



Supplier evaluation with factor analysis based hybrid SWARA-VIKOR methods

Gökçe Gezmişoğlu*^{ID}, Ayşe Ünlü^{ID}, Gültekin Çağlı^{ID}

Department of Industrial Engineering, Faculty Engineering, Sakarya University, 54187, Sakarya, Türkiye

Highlights:

- Determining criteria with factor analysis
- Criteria weighting with SWARA method
- Supplier selection with VIKOR method

Keywords:

- Supplier Selection
- Explanatory Factor Analysis
- Confirmatory Factor Analysis
- SWARA
- VIKOR

Article Info:

Research Article

Received: 22.04.2022

Accepted: 17.10.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.1106644

Correspondence:

Author: Ayşe Ünlü

e-mail:

ayse.unlu1@ogr.sakarya.edu.tr

phone: +90 545 410 6944

Graphical/Tabular Abstract

In this study, the criterias of 6 suppliers of the company were determined with the SWARA method and ranked with the VIKOR method (Figure A).

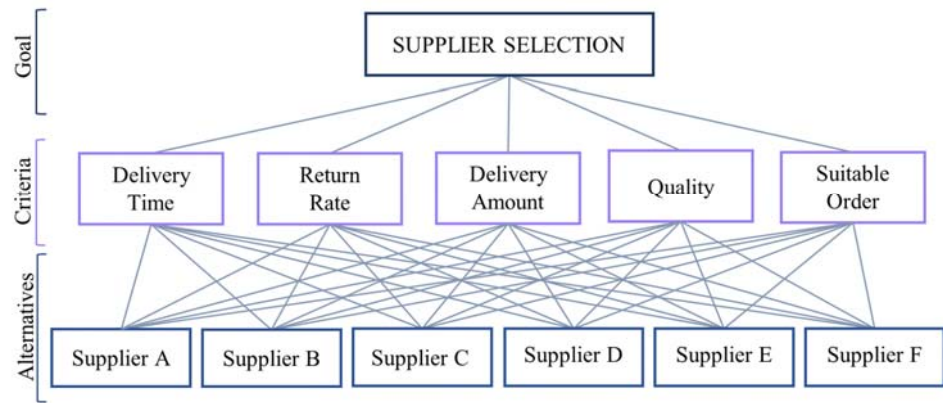


Figure A. Supplier Selection

Purpose:

Evaluation of the suppliers of a leading company in the retail industry with of Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methods.

Theory and Methods:

In this study, supplier selection was examined in 3 processes. In the first stage, Explanatory Factor Analysis and Confirmatory Factor Analysis were used while determining the criterias.

In the second stage, the SWARA method was used to determine the weights of criterias affecting supplier selection, there are still not enough real-life applications in the studies because of this method is newer than the other methods in the literature and the importance levels of criterias that determined in supplier selection differ in businesses or product types. In the last stage, suppliers were ranked with the VIKOR method for increase contribution of the decision-maker to the process, prevent possible disagreements, and facilitate accurate decision-making.

Results:

When Explanatory Factor Analysis and Confirmatory Factor Analysis methods are applied to the survey, the criteria determined are consistent and meaningful. With the Swara criterion weighting, it is seen that the most important criterion is delivery time with 0.27 value, the least important criterion is the appropriate order with 0.12 value for the company. Finally, with VIKOR Method, suppliers are ranked from best to worst as A-C-B-E-D-F.

Conclusion:

It has been shown that the use of these methods together can be successfully applied in supplier selection and it is aimed to gain a different perspective to the literature.



Faktör analizi tabanlı hibrit SWARA-VIKOR yöntemleri ile tedarikçi değerlendirme

Gökçe Gezmişoğlu*^{ID}, Ayşe Ünlü^{ID}, Gültekin Çağrı^{ID}

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 54187, Serdivan, Sakarya, Türkiye

ÖNEÇIKANLAR

- Faktör analizi ile kriter belirleme
- SWARA yöntemi ile kriter ağırlıklandırma
- VIKOR yöntemi ile tedarikçi seçimi

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 22.04.2022

Kabul: 17.10.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.1106644

Anahtar Kelimeler:

Tedarikçi seçimi,
açıklayıcı faktör analizi,
doğrulamalı faktör analizi,
SWARA,
VIKOR

ÖZ

İşletmelerin ileriye dönük planlarını gerçekleştirmelerinde şirketin iş birliği içinde olduğu tedarikçilerle birlikte başarılı olmaları önemli bir rol oynamaktadır. Bu rolde en uygun ve en doğru tedarikçiler ile çalışmak işletmeler için önemli bir karar sürecidir. Bu çalışmada perakende sektöründe öncü bir firmanın tedarikçi seçme problemi, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) tekniklerinden olan SWARA ve VIKOR yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Uygulama, firmanın tedarik süreci boyunca sürekli sorun yaşadığı tedarikçiler ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında firmanın kendi dinamiklerine uygun değerlendirme kriterlerini belirlemek için literatürde en çok kullanılan kriterler üzerinden istatistiksel hipotezler oluşturulmuş, oluşturulan bu hipotezler üzerinden hazırlanan anket, tedarikçiler ile bire bir ilişki halinde olan uzmanlara uygulanmıştır. Anketin geçerlilik ve güvenilirlik analizlerini değerlendirmek için Açıklayıcı Faktör Analizi ve Doğrulamalı Faktör Analizi yöntemleri kullanılmıştır. Anket sonucunda belirlenen önem dereceleri SWARA yöntemi ile hesaplanmış, nihai değerlendirmede ise VIKOR yöntemi ile tedarikçiler arasında karşılaştırma yapılarak tedarikçi sıralaması elde edilmiş ve elde edilen bu bulgular sonuç kısmında tartışılmıştır. Bu çalışmadaki hipotezler, literatürde benzer olanları ile karşılaştırıldığında, farklı ÇKKV yöntemleri ile kullanıldığı görülmüş fakat SWARA ve VIKOR yöntemleri ile olanına rastlanmamıştır. Böylece Açıklayıcı Faktör Analizi ve Doğrulamalı Faktör Analizi, SWARA ve VIKOR yöntemlerinin birlikte kullanılmasının tedarikçi seçiminde başarılı bir şekilde uygulanabileceği gösterilmiş ve literatüre yenilikçi bir bakış açısı kazandırılması amaçlanmıştır.

Supplier evaluation with factor analysis based hybrid SWARA-VIKOR methods

HIGHLIGHTS

- Determining criteria with factor analysis
- Criteria weighting with SWARA method
- Supplier selection with VIKOR method

Article Info

Research Article

Received: 22.04.2022

Accepted: 17.10.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.1106644

Keywords:

Supplier selection,
explanatory factor analysis,
confirmatory factor analysis,
SWARA,
VIKOR

ABSTRACT

The success of a company with its collaborating suppliers plays an essential role in the realization of business plans. Working with the most appropriate and correct suppliers in this role is an important decision process for businesses. In this study, the supplier selection problem of a leading company in the retail sector was evaluated with SWARA and VIKOR methods, which are among the Multi-Criteria Decision Making (MCDM) techniques. The application was applied to suppliers that the company had constant problems during procurement processes. In the first stage of the study, statistical hypotheses were formed based on the most used criteria in the literature to determine the evaluation criteria suitable for the company's dynamics, and the survey prepared on these hypotheses was applied to the experts who were in direct contact with the suppliers. Explanatory Factor Analysis and Confirmatory Factor Analysis methods were used to evaluate validity and reliability analyzes of the survey. The importance levels determined as a result of the survey were calculated with the SWARA method, and in the final evaluation, supplier ranking was obtained by comparing the suppliers with the VIKOR method, and these findings were discussed in the conclusion part. When the hypotheses in this study were compared with similar ones in the literature, it was seen that they were used with different MCDM methods, but the ones with SWARA and VIKOR methods were not found. Thus, it has been shown that the combination of Explanatory Factor Analysis and Confirmatory Factor Analysis, SWARA and VIKOR methods can be successfully applied in supplier selection process and it is aimed to gain an innovative perspective on the literature.

*Sorumlu Yazar/Yazarlar / Corresponding Author/Authors : *gokce.bahadir@ogr.sakarya.edu.tr, ayse.unlu1@ogr.sakarya.edu.tr, cagil@sakarya.edu.tr / Tel: +90 545 410 6944

1. Giriş (Introduction)

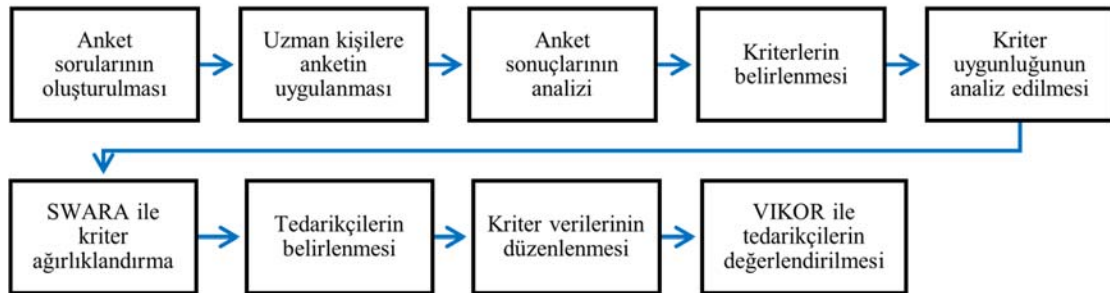
Perakende sektörünün dinamik yapısı, modern dünyaya olan katkısı ve sahip olduğu yüksek potansiyelinden dolayı meydana gelen değişimleri fırsatlara dönüştürebilecek yapıdadır. Bu fırsatları yakalayarak tüketiciye mümkün olan her noktada ulaşmayı hedefleyen perakendeciler; ürünü istenilen zamanda, miktarda ve kalitede tüketiciye buluşturmayı amaçlar. Aynı zamanda da değişen tüketici taleplerine zamanında ve doğru şekilde cevap vermek için hızlı olmak ve tedarik zincirindeki tüm kanalları koordineli bir şekilde yürütmek perakendecilerin sorumluluğundadır. Bu nedenler bize firmaların sektörde başarılı sonuçlar elde edebilmelerinin sadece kendi performanslarına bağlı olmadığını, tedarik zincirinde bulunan diğer tüm üyelerin performanslarına da bağlı olduğunu gösterir [1]. Tedarik zincirinin aksamadan yürütülebilmesi için birlikte çalışılan tedarikçilerin yaşanan gelişimlere ayak uydurması gerekmektedir. Bu nedenle perakendeciler, ürünlerini beklentileri doğrultusunda müşterilerine ulaştırabilmek için tedarikçilerine de belirli standartlar koymakta, onları gelişime zorlamaktadırlar.

Doğru tedarikçilerle çalışmak, firmaların hedeflerine ulaşması için atılacak önemli bir adımdır. Tedarikçi seçiminin ve değerlendirmesinin doğru bir şekilde yapılması; satın alma maliyetlerinde azalış sağlarken, diğer firmalara karşı rekabet gücünün ve müşteri memnuniyetinin de artışına imkân tanımaktadır [2]. Bu nedenle günümüzdeki rekabetçi ortamda, etkili bir tedarikçi seçim ve değerlendirme süreci firmaların başarısı için önem arz etmektedir [3]. Tedarik zincirinde, birbirinden farklı özelliklere sahip tedarikçiler arasında firmaya en uygun olanını seçmek için kendi aralarında çelişen çok sayıda kriter göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle tedarikçi seçimi, bir Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) problemidir [4]. Literatür taramasında tedarikçi seçimi problemlerinin çözümüne yönelik çalışmalarda birçok ÇKKV tekniğinin kullanıldığı görülmüştür. Çoğu çalışmada, seçim süreci, tedarikçi seçimini etkileyen kriterlerin belirlenmesi ve tedarikçi sıralaması olmak üzere iki süreç ayrılır. Bazı araştırmacılar bu iki süreçte iki veya daha fazla tekniği bir arada kullanmıştır. Kara ve Ecer [5], Arslan [6], Luthra vd. [7] kriterlerin ağırlıklarını belirlemede AHP'yi (Analytic Hierarchy Process) ve tedarikçi seçiminde VIKOR'u (VIseKriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje) kullanırken, Ak [8] bu yöntemlere TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) metodunu dahil etmