bir Gıda İşletmesinde Uygulama

Çalışma, gıda sektöründe faaliyet gösteren bir et ve süt tesisinin süt ambalaj malzemeleri tedarikçilerinin 2019 yılına ait yirmi tedarikçi performansının VZA yöntemi ile değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda tedarikçilerin zaman içindeki etkinlik değişimini değerlendirmek üzere 2018, 2019, 2020, 2021 yılları için dört senelik panel veri analizi uygulanmıştır. Kısıtlı veri erişimi nedeniyle 2018-2021 yılları arasındaki veriler kullanılmıştır.

Bu çalışma üç aşamalı bir metodolojiden oluşmaktadır. Birinci aşamada, birden çok girdi/çıktıya sahip birimlerin performanslarını analiz etmek için matematiksel programlama tabanlı VZA kullanılmıştır. Bu aşamada farklı kriter grupları altında nasıl sonuçlar verildiğini görmek için dört farklı model sunulmuştur. Her bir model CCR, BCC ve Süper Etkinlik yaklaşımları ile değerlendirilmiştir. İkinci aşamada AHP yöntemi kullanılarak girdi ve çıktıların ağırlıklandırılması ile tedarikçilerin önem dereceleri sıralanmıştır. Üçüncü aşamada, MTFVE yardımıyla ilgili tedarikçilerin yıllara göre etkinlik değişimi ortaya konulmuştur.

Çalışmada başlangıçta 42 tedarikçi yer alırken verilerdeki eksiklik nedeniyle analizlerin doğru bir şekilde tamamlanabilmesi için nihai 20 tedarikçi belirlenmiştir. Tedarikçi performansını en iyi şekilde ifade edebilecek değişkenler literatür araştırması, işletmedeki kalite, ar-ge, satın alma, planlama ve lojistik departmanı yöneticilerinden oluşan mesleklerinde en az 10-15 yıllık tecrübe ve birikime sahip olan endüstri mühendisi, makine mühendisi, işletme mühendisi, gıda mühendisi ve lojistik bölümlerinden mezun ilgili uzmanların görüşleri doğrultusunda çalışma yürütülmüştür ve yapılan odak grup toplantıları neticesinde belirlenmiştir. Şekil 4'te önerilen üç aşamalı modelin akış şeması sunulmuştur.

Tedarikçi performansını etkileyen ölçütlerin genellikle fiyat, kalite, teslim süresi, sipariş karşılama oranı, kalite, teslimat performansı esneklik ve çevresel duyarlılık şeklinde veri kümesi belirlenerek Tablo 5'te kısa tanımları ile sunulmaktadır.



Şekil 4. Önerilen Üç Aşamalı Yaklaşım

Tablo 5

Girdi ve Çıktı Değişkenleri

Girdi Değişkenler	Açıklama
Fiyat	Malzemenin birim fiyatını ifade eder.
Teslim Süresi	Tedarikçinin bir siparişi teslim ettiği ortalama teslimat süresini gün cinsinden ifade eder.
Sipariş Karşılama Oranı	Tedarikçilerin son 12 ayda önceden belirlenen sipariş miktarlarına uygun teslim ettiği malzemelerin puanıdır. Bu puanlama firma yetkililerinin hazırlanmış olduğu tedarikçi değerlendirme formunda satın alma, kalite ve planlama birimlerinin puanlamalarından elde edilmiştir. Puanı yüksek olan tedarikçiler, firmanın taleplerini zamanında teslim etmekte, sipariş edilen miktarda sevkiyat yapmakta ve malzemelerde oluşan herhangi bir problemde hızlı geri dönüş sağlamaktadır.
Çıktı Değişkenler	Açıklama
Kalite	Tedarikçinin son 12 ayda teslim ettiği kabul edilebilir malzemelerin uzmanların hazırladığı forma göre değerlendirilmesi sonucu aldığı puandır. Ürünün niteliksel ve niceliksel açıdan belirlenen standartlara uygunluk derecesidir. Kalite değişkeninin değeri, kalite, AR-GE, satın alma, planlama ve lojistik birimlerinden uzmanların belirlemiş olduğu formdan elde edilen toplam puandır. (Ürün standardının karşılanma değeri)
Teslimat Performansı	Son 12 ayda taahhüt edilen tarihlere uygun teslimat yüzdesini ifade eder. Firma yetkilileri tarafından tedarikçinin belirlenen tarih ve miktarlara uygun teslimatlarının değerlendirilmesi ile elde edilmiştir.
Esneklik	Firmanın ani talep değişikliklerine adaptasyonu ve tepkisinin puan cinsinden değerlendirilmesidir. Tedarikçi değerlendirme formuna göre kalite, satın alma ve planlama birimlerinin puanlarının toplamıdır. Oluşan problemlere dönüş hızı, kapasite uygunluğu, yeni siparişler için ön süre, sevkiyat yeterliliği, zamanında teslim, sipariş miktarına ve değişimlerine uygunluk gibi kriterler bu puanı belirlemektedir.
Çevresel Duyarlılık	Tedarikçinin çevreyi korumaya ve çevre kirliliğini azaltmaya yönelik tutumu ile ürünlerinin bu kriterlere uygunluğunun değerlendirilmesidir. Değerlendirme 1-5 arası puanlama ile firma yetkilileri tarafından yapılmıştır.

Seçilmiş olan girdi ve çıktılar, tedarikçi performans değerlendirme süreçlerini en iyi şekilde temsil etmelidir. Analizde üç girdi ve dört çıktı değişken kullanılmıştır.

Girdiler tabloda görüldüğü gibi malzemenin birim fiyatı, siparişin ortalama teslim süresi ve (son bir yıllık) sipariş karşılama oranının uzmanlar tarafından verilen puanlamasını ifade etmektedir. Çıktılar ise teslim edilen kabul edilebilir parçaların uzmanlar tarafından verilen puanlama ile kalite değerini, son bir yıllık taahhüt edilen tarihlere uygun teslimat yüzdesi ile teslimat performansını, ani talep değişikliklerine adaptasyon esnekliği, çevreyi koruma, çevre kirliliğini azaltmaya yönelik tutum ve ürünlerin bu kriterlere uygunluğunun değerlendirilmesi ise çevresel duyarlılığı ifade etmektedir.

Çalışmada ilk olarak firmaya ait süt ambalaj malzemeleri tedarikçilerinin verimlilikleri dört farklı modelde, girdiye yönelik ve çıktıya yönelik CCR ve BCC yöntemleriyle DEA Solver yazılımı kullanılarak analiz edilmektedir. İkinci aşamada AHP yöntemi ile tedarikçiler karşılaştırılmış ve üçüncü aşamada, MTFVE ile tedarikçilerin yıllara ait performansları karşılaştırılarak analiz yapılmıştır. Bu sayede statik ve dinamik modeller aracılığıyla tedarikçi performans değerlendirmesi geniş bir pencereden sunulmuştur. Analizde kullanılan değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6

Girdi ve Çıktıların Tanımlayıcı İstatistikleri

Girdi ve Çıktı	Birim	Maks	Min	Ortalama	Standart sapma
Fiyat	TL/kg,adet	51,62	1,33	13,473	12,380
Teslim Süresi	gün	48,7	0,24	8,175	9,786
Sipariş Karşılama Oranı	puan	270	160	224,5	22,130
Kalite	puan	291,67	233,34	260,58	14,766
Teslimat Performansı	%	100	58	85,95	13,709
Esneklik	puan	480	270	358	46,081
Çevresel Duyarlılık	1-5	5	3	4	0,836

Birim: Ölçü birimi, Maks: Maksimum değer, Min: Minimum değer, Ortalama: Ortalama değer

Bu çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

4.1 Önerilen VZA Modelleri

Çalışmanın amacı, gıda sektöründe faaliyet gösteren bir firmaya ait tedarikçilerin etkinliklerinin değerlendirilmesi olduğundan bu çalışmada girdi minimizasyonu varsayımı benimsenmiştir. Ağır rekabet ortamında sektörde var olabilmek için firmanın çıktılarının artırılması yerine girdilerin en aza indirilerek verimliliğini maksimize etmeyi hedeflemesi ve girdiler üzerinde çıktılardan daha fazla kontrol sağlanabilmesi sebebiyle girdi odaklı bir yaklaşım tercih edilmiştir.

Çalışmanın çok yönlü olabilmesi ve farklı kriter grupları altında farklı senaryo analizleri ile modelin nasıl sonuç vereceğini görmek için dört ayrı model önerilmiştir. Böylece her senaryo ile tedarikçilerin etkinlik değerleri ortaya konularak kapsamlı bir değerlendirme yapılması amaçlanmıştır.

Modeller oluşturulurken problemi ele alınan işletmenin öncelik verdiği kriterler göz önünde bulundurulmuştur. Bu sebeple her modelde kalite ve fiyat kriterleri sabit tutulup diğer kriterler farklılaştırılarak modeller sunulmuştur. Model 1, tüm kriterleri ele alan en kapsamlı modeldir. Model 2'de teslim süresi, teslimat performansı ve esneklik kriterleri eklenerek tedarikçilerin vadedilen teslim süresine uygunluğu, değişen talep miktarlarına uyumu irdelenmiştir. İkinci model literatür analizlerine göre bir tedarikçiden beklenen en temel/sade bileşenlere göre geliştirilmiş hızlı uygulanabilecek önemli bir modeldir. Model 3'te sipariş karşılama oranı ve çevresel duyarlılık kriterlerine yer verilerek tedarikçilerin çevre politikaları ve son dönemde taahhüt edilen miktarlar, zamanında ve doğru teslimat ile sevkiyat gibi konular ön plana çıkarılmıştır. Model 4'te teslim süresi, sipariş karşılama oranı, teslimat performansı ve çevresel duyarlılık kriterleri eklenerek tedarikçilerin hem vadedilen teslim süresine uygunluğu, değişen talep miktarlarına uyumu hem de çevre politikaları ve son dönemde taahhüt edilen miktarlar, zamanında ve doğru teslimat ile sevkiyat konuları ele alınmıştır. Son iki modelde yeşil çevre-sürdürülebilirlik ilkeleri kapsamında çevresel duyarlılık faktörleri eklenerek analiz edilmiştir. Buna göre ekolojik dengenin korunmasına yardımcı olan, hijyen koşullarını sağlayan çalışma ve faaliyetlerinde bazı kalite, belge ve sertifikaya sahip işletmelerin değerlendirildiği ve problemin bir gıda işletmesine ait olması nedeniyle bu konulara özen gösteren tedarikçileri öne çıkarmaktadır. İşletme yetkilileri bu konularda hassas ise son iki model onlar için yol gösterici olacaktır.

İşletme için en önemli faktör kümesi hangisi olursa o model öncelikle değerlendirilerek başarılı bulunduğu tedarikçilerle çalışmayı sürdürebilir. Bu nedenle farklı modeller geliştirilerek işletme yetkililerine senaryo analizi şeklinde durum değerlendirmeleri sunulmuştur.

Bu çalışmada kullanılan veri setleri aşağıda Tablo 7’de sunulmuştur.

Tablo 7

VZA Modellerine Ait Girdi ve Çıktı Değişkenleri

Model	Girdi	Çıktı
Model 1	Fiyat	Kalite
	Teslim Süresi	Teslimat Performansı
	Sipariş Karşılama Oranı	Esneklik Çevresel Duyarlılık
Model 2	Fiyat	Kalite
	Teslim Süresi	Teslimat Performansı
		Esneklik
Model 3	Fiyat	Kalite
	Sipariş Karşılama Oranı	Çevresel Duyarlılık
Model 4	Fiyat	Kalite
	Teslim Süresi	Teslimat Performansı
	Sipariş Karşılama Oranı	Çevresel Duyarlılık

4.1.1 Model 1

Model 1 için girdiler; fiyat, teslim süresi ve sipariş karşılama oranı, çıktılar; kalite, teslimat performansı, esneklik ve çevresel duyarlılık olarak belirlenmiştir. Çalışmada genel etkinlik ve saf teknik etkinlik değerlerini elde etmek için CCR ve BCC yöntemleri kullanılmıştır. Ölçek etkinlik değeri, genel etkinlik değerinin teknik etkinlik değerine oranı ile elde edilmiştir. Ölçek değeri etkin olan bir tedarikçi için girdi ve çıktı odaklı etkinlik değerleri birbirine eşittir (Çayır Ervural ve diğ., 2018).

Tabloda KVB olarak belirlenmiş tedarikçilerin analiz sonuçlarına göre etkinlik skorları görülmektedir. Bu skorlar 0 ile 1 arasında değerler almaktadır. Etkinlik skoru 1 olan KVB’ler etkin, 1’den küçük olanlar ise etkin değildir. 2019 yılı verilerine göre 9 tedarikçi ölçek etkinliğine sahiptir. Bu tedarikçilerin optimal ölçek büyüklüğüne ulaşmış oldukları anlamını taşımaktadır. Detaylandırmak gerekirse, 20 tedarikçi arasında genel teknik etkinlik değeri 1 olan 9 tedarikçi bulunmaktadır, bu tedarikçilerin saf teknik etkinlik değerleri ve ölçek etkinlik değerlerinin 1 olması bu tedarikçilerin teknik veya ölçek olarak kaynak

kullanımının optimum seviyeye ulaştığı anlamına gelmektedir. Bu KVB'lerinin girdi faktörü ve üretim ölçeği bakımından optimal bir durum olan CRS varsayımında olduğu ve herhangi bir iyileştirmeye gerek olmadığı görülmektedir. Ayrıca Tablo 8'e göre 20 tedarikçiden 9'u ölçeğe göre azalan getiri varsayımındadır. Bu KVB'leri verimliliklerini artırmak için üretim ölçeği ve girdilerini azaltmalıdır. Bir tedarikçi ise ölçeğe göre artan getiri varsayımı durumundadır. Bu KVB verimliliğini iyileştirebilmesi için üretim ölçeğini genişletmelidir. Özetle 10 tedarikçi CRS durumundadır ve toplam tedarikçilerin %50'sine, 9 tedarikçi ölçeğe göre azalan getiri durumundadır ve toplam tedarikçilerin %45'ine, 1 tedarikçi ölçeğe göre artan getiri durumundadır ve toplam tedarikçilerin %5'ine tekabül etmektedir. Tedarikçiler arasında S1, S4, S9, S10, S12, S13, S14, S17, S20 performans değerlendirmesi bakımından verimli tedarikçilerdir. CRS'ye sahip oldukları için yani girdilerdeki orantılı artış çıktılardaki artışa eşit olduğundan herhangi bir iyileştirmeye ihtiyaç duyulmamıştır. S2, S3, S5, S6, S7, S15, S16, S18, S19 tedarikçileri ölçeğe göre azalan getiri varsayımındadır. Bu tedarikçiler için çıktı oranının girdi oranından daha az olması dolayısıyla çıktılardan kalite, teslimat performansı, esneklik ve çevresel duyarlılık kriterlerinden tümü ya da birkaçı artırılarak verimli olmaları sağlanmalıdır yani son bir yıllık dönemde ürettiği ürünlerin kabul edilebilirlik seviyesinde, zamanında ve uygun miktarlarda ürün teslimatı, ani talep değişikliklerine duyarlılık, sevkiyat yeterliliği ve çevre politikaları konularında iyileştirme yapılmalıdır. S11 tedarikçisi ölçeğe göre artan getiri durumundadır. Bu tedarikçi ölçeğini genişleterek genel verimliliğini artırabilmektedir. Verimliliğini artırabilmesi için fiyat kriterinde iyileştirmeler yapılmalı, teslim süresi azaltılmalı, sipariş miktarına uygun sevkiyat yapılmalıdır.

Tablo 8

Model 1 için Girdi Odaklı VZA Modeli Sonuçları

KVB	CCR (Genel Etkinlik)	CCR Sıralaması	BCC (Saf Teknik Etkinlik)	BCC Sıralaması	Ölçek Etkinlik Değeri	Süper Etkinlik	Süper Etkinlik Sıralaması	Ölçeğe Göre Getiri
S1	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	1,3415	4	Sabit
S2	0,9969	11	1,0000	1	0,9969	0,9969	11	Azalan
S3	0,9474	13	0,9477	17	0,9997	0,9474	13	Azalan
S4	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	1,5815	2	Sabit
S5	0,9375	14	1,0000	1	0,9375	0,9375	14	Azalan
S6	0,8803	18	0,9563	16	0,9206	0,8803	18	Azalan
S7	0,9359	15	0,9923	13	0,9431	0,9359	15	Azalan
S8	0,8410	19	0,8741	20	0,9621	0,8410	19	Sabit
S9	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	1,1190	6	Sabit
S10	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	1,0457	8	Sabit
S11	0,9255	16	0,9319	19	0,9932	0,9255	16	Artan
S12	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	1,0128	9	Sabit
S13	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	2,8140	1	Sabit
S14	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	1,4958	3	Sabit
S15	0,9969	10	1,0000	1	0,9969	0,9969	10	Azalan
S16	0,8975	17	0,9629	15	0,9321	0,8975	17	Azalan
S17	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	1,1152	7	Sabit
S18	0,8281	20	0,9348	18	0,8858	0,8281	20	Azalan
S19	0,9710	12	0,9842	14	0,9866	0,9710	12	Azalan
S20	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	1,2430	5	Sabit

4.1.2 Model 2

Model 2 için girdiler fiyat ve teslim süresi; çıktılar kalite, teslimat performansı ve esneklik olarak belirlenmiştir. Tablo 9'a göre, CCR modelinde genel etkinlik değerlerine baktığımızda 5 tedarikçi verimli olarak görülmektedir.

Tablo 9

Model 2 için Girdi Odaklı VZA Modeli Sonuçları

KVB	CCR (Genel Etkinlik)	CCR Sıralaması	BCC (Saf Teknik Etkinlik)	BCC Sıralaması	Ölçek Etkinlik Değeri	Süper Etkinlik	Süper Etkinlik Sıralaması	Ölçeğe Göre Getiri
S1	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	1,1300	4	Sabit
S2	0,1328	16	0,1730	17	0,7674	0,1328	16	Azalan
S3	0,3232	10	0,3238	14	0,9980	0,3232	10	Artan
S4	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	1,5815	2	Sabit
S5	0,1599	14	1,0000	1	0,1599	0,1599	14	Azalan
S6	0,1162	18	0,8479	7	0,1371	0,1162	18	Azalan
S7	0,3420	9	0,3432	13	0,9964	0,3420	9	Sabit
S8	0,1267	17	0,1450	19	0,8740	0,1267	17	Sabit
S9	0,4745	8	0,6634	10	0,7153	0,4745	8	Azalan
S10	0,1697	13	0,1805	16	0,9399	0,1697	13	Azalan
S11	0,5019	7	0,5031	11	0,9976	0,5019	7	Sabit
S12	0,7368	6	0,7477	8	0,9854	0,7368	6	Sabit
S13	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	2,7994	1	Sabit
S14	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	1,4958	3	Sabit
S15	0,1080	19	0,1151	20	0,9386	0,1080	19	Sabit
S16	0,1390	15	0,1452	18	0,9570	0,1390	15	Sabit
S17	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	1,1152	5	Sabit
S18	0,0831	20	0,6813	9	0,1220	0,0831	20	Azalan
S19	0,2881	11	0,4537	12	0,6350	0,2881	11	Azalan
S20	0,2716	12	0,2936	15	0,9251	0,2716	12	Sabit

S1, S4, S13, S14, S17 KVB'lerinin herhangi bir iyileştirmeye gerek olmadığı görülmektedir. Ayrıca S2, S5, S6, S9, S10, S18, S19 tedarikçileri DRS varsayımındadır. Bu tedarikçiler için çıktılardaki değişim girdilerdeki değişimden daha küçük olması dolayısıyla çıktılardan kalite, teslimat performansı, esneklik kriterlerinden tümü ya da birkaçının artırılarak verimli olmaları sağlanmalıdır. Burada birinci modelde olduğu gibi son bir yıllık dönemde ürettiği ürünlerin kabul edilebilirlik seviyesinde iyileştirmeler yapılmalı, zamanında teslimat ve ani talep değişimlerine karşı hızlı cevap verebilmelidir. Her iki modelde de DRS varsayımında bulunan tedarikçiler benzerlik göstermektedir. S3 tedarikçisi ölçeğe göre artan getiri durumundadır. Bu tedarikçi ölçeğini genişleterek genel verimliliğini artırabilmektedir. Ayrıca verimliliğini artırabilmesi için fiyat ve teslim süresi girdilerini azaltması gerekmektedir. CCR modeline göre etkinlik skoru ortalaması 0,448 olarak elde edilmektedir. BCC modelinde ise saf teknik etkinlik değerlerinde 6 tedarikçinin verimli olduğu ve girdilerini verimli kullandığı görülmektedir.

4.1.3 Model 3

Model 3 için girdiler fiyat ve sipariş karşılama oranı; çıktılar kalite ve çevresel duyarlılık olarak belirlenmiştir. Tablo 10'a göre, CCR modelinde genel etkinlik değerlerine baktığımızda 6 tedarikçi verimli olarak görünmektedir. Bunlar S1, S10, S12, S13, S17, S20'dir. Bu KVB'lerinin girdi faktörü ve üretim ölçeği bakımından optimal bir durum olan CRS varsayımında olduğu ve herhangi bir iyileştirmeye gerek olmadığı görülmektedir. S2, S3, S4, S5, S6, S7, S14, S15, S16, S18, S19 tedarikçileri ölçeğe göre azalan getiri varsayımındadır. Bu tedarikçiler için çıktı oranının girdi oranından daha az olması dolayısıyla çıktılardan kalite veya çevresel duyarlılık kriterlerinden tümü ya da birkaçı artırılarak verimli olmaları sağlanmalıdır. Tedarikçiler çevre politikaları ve son dönemde taahhüt edilen miktarlar, zamanında ve doğru teslimat ile sevkiyat gibi konulara önem vermelidir. S9, S11 tedarikçileri ölçeğe göre artan getiri durumundadır. Bu tedarikçi ölçeğini genişleterek genel verimliliğini artırabilmektedir. Verimliliğini artırabilmesi için fiyat veya sipariş karşılama oranı girdilerinde iyileştirmeler yapılmalıdır. Sipariş karşılama oranının iyileştirebilmesi oluşan problemlere karşı çözüm, sevkiyat ve siparişe uygun teslimat konularına ağırlık verilmelidir. CCR modeline göre etkinlik skoru ortalaması 0,897 olarak elde edilmektedir. BCC modelinde ise saf teknik etkinlik değerlerinde 9 tedarikçinin verimli olduğu ve girdilerini verimli kullandığı görülmektedir.

Tablo 10

Model 3 için Girdi Odaklı VZA Modeli Sonuçları

KVB	CCR (Genel Etkinlik)	CCR Sıralaması	BCC (Saf Teknik Etkinlik)	BCC Sıralaması	Ölçek Etkinlik Değeri	Süper Etkinlik	Süper Etkinlik Sıralaması	Ölçeğe Göre Getiri
S1	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	1,3415	1	Sabit
S2	0,9302	9	1,0000	1	0,9302	0,9302	9	Azalan
S3	0,8225	14	0,8840	16	0,9304	0,8225	14	Azalan
S4	0,8010	15	0,9393	13	0,8527	0,8010	15	Azalan
S5	0,8333	13	0,9492	11	0,8778	0,8333	13	Azalan
S6	0,7863	17	0,9014	15	0,8723	0,7863	17	Azalan
S7	0,9257	10	0,9612	10	0,9631	0,9257	10	Azalan
S8	0,7944	16	0,8000	20	0,9930	0,7944	16	Sabit
S9	0,9961	7	1,0000	1	0,9961	0,9961	7	Artan
S10	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	1,0184	4	Sabit
S11	0,9146	11	0,9281	14	0,9854	0,9146	11	Artan
S12	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	1,0046	6	Sabit
S13	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	1,0153	5	Sabit
S14	0,7790	18	0,8423	17	0,9248	0,7790	18	Azalan
S15	0,9524	8	1,0000	1	0,9524	0,9524	8	Azalan
S16	0,8696	12	0,9458	12	0,9194	0,8696	12	Azalan
S17	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	1,1152	3	Sabit
S18	0,7520	20	0,8235	19	0,9131	0,7520	20	Azalan
S19	0,7784	19	0,8287	18	0,9392	0,7784	19	Azalan
S20	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	1,1966	2	Sabit

4.1.4 Model 4

Model 4 için girdiler fiyat, teslim süresi ve sipariş karşılama oranı; çıktılar kalite, teslimat performansı ve çevresel duyarlılık olarak belirlenmiştir. Tablo 11'e göre, CCR modelinde genel etkinlik değerlerine baktığımızda 9 tedarikçi verimli olarak görülmektedir.

Tablo 11

Model 4 için Girdi Odaklı VZA Modeli Sonuçları

KVB	CCR (Genel Etkinlik)	CCR Sıralaması	BCC (Saf Teknik Etkinlik)	BCC Sıralaması	Ölçek Etkinlik Değeri	Süper Etkinlik	Süper Etkinlik Sıralaması	Ölçeğe Göre Getiri
S1	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	1,3415	4	Sabit
S2	0,9435	11	1,0000	1	0,9435	0,9435	11	Azalan
S3	0,9169	15	0,9236	19	0,9928	0,9169	15	Azalan
S4	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	1,5815	2	Sabit
S5	0,9372	12	1,0000	1	0,9372	0,9372	12	Azalan
S6	0,8566	18	0,9563	15	0,8958	0,8566	18	Azalan
S7	0,9300	13	0,9923	13	0,9371	0,9300	13	Azalan
S8	0,8410	19	0,8741	20	0,9621	0,8410	19	Artan
S9	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	1,1190	6	Sabit
S10	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	1,0304	8	Sabit
S11	0,9255	14	0,9319	18	0,9932	0,9255	14	Artan
S12	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	1,0128	9	Sabit
S13	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	2,8140	1	Sabit
S14	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	1,4114	3	Sabit
S15	0,9969	10	1,0000	1	0,9969	0,9969	10	Azalan
S16	0,8975	17	0,9629	14	0,9321	0,8975	17	Azalan
S17	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	1,1152	7	Sabit
S18	0,8281	20	0,9348	17	0,8858	0,8281	20	Azalan
S19	0,9028	16	0,9395	16	0,9609	0,9028	16	Azalan
S20	1,0000	1	1,0000	1	1,0000	1,2430	5	Sabit

Etkin olan S1, S4, S9, S10, S12, S13, S14, S17, S20 tedarikçilerinin saf teknik etkinlik değerleri ve ölçek etkinlik değerlerinin 1 olması tedarikçilerin teknik veya ölçek olarak kaynak kullanımının optimum seviyeye ulaştığını göstermektedir. Dolayısıyla, herhangi bir iyileştirmeye gerek olmadığı görülmektedir. S2, S3, S5, S6, S7, S15, S16, S18, S19 tedarikçileri ölçeğe göre azalan getiri varsayımındadır. Bu tedarikçiler için çıktı oranının girdi oranından daha az olması dolayısıyla çıktılardan kalite, teslimat performansı ve çevresel duyarlılık kriterlerinden tümü ya da birkaçı artırılarak verimli olmaları sağlanmalıdır. Birinci modelde olduğu gibi aynı tedarikçilerin dördüncü modelde de etkin olduğu gözlenmektedir. Burada da son bir yıllık dönemde ürettiği ürünlerin kabul edilebilirlik seviyesinde, zamanında ve uygun miktarlarda ürün teslimatı, ani talep değişikliklerine duyarlılık, sevkiyat yeterliliği ve çevre politikaları konularında iyileştirme yapılmalıdır. S8, S11 tedarikçileri ölçeğe göre artan getiri durumundadır. Bu tedarikçi ölçeğini genişleterek genel verimliliğini artırabilmektedir. Verimliliğini artırabilmesi için fiyat, teslim süresi, sipariş karşılama oranı girdilerinde iyileştirmeler yapılmalıdır. CCR modeline göre etkinlik skoru ortalaması 0,949 olarak elde edilmektedir. BCC modelinde ise saf teknik etkinlik değerlerinde 12 tedarikçinin verimli olduğu ve girdilerini verimli kullandığı görülmektedir.

4.2 AHP Yöntemine göre Tedarikçilerin Değerlendirilmesi

Çalışmada, yedi kriter ve yirmi alternatif için en uygun tedarikçiler belirlenmeye çalışılmıştır. AHP yöntemini uygularken işletmede lojistik departmanı ve satın alma biriminde çalışan iki farklı uzman görüşü alınarak ikili karşılaştırma matrisleri elde edilmiştir. Grup karar verme yaklaşımı olduğu için geometrik ortalama yöntemi kullanılarak bütünleşik normalize matris oluşturulmuştur. Uzman görüşlerine göre elde edilen ikili karşılaştırma matrisi ve kriter ağırlıkları (öncelik değerleri) Tablo 12 ve Tablo 13'te verilmiştir. Tutarlılık analizi yapılarak tüm ikili karşılaştırma matrislerinin doğruluğu sınanmıştır. Tutarlılık indeksinin 0,04 (<0.10) çıkması nedeniyle değerlendirmelerin tutarlı olduğu ve analizde kullanılacağı sonucuna ulaşılmıştır. Kriter ağırlıkları elde edilip tutarlılık indeksi hesaplandıktan sonra, her bir kriter için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Tüm tedarikçilerin değerlendirmesine yer verilen nihai sıralama Tablo 14'te yer almaktadır.

Tablo 12

Karar Verici Görüşleri- İkili Karşılaştırma Matrisi

Kriterler / KV1	fiyat	teslim süresi	sipariş karşılama oranı	kalite	teslimat performansı	esneklik	çevresel duyarlılık
fiyat	1,00	3,00	4,00	1,00	1,00	2,00	2,00
teslim süresi	0,33	1,00	0,33	0,14	0,20	0,17	0,33
sipariş karşılama oranı	0,25	3,00	1,00	0,20	1,00	1,00	1,00
kalite	1,00	7,00	5,00	1,00	2,00	7,00	4,00
teslimat performansı	1,00	5,00	1,00	0,50	1,00	3,00	5,00
esneklik	0,50	6,00	1,00	0,14	0,33	1,00	3,00
çevresel duyarlılık	0,50	3,00	1,00	0,25	0,20	0,33	1,00

Kriterler / KV2	fiyat	teslim süresi	sipariş karşılama oranı	kalite	teslimat performansı	esneklik	çevresel duyarlılık
fiyat	1,00	7,00	3,00	1,00	2,00	3,00	3,00
teslim süresi	0,14	1,00	0,20	0,17	0,20	0,33	2,00
sipariş karşılama oranı	0,33	5,00	1,00	0,33	1,00	2,00	1,00
kalite	1,00	6,00	3,00	1,00	3,00	4,00	5,00
teslimat performansı	0,50	5,00	1,00	0,33	1,00	1,00	2,00
esneklik	0,33	3,00	0,50	0,25	1,00	1,00	1,00
çevresel duyarlılık	0,33	0,50	1,00	0,20	0,50	1,00	1,00

Tablo 13

Normalize Edilmiş Bütünleşik Karar Matrisi

Kriterler	fiyat	teslim süresi	sipariş karşılama oranı	kalite	teslimat performansı	esneklik	çevresel duyarlılık	Öncelik vektörü
fiyat	0,25	0,17	0,31	0,31	0,20	0,19	0,17	0,23
teslim süresi	0,05	0,04	0,02	0,05	0,03	0,02	0,06	0,04
sipariş karşılama oranı	0,07	0,15	0,09	0,08	0,14	0,11	0,07	0,10
kalite	0,25	0,25	0,34	0,31	0,35	0,42	0,31	0,32
teslimat performansı	0,18	0,19	0,09	0,13	0,14	0,14	0,22	0,15
esneklik	0,10	0,16	0,06	0,06	0,08	0,08	0,12	0,09
çevresel duyarlılık	0,10	0,05	0,09	0,07	0,05	0,05	0,07	0,07

$CR=0,04 < 0,10$ Tutarlıdır

Tablo 14

AHP Yöntemi Sonuçları

Kriter	0,23	0,04	0,10	0,32	0,15	0,09	0,07		
Ağırlıkları									
Tedarikçiler	fiyat	teslim süresi	sipariş karşılama oranı	kalite	teslimat performansı	esneklik	çevresel duyarlılık	Tedarikçi Skorları	Sıralama
S1	0,19	0,18	0,17	0,15	0,16	0,13	0,17	0,1666	1
S2	0,02	0,07	0,02	0,02	0,02	0,10	0,05	0,0307	15
S3	0,05	0,07	0,07	0,04	0,03	0,05	0,06	0,0469	8
S4	0,02	0,05	0,09	0,06	0,09	0,06	0,05	0,0590	6
S5	0,01	0,09	0,01	0,01	0,03	0,06	0,02	0,0223	18
S6	0,03	0,06	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,0424	10
S7	0,05	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,0392	12
S8	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,02	0,03	0,0302	16
S9	0,07	0,03	0,03	0,12	0,06	0,03	0,05	0,0755	3
S10	0,10	0,02	0,03	0,11	0,08	0,10	0,10	0,0906	2
S11	0,07	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,0347	13
S12	0,08	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,04	0,0394	11
S13	0,05	0,02	0,02	0,02	0,05	0,03	0,04	0,0323	14
S14	0,03	0,04	0,04	0,02	0,07	0,15	0,06	0,0463	9
S15	0,03	0,06	0,09	0,06	0,04	0,03	0,05	0,0508	7
S16	0,05	0,11	0,10	0,06	0,06	0,03	0,06	0,0624	5
S17	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,0167	20
S18	0,04	0,05	0,11	0,09	0,09	0,02	0,05	0,0681	4
S19	0,04	0,02	0,03	0,02	0,05	0,03	0,03	0,0292	17
S20	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,0168	19

Çalışmada önerilen VZA modelleri ve AHP yöntemi sonucu elde edilen tedarikçi önem sıralamaları Tablo 15'te verilmiştir.

Tablo 15

AHP ve VZA Yöntemlerinin Karşılaştırması

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	AHP
1	S13	S13	S1	S13	S1
2	S4	S4	S20	S4	S10
3	S14	S14	S17	S14	S9
4	S1	S1	S10	S1	S18
5	S20	S17	S13	S20	S16
6	S6	S12	S12	S9	S4
7	S17	S11	S9	S17	S15
8	S10	S9	S15	S10	S3
9	S12	S7	S2	S12	S14
10	S15	S3	S7	S15	S6
11	S2	S19	S11	S2	S12
12	S19	S20	S16	S5	S7
13	S3	S10	S5	S7	S11
14	S5	S5	S3	S11	S13
15	S7	S16	S4	S3	S2
16	S11	S2	S8	S19	S8
17	S16	S8	S6	S16	S19
18	S6	S6	S14	S6	S5
19	S8	S15	S19	S8	S20
20	S18	S18	S18	S18	S17

Buna göre VZA modelleri sıralama bakımından kendi arasında benzerlik gösterirken AHP yöntemi ile farklılaşmaktadır. Bunun nedeni öncelikle AHP'nin uzman görüşlerine bağlı ikili karşılaştırma yaklaşımıyla (sübjektif) elde edilmesiyken, VZA'da ise belirlenen kriterlerin değerleri işletmenin veri tabanından alınan sayısal ölçeklerdir. Model 1, model 3 ve model 4 için ilk sırada S13 tedarikçisi yer alırken model 3 ve AHP yöntemi için S1 tedarikçisi ilk sırada yer almaktadır. Model 1, model 2, model 3 ve model 4 için S18 tedarikçisi son sırada yer alırken AHP yöntemi için S17 tedarikçi son sırada bulunmaktadır. AHP yöntemine göre dördüncü sırada yer alan S18 tedarikçisinin diğer modellerde son sırada bulunmasının nedeni, AHP'de tedarikçinin kalite değeri ile kalite kriter öncelik değerinin yüksek olması sonucu tedarikçi skoru yüksektir ve bu

sayede üst sıralarda yer almaktadır. VZA modellerine baktığımızda ise S18 tedarikçisi için fiyat kriterinin en yüksek değere sahip olması bu modellerde son sırayı almasına sebep olmaktadır. S17 tedarikçisi ise AHP yönteminde son sırada, diğer modellerde ise üst sıralarda yer almaktadır. Bunun sebebi olarak, tedarikçinin AHP’de kriterler bazında düşük puanlara sahip olması söylenebilmektedir. VZA modelleri için baktığımızda ise fiyat kriterinin düşük, diğer kriterlerin ise ortalama değerlere sahip olması daha yüksek sıralamalar elde edildiği sonucunu göstermektedir.

4.3 Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Endeksi

Çalışmada 2018-2021 periyodu için yirmi tedarikçinin TFV değişimini ve bileşenlerindeki değişimi ölçmek için CRS varsayımı altında girdi odaklı bir MTFVE modeli kullanılmıştır. 2018-2021 yılları itibariyle üç girdi ve dört çıktı kullanılarak performansları değerlendirilen yirmi tedarikçi firmanın etkinlik değişimleri, teknik değişimleri ve TFV değişimleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 16’da 2018-2019 dönemine göre S10 tedarikçisi etkinliğinde %182,6’lık bir artış sağlamıştır. S10 tedarikçisinin bu dönemde teknik değişimi %10,4 azalırken TFV değeri %95,6’lık bir artış gözlemlenmektedir. Bu artış miktarları ile S10 tedarikçisinin en büyük etkinlik değişimine ve TFV değişimine sahip olduğu gözlenmiştir. Etkinlik performansı en düşük tedarikçi %58,4’lük bir azalış ile S16 tedarikçisi olmuştur. Bu dönemde teknik değişimi %34,8’lik, TFV değişimi %44’lük bir azalış gözlemlenmiştir. Bu azalış miktarları ile S16 tedarikçisi en küçük etkinlik değişimine ve TFV değişimine sahip olduğu gözlenmiştir. Tedarikçiler karşılaştırıldığında S3 tedarikçisinin en büyük teknik değişime sahip olduğu görülmektedir. S3 tedarikçisi teknik değişiminde %38,8’lik bir artış sağlamıştır. S3 tedarikçisi bu dönemde etkinlik değişiminde %47’lik, TFV değişiminde %26,5’lik bir azalış gözlenmektedir. Teknik değişimi en düşük tedarikçi %10,4 ile S10 tedarikçisi olmuştur. Bu tedarikçi aynı zamanda etkinlik değişimi ve TFV değişimi bakımından yukarıda belirtildiği gibi en yüksek tedarikçidir.

2018-2019 döneminde tedarikçilerin etkin sınırdan ortalama uzaklaşma oranında %9,8’lik bir artış olduğu gözlemlenmektedir. Bu dönemde S10 tedarikçisi %182,6 ile etkin sınıra en çok yaklaşan tedarikçi, S16 tedarikçisi ise %58,4 ile etkin sınırdan en fazla uzaklaşan tedarikçi olmuştur. S1, S2, S5, S6, S7, S9, S10, S11, S12, S16 ve S20 tedarikçilerinin etkinlik değişimi zaman içerisinde artış göstermektedir. Bu dönemde de S10 tedarikçisi girdilerini çok verimli kullanarak yüksek bir oranla etkin sınıra en çok yaklaşan tedarikçi olduğu görülmektedir. S10 tedarikçisi malzeme, sevkiyat, talep miktarları ve sipariş edilen miktara uygun üretim gibi konularda girdilerini verimli kullanmayı başarmıştır. S16 tedarikçisi ise fiyat, malzeme, sevkiyat, talep miktarı ve sipariş edilen miktara uygun üretim konularında iyileştirme sağlayamadığından etkin sınırdan uzaklaşmıştır. Tedarikçiler genelinde etkinlik değişimi %9,8 azalmıştır.

Bu azalış aynı girdi değerleri ile %9,8 oranında daha fazla çıktı elde edebileceği şeklinde yorumlanmaktadır.

2018-2019 döneminde yirmi tedarikçinin sekizinde görece performans iyileşmesi diğer on ikisinde ise gerileme olduğu yorumlanabilmektedir. Tedarikçilerin genel performansında ise %2,3 oranında bir azalış olduğu görülmektedir. Bu dönemde tedarikçilerin genelinde teknolojik değişim %11,6 artarken etkinlik değişimi %9,8 azalma tespit edilmiştir. En büyük performans artışı %95,6 ile S10 tedarikçisinde gerçekleşirken, en büyük azalış %44 ile S16 tedarikçisinde gerçekleşmiştir. TFV'deki azalış, etkinlik değişimindeki genel azalıştan kaynaklanmaktadır. Diğer taraftan performans artışı gösteren sekiz tedarikçi teknik değişimin etkisi ile TFV'ye artış olarak yansımıştır.

Tablo 16

2018-2019 Dönemi Etkinlik Değişimi, Teknik Değişim ve TFV Değişimi

Tedarikçi	Etkinlik Değişimi	Teknik Değişim	TFV Değişimi
S1	0,7262	1,1186	0,8124
S2	0,7789	1,1324	0,8820
S3	0,5298	1,3882	0,7354
S4	0,8135	1,0869	0,8841
S5	1,0189	1,2010	1,2236
S6	0,9425	1,1552	1,0888
S7	0,7034	1,3392	0,9420
S8	0,5923	1,1505	0,6814
S9	1,0297	0,9816	1,0107
S10	2,1826	0,8962	1,9560
S11	0,7583	1,1207	0,8498
S12	0,9984	1,0202	1,0186
S13	0,8391	1,0304	0,8646
S14	0,9893	1,0640	1,0526
S15	1,0261	1,2505	1,2832
S16	0,4156	1,3482	0,5604
S17	0,8700	1,0146	0,8828
S18	1,0524	0,9307	0,9795
S19	0,7038	1,0888	0,7662
S20	1,0634	1,0001	1,0636
Ortalama	0,9017	1,1159	0,9769

Tablo 17’de 2019-2020 dönemine göre S16 tedarikçisi etkinliğinde %90,5’lik bir artış sağlamıştır. S16 tedarikçisinin bu dönemde teknik değişimi %14 azalırken TFV değeri %63,5’lik bir artış gözlenmektedir. Bu artış miktarları ile S16 tedarikçisinin en büyük etkinlik değişimine ve TFV değişimine sahip olduğu gözlenmiştir. TFV’deki bu artış etkinlik değişiminden kaynaklanmaktadır. Etkinlik performansı en düşük tedarikçi %55,2’lik bir azalış ile S20 tedarikçisi olmuştur. Bu dönemde teknik değişim %1,2’lik, TFV değişimi %54,6’lık bir azalış gözlenmiştir. Bu azalış miktarları ile S20 tedarikçisi en küçük etkinlik değişimine ve TFV değişimine sahip olduğu görülmektedir. Tedarikçiler karşılaştırıldığında S10 tedarikçisinin en büyük teknik değişime sahip olduğu anlaşılmaktadır. S10 tedarikçisi teknik değişiminde %49,1 oranında bir artış sağlamıştır. S10 tedarikçisi bu dönemde etkinlik değişiminde %54,8’lik, TFV değişiminde %32,6’lık bir azalış gözlenmektedir. S10 tedarikçisi kalite, sevkiyat, üretim kapasitesi, teslimat, sipariş miktar oranları ve değişimlere cevap verebilme gibi konularda iyileştirmelerle bu artışı sağladığı görülmektedir. Teknik değişimi en düşük olan S8 tedarikçi %19,8 ile etkin sınırdan uzaklaştığı görülmektedir. Tedarikçinin fiyat artışı ve teslimat performansı kriterlerinde iyileşme yaşamaması bu düşüşe sebep olmaktadır.

2019-2020 döneminde tedarikçilerin genel performansı %5,7’lik bir artış sağlamıştır. Bu dönemde etkinlik değişimi ve teknik değişimin ortalama olarak arttığı görülmektedir. Yirmi tedarikçinin sekizinde görece performansta gerileme diğer on ikisinde ise iyileşme olduğu görülmektedir. Tedarikçilerin genelinde teknolojik değişim artarken etkinlik değişimi %4,2 artmıştır. Bu artış aynı girdi değerleri ile %4,2 oranında daha az çıktı elde edebileceği anlamını taşımaktadır. Ayrıca genel olarak teknolojik gelişme bakımından bir yükseliş yaşanacağı yorumu yapılabilir. En büyük performans artışı %63,5 ile S16 tedarikçisinde gerçekleşirken, en büyük azalış %54,6 ile S20 tedarikçisinde gerçekleşmiştir. Diğer taraftan performans artışı gösteren on iki tedarikçi için hem teknik değişimin hem de etkinlik değişiminin etkisi ile TFV’ye artış olarak yansdığı yorumu yapılabilir.

Tablo 17

2019-2020 Dönemi Etkinlik Değişimi, Teknik Değişim ve TFV Değişimi

Tedarikçi	Etkinlik Değişimi	Teknik Değişim	TFV Değişimi
S1	1,1047	0,9551	1,0551
S2	0,7503	0,9362	0,7024
S3	1,1997	1,2141	1,4565
S4	1,1148	1,0307	1,1491
S5	0,7144	0,9494	0,6783
S6	1,1503	0,9743	1,1208
S7	0,8823	0,8769	0,7736
S8	1,3609	0,8018	1,0911
S9	0,6002	1,4838	0,8906
S10	0,4520	1,4910	0,6739
S11	1,0204	1,0280	1,0490
S12	0,7708	1,1605	0,8944
S13	1,1488	0,9108	1,0463
S14	0,9142	1,0394	0,9502
S15	1,5180	1,0544	1,6005
S16	1,9055	0,8578	1,6346
S17	1,1015	0,9823	1,0820
S18	1,2912	0,9787	1,2637
S19	1,3909	1,1414	1,5877
S20	0,4487	1,0124	0,4543
Ortalama	1,0420	1,0439	1,0577

Tablo 18'de, 2020-2021 dönemine göre S2 tedarikçisi etkinliğinde %70,5'lik bir artış sağlamıştır. S2 tedarikçisinin bu dönemde teknik değişimi %40,3 azalırken TFV değerinde %1,7'lik bir artış gözlenmektedir. S2 tedarikçisi teknik değişimi en düşük olan tedarikçidir. Tedarikçinin fiyat artışı ve teslimat performansı kriterlerinde iyileşme sağlaması gerekmektedir. Etkinlik performansı en düşük tedarikçi %27,1'lik bir azalış ile S13 tedarikçisi olmuştur. Bu dönemde teknik değişimi %9'luk, TFV değişimi %20,5'lik bir azalış gözlenmiştir. Tedarikçiler karşılaştırıldığında S13 tedarikçisinin en büyük teknik değişime sahip olduğu görülmektedir.

2020-2021 döneminde TFV değişimi %2,3 oranında azalış göstermiştir. Bu düşüşün sebebi teknik etkinlikten kaynaklanmaktadır. Özellikle S3, S4, S6, S8, S13, S15, S16, S18 tedarikçilerinde önemli düşüşler olduğu görülmektedir. Bu tedarikçiler için değişen ekonomik koşullar sebebiyle üretim sınırı geliştirilemeyerek başarısız oldukları yorumu yapılabilmektedir. Bu dönemde tüm tedarikçilere bakıldığında hepsinin teknik verimliliğinde düşüş olduğu görülmektedir. Bu da genel olarak teknolojiye bir gerileme yaşandığı sonucunu göstermektedir. Bunun sebebi olarak bu dönemde patlak veren pandemi sürecinin getirdiği ticari ve ekonomik sıkıntılar olduğu yorumu yapılabilmektedir.

Tablo 18

2020-2021 Dönemi Etkinlik Değişimi, Teknik Değişim ve TFV Değişimi

Tedarikçi	Etkinlik Değişimi	Teknik Değişim	TFV Değişimi
S1	1,2006	0,9706	1,1653
S2	1,7050	0,5968	1,0175
S3	0,9857	0,7337	0,7232
S4	0,9497	0,9460	0,8984
S5	1,4218	0,8618	1,2253
S6	1,1485	0,6581	0,7559
S7	1,1158	0,9920	1,1070
S8	0,8958	0,9438	0,8454
S9	1,6250	0,6813	1,1072
S10	1,6037	0,6051	0,9704
S11	1,6500	0,9438	1,5573
S12	1,2967	0,9439	1,2240
S13	0,7294	1,0904	0,7953
S14	0,9973	0,9487	0,9461
S15	0,8861	0,7753	0,6871
S16	1,2652	0,6259	0,7919
S17	0,8911	1,0510	0,9365
S18	0,8124	0,8646	0,7024
S19	0,9916	0,9181	0,9104
S20	1,2387	0,9528	1,1802
Ortalama	1,1705	0,8552	0,9773

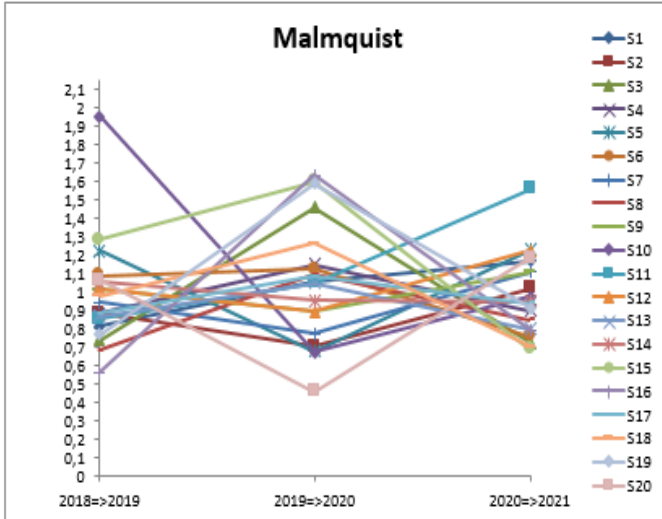
Aşağıda Tablo 19’da verilen sonuçlar tedarikçi performanslarının yıldan yıla ortalama olarak nasıl değişim gösterdiği konusunda kısa bir bilgi vermektedir. Buna göre, en büyük TFV büyümesi %5,8’lik büyüme ile 2019-2020 döneminde gerçekleşmiştir. Bu dönemde teknik değişim ve etkinlik değişimi TFV’ye hemen hemen aynı oranda etki etmiştir. 2018-2019 döneminde TFV’de %2,3’lük düşüş yaşanmıştır. Bunun nedeni etkinlik değişimi değerindeki düşüşten kaynaklanmaktadır. TFV’ye en çok etki teknik değişimden gelmektedir. Diğer bir deyişle teknolojik gelişme ya da teknolojik gerileme anlamına gelmektedir.

Tablo 19

Malmquist TFV Endeksi Yıllık Ortalama Değerleri

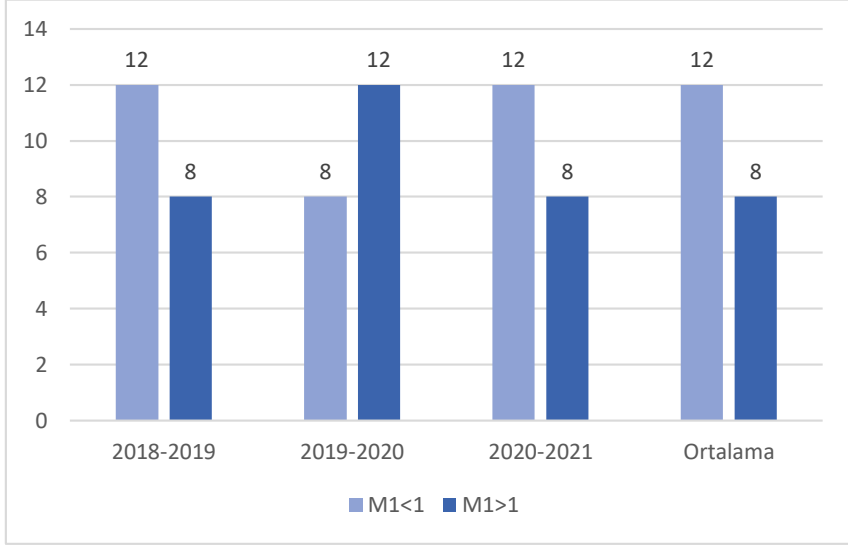
DÖNEMLER	Etkinlik Değişimi	Teknik Değişim	TFV
2018-2019	0,9017	1,1159	0,9769
2019-2020	1,0420	1,0439	1,0577
2020-2021	1,1705	0,8552	0,9773
Ortalama	1,0381	1,005	1,0040

Dönemlere ait TFV değişiminin grafiksel gösterimi Şekil 5’te sunulmuştur.



Şekil 5. TFV Değişimi

Şekil 6'da Malmquist TFV Endeksinin yıllara göre dağılımı gösterilmektedir. 2019-2020 ve 2020-2021 dönemlerinde verimliliğini artıran tedarikçilerin sayısı, verimlilik azalışı yaşayan tedarikçilerin sayısına eşittir. 2019-2020 döneminde 10 tedarikçi bir önceki döneme göre verimlilik artışı yaşamıştır. Bu verimlilik artışı etkinlik değişiminden kaynaklandığı görülmektedir.



Şekil 6. Malmquist TFV Endeksi 2018-2021 Yılları Dağılımı

5. Tartışma

İşletmelerin en temel sorunlarından biri olarak literatürde yer alan en uygun tedarikçinin belirlenmesi, kapsadığı pek çok faktör gereği karmaşık bir yapı sergilemektedir. Bu sebeple çok boyutlu yapıdaki bu sorunun analitik yaklaşımlar desteğiyle objektif biçimde değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada bir gıda işletmesinde faaliyet gösteren bir et ve süt tesisinin VZA, AHP ve MTFVE yöntemlerinin bir arada kullanılmasıyla süt ambalaj malzemesi tedarikçilerinin etkinliklerinin doğru biçimde değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Buna göre oluşturulan VZA modelinde yirmi tedarikçi ve tedarikçilere ilişkin fiyat, teslim süresi, sipariş karşılama oranı olmak üzere toplam üç adet girdi; kalite, teslimat performansı, esneklik, çevresel duyarlılık olmak üzere toplam dört adet çıktı değişken değerlendirmeye alınmıştır.

Kıt kaynakların etkin kullanılması prensibi ile girdi minimizasyonuna göre CCR, BCC ve süper etkinlik modelleri geliştirilmiştir. Buna göre geliştirilen dört farklı model ile işletmenin beklentilerinin karşılanması amaçlanmaktadır. İşletme

yöneticileri öncelikle en kapsamlı modeli ele alarak durum analizi yaptıklarında etkin ilk üç tedarikçi S1, S4, S9 şeklindedir. İkinci model sonuçlarına göre ise etkin üç tedarikçi S1, S4, S13 şeklindedir. Çevresel duyarlılığı değerlendiren son iki modele göre ise model 3 sonuçları etkin üç tedarikçiyi S1, S10, S12 olarak önermiş ve son modelde ise etkin üç tedarikçi S1, S4, S9 şeklinde bulunmuştur. VZA ile elde edilen sonuçlar AHP yöntemi ile karşılaştırıldığında değişen sonuçların elde edildiği görülmüştür. AHP 'ye göre etkin üç tedarikçi S1, S10, S9 şeklinde çıkmıştır. AHP analizi uzman görüşlerine bağlı olarak ikili karşılaştırma matrisi kullanılarak geliştirildiği için VZA' dan biraz farklı değerlendirme sonucu sunulmaktadır.

Zaman eksenine göre tedarikçilerin etkinliklerindeki değişimi gözlemek için MTFVE uygulaması gerçekleştirilmiş ve özellikle 2018-2019 dönemine göre S10 tedarikçisi etkinliğinde %182,6'lık bir artış sağlamıştır. İlk zaman periyodunda, yirmi tedarikçinin sekizinde görece performans iyileşmesi diğer on ikisinde ise gerileme olduğu şeklinde yorumlanmaktadır. 2019-2020 dönemine göre S16 tedarikçisi etkinliğinde %90,5'lik bir artış sağlamıştır. Bu zaman periyodunda, yirmi tedarikçinin sekizinde görece performansta gerileme diğer on ikisinde ise iyileşme olduğu görülmektedir. 2020-2021 dönemine göre S2 tedarikçisi etkinliğinde %70,5'lik bir artış sağlamıştır. Bu zaman ekseninde ise, yirmi tedarikçinin sekizinde görece performansta iyileşme diğer on ikisinde ise gerileme olduğu görülmektedir.

6. Sonuç

Küreselleşen dünyada, rekabet avantajı sağlamanın en önemli yolu doğru tedarikçilerle iş birliği içinde ürün akışının güvenilir biçimde nihai müşteriye ulaştırılmasıdır. Değişen pazar koşullarına ayak uyduran, esnek, hızlı, müşteriye doğru anlayarak çevik hamleler geliştiren işletmeler pazarda varlıklarına devam edebilmektedir.

Bu çalışmada, gıda sektöründe faaliyet gösteren bir et ve süt tesisinin VZA, AHP ve MTFVE yöntemlerinin bütünleşik olarak kullanılmasıyla süt ambalaj malzemeleri tedarikçilerinin etkinliklerinin doğru ve güvenilir biçimde değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Çalışmada yirmi KVB-tedarikçi ve bu tedarikçilere ilişkin fiyat, teslim süresi, sipariş karşılama oranı olmak üzere toplam üç adet girdi; kalite, teslimat performansı, esneklik, çevresel duyarlılık olmak üzere toplam dört adet çıktı değişkeni değerlendirmeye alınmıştır. CCR, BCC ve süper etkinlik modelleri ile dört ayrı senaryo üzerinden VZA modeli geliştirilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Ardından, AHP yöntemi ile tedarikçilerin önem dereceleri belirlenerek sıralanmış ve VZA sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Ayrıca tedarikçi performanslarının zaman eksenine bağlı

etkinliklerini değerlendirmek için MTFVE ile dinamik etkinlik analiz sonuçları analiz edilmiştir.

Ulaşılan sonuçlara göre VZA modellerinde sıralamalar kendi içinde benzerlik göstermektedir. AHP yönteminde ise kriter değerleri ile kriter öncelik değerlerine göre sıralamalar VZA modellerinden farklılaşmaktadır. Buna göre S13, S4, S14, S1 ve S20 tedarikçileri VZA' daki üç modelde de aynı sıralamada yer alan etkin tedarikçilerdir. Son aşamada yapılan MTFVE ile yıllara göre etkinlik değişimleri ve bu değişimlerin nedenleri belirlenmeye çalışılmıştır. TFV'de en çok artış S11 tedarikçisinde, en çok düşüş ise S20 tedarikçisinde görülmektedir. Bu düşüş teknolojik değişimden değil etkinlik değişiminden kaynaklanmaktadır. Tedarikçiler uygulayacakları verimlilik analizleri, ekonomik planlar, mevcut politikaların iyileştirilmesi gibi düzenlemelerle TFV'de artış sağlanabilir.

Gelecek çalışmalar için, yeni değişkenler eklenerek farklı modeller geliştirilebilir. Çalışmaya stokastik sınır analizi yaklaşımı da dahil edilerek VZA, MTFVE analiz sonuçları ile karşılaştırılabilir. Ayrıca çok kriterli karar verme yöntemleri de (TOPSIS, ENTROPİ, BWM, ELECTRE, PROMETHEE vb.) çalışmaya dahil edilebilir. Bulanık karar verme koşulları için, bulanık VZA yaklaşımı kullanılabilir. Çalışmanın, farklı yöntemlerle değerlendirilerek bu konuda çalışan araştırmacılara ve bu sektörde faaliyet gösterenlere yol gösterici nitelikte olması beklenmektedir.

Araştırmacıların Katkısı

Hatice KAVAK, verilerin toplanması, literatür araştırması, modelin oluşturulması, yorumlanması ve makale yazımı; Beyzanur ÇAYIR ERVURAL yöntemin belirlenmesi, modellerin oluşturulması, modellerin yazılım aracılığıyla çözdürülmesi, yorumlanması, analiz edilmesi ve makale yazımı konularında katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

- Araz, C. ve Ozkarahan, I. (2007). Supplier evaluation and management system for strategic sourcing based on a new multicriteria sorting procedure. *International Journal of Production Economics*, 106(2), 585–606. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2006.08.008>
- Banker, R. D., Charnes, A. ve Cooper, W. W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>, 30(9), 1078–1092. Doi: <https://doi.org/10.1287/MNSC.30.9.1078>
- Bernasconi, M., Choirat, C. ve Seri, R. (2010). The analytic hierarchy process and the theory of measurement. *Management Science*, 56(4), 699–711. Doi: <https://doi.org/10.1287/MNSC.1090.1123>
- Bjurek, H. (1996). The Malmquist Total Factor Productivity Index. *The Scandinavian Journal of Economics*, 98(2), 303. Doi: <https://doi.org/10.2307/3440861>
- Caves, D.W., Christensen, L.R. ve Diewert W.E. (1982). The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity, *Econometrica*, 50(6), 1393- 1414.
- Çayır Ervural, B., Zaim, S. ve Delen, D. (2018). A two-stage analytical approach to assess sustainable energy efficiency. *Energy*, 164, 822–836. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2018.08.213>
- Charnes, A., Cooper, W. W., Lewin, A. Y. ve Seiford, L. M. (1994). Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Applications. *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Applications*. Doi: <https://doi.org/10.1007/978-94-011-0637-5>
- Chen, Q., Chen, S. ve Liu, D. (2023). Regret-based cross efficiency evaluation method in a general two-stage DEA system. *Computers & Industrial Engineering*, 175, 108828. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2022.108828>
- Cook, W. D., Liang, L., Zha, Y. ve Zhu, J. (2017). A modified super-efficiency DEA model for infeasibility. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602544>, 60(2), 276–281. Doi: <https://doi.org/10.1057/PALGRAVE.JORS.2602544>
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. ve Zhu, J. (2011). Data envelopment analysis: History, models, and interpretations. *International Series in Operations Research and Management Science*, 164, 1–39. Doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6151-8_1
- Dağdeviren, M., Akay, D. ve Kurt, M. (2004). İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulaması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(2), 131–138.

- Depren, Ö. (2008). *Veri zarflama analizi ve bir uygulama*. Erişim Adresi: <http://dspace.yildiz.edu.tr/xmlui/handle/1/4198>
- Dinç, M. ve Haynes, K. E. (1999). Sources of regional inefficiency An integrated shift-share, data envelopment analysis and input-output approach. *Ann Reg Sci*, 33, 469-489.
- Dinçer, S. E. (2015). Veri Zarflama Analizinde Malmquist Endeksiyle Toplam Faktör Verimliliği Değişiminin İncelenmesi ve İmkb Üzerine Bir Uygulama. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 25(2), 825-846. Doi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/muiibd/issue/484/4233>
- Dobos, I. ve Vörösmarty, G. (2014). Green supplier selection and evaluation using DEA-type composite indicators. *International Journal of Production Economics*, 157(1), 273-278. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2014.09.026>
- Dobos, I. ve Vörösmarty, G. (2019). Evaluating green suppliers: improving supplier performance with DEA in the presence of incomplete data. *Central European Journal of Operations Research*, 27(2), 483-495. Doi: <https://doi.org/10.1007/S10100-018-0544-9>
- Ervural, Ç. B., Ervural, B. ve Zaim, S. (2016). Energy Efficiency Evaluation of Provinces in Turkey Using Data Envelopment Analysis. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 235, 139-148. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2016.11.009>
- Fancello, G., Carta, M. ve Serra, P. (2020). Data Envelopment Analysis for the assessment of road safety in urban road networks: A comparative study using CCR and BCC models. *Case Studies on Transport Policy*, 8(3), 736-744. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.CSTP.2020.07.007>
- Färe, R., Grosskopf, S. ve Roos, P. (1994). *Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries on JSTOR*. Doi: https://www.jstor.org/stable/2117971?seq=1#metadata_info_tab_contents
- Ji, Y. B. ve Lee, C. (2010). Data envelopment analysis. *Stata Journal*, 10(2), 267-280. Doi: <https://doi.org/10.1177/1536867X1001000207>
- Karami, S., Ghasemy Yaghin, R. ve Mousazadegan, F. (2021). Supplier selection and evaluation in the garment supply chain: an integrated DEA-PCA-VIKOR approach. *Journal of the Textile Institute*, 112(4), 578-595. Doi: <https://doi.org/10.1080/00405000.2020.1768771>
- Khoshroo, A., Izadikhah, M. ve Emrouznejad, A. (2021). Energy efficiency and congestion considering data envelopment analysis and bounded adjusted measure: A case of tomato production. *Journal of Cleaner Production*, 328, 129639. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.129639>
- Kim, N. H., He, F. ve Kwon, O. C. (2023). Combining common-weights DEA

- window with the Malmquist index: A case of China's iron and steel industry. *Socio-Economic Planning Sciences*, 87, 101596. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.SEPS.2023.101596>
- Kostagiolas, P. (2012). Measuring libraries' intellectual capital. *Managing Intellectual Capital in Libraries*, 87-127. Doi: <https://doi.org/10.1016/B978-1-84334-678-4.50004-9>
- Krmac, E. ve Djordjević, B. (2019). A new DEA model for evaluation of supply chains: A case of selection and evaluation of environmental efficiency of suppliers. *Symmetry*, 11(4). Doi: <https://doi.org/10.3390/SYM11040565>
- Narasimhan, R., Talluri, S. ve Mendez, D. (2001). Supplier Evaluation and Rationalization via Data Envelopment Analysis: An Empirical Examination. *Journal of Supply Chain Management*, 37(2), 28-37. Doi: <https://doi.org/10.1111/J.1745-493X.2001.TB00103.X>
- Nazari-Shirkouhi, S., Tavakoli, M., Govindan, K. ve Mousakhani, S. (2023). A hybrid approach using Z-number DEA model and Artificial Neural Network for Resilient supplier Selection. *Expert Systems with Applications*, 222, 119746. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2023.119746>
- Nguyen, P. H., Nguyen, L. A. T., Pham, H. A. T. ve Pham, M. A. T. (2023). Breaking ground in ESG assessment: Integrated DEA and MCDM framework with spherical fuzzy sets for Vietnam's wire and cable sector. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 9(3), 100136. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.JOITMC.2023.100136>
- Noura, A. A., Hosseinzadeh Lotfi, F., Jahanshahloo, G. R. ve Fanati Rashidi, S. (2011). Super-efficiency in DEA by effectiveness of each unit in society. *Applied Mathematics Letters*, 24(5), 623-626. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.AML.2010.11.025>
- Okursoy, A., Tezsürücü, D. (2015). Veri Zarflama Analizi ile Göreli Etkinliklerin Karşılaştırılması: Türkiye'deki İllerin Kültürel Göstergelerine İlişkin Bir Uygulama. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 21(2), 1-18. Doi: <https://doi.org/10.18657/YECBU.92031>
- Patyal, V. S., Kumar, R., Lamba, K. ve Maheshwari, S. (2023). Performance evaluation of Indian electricity distribution companies: An integrated DEA-IRP-TOPSIS approach. *Energy Economics*, 124, 106796. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.ENERCO.2023.106796>
- Pourbabagol, H., Amiri, M., Taghavifard, M. T. ve Hanafizadeh, P. (2023). A new fuzzy DEA network based on possibility and necessity measures for agile supply chain performance evaluation: A case study. *Expert Systems with Applications*, 220, 119552. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2023.119552>
- Ramanathan, R. (2004). Multicriteria Analysis of Energy. *Encyclopedia of Energy*, 409

77–88. Doi: <https://doi.org/10.1016/B0-12-176480-X/00240-0>

- Rebolledo-Leiva, R., Angulo-Meza, L., González-Araya, M. C., Iriarte, A., Vásquez-Ibarra, L., & Meza Rengel, F. (2021). A new method for eco-efficiency assessment using carbon footprint and network data envelopment analysis applied to a beekeeping case study. *Journal of Cleaner Production*, 329, 129585. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.129585>
- Ryan, A., Barchers, C., Christofa, E. ve Knodler, M. (2021). Equitable resource allocation for municipal safety: A data envelopment analysis. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 97, 102926. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2021.102926>
- Saaty, T. L. ve Ozdemir, M. (2003). Negative priorities in the analytic hierarchy process. *Mathematical and Computer Modelling*, 37(9–10), 1063–1075. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0895-7177\(03\)00118-3](https://doi.org/10.1016/S0895-7177(03)00118-3)
- Saaty, Thomas L. (1990). The analytic hierarchy process in conflict management. *International Journal of Conflict Management*, 1(1), 47–68. Doi: <https://doi.org/10.1108/EB022672/FULL/PDF>
- Saaty, Thomas L. (1994). *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory With the Analytic*. Google Kitaplar. https://books.google.com.tr/books?id=wct10TlbbiUC&printsec=frontcover&hl=tr&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true
- Saaty, Thomas L. (2007). Time dependent decision-making; dynamic priorities in the AHP/ANP: Generalizing from points to functions and from real to complex variables. *Mathematical and Computer Modelling*, 46(7–8), 860–891. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.MCM.2007.03.028>
- Shabanpour, H., Fathi, A., Yousefi, S. ve Saen, R. F. (2019). Ranking sustainable suppliers using congestion approach of data envelopment analysis. *Journal of Cleaner Production*, 240. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.118190>
- Torres-Ruiz, A. ve Ravindran, A. R. (2019). Use of interval data envelopment analysis, goal programming and dynamic eco-efficiency assessment for sustainable supplier management. *Computers and Industrial Engineering*, 131, 211–226. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2019.02.008>
- Vörösmarty, G. ve Dobos, I. (2019). Supplier evaluation with environmental aspects and common DEA weights. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*, 27(1), 17–25. Doi: <https://doi.org/10.3311/PPSO.11814>
- Vörösmarty, G. ve Dobos, I. (2020). A literature review of sustainable supplier evaluation with Data Envelopment Analysis. *Journal of Cleaner Production*, 264, 121672. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.121672>

- Wang, C. N., Nguyen, V. T., Duong, D. H. ve Do, H. T. (2018). A hybrid fuzzy analytic network process (FANP) and data envelopment analysis (DEA) approach for supplier evaluation and selection in the rice supply chain. *Symmetry*, 10(6). Doi: <https://doi.org/10.3390/SYM10060221>
- Wei, C. K., Chen, L. C., Li, R. K. ve Tsai, C. H. (2011). A study of developing an input-oriented ratio-based comparative efficiency model. *Expert Systems with Applications*, 38(3), 2473–2477. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2010.08.036>
- Wu, T. ve Blackhurst, J. (2009). Supplier evaluation and selection: an augmented DEA approach. <http://dx.doi.org/10.1080/00207540802054227>, 47(16), 4593–4608. Doi: <https://doi.org/10.1080/00207540802054227>
- Yilmaz, M. K., Kusakci, A. O., Aksoy, M. ve Hacıoglu, U. (2022). The evaluation of operational efficiencies of Turkish airports: An integrated spherical fuzzy AHP/DEA approach. *Applied Soft Computing*, 119, 108620. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.ASOC.2022.108620>
- Zheng, Z. (2021). Energy efficiency evaluation model based on DEA-SBM-Malmquist index. *Energy Reports*, 7, 397–409. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.EGYR.2021.10.020>
- Zhu, J. (2009). Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking. *International Series in Operations Research & Management Science*, vol 126. Doi: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-85982-8>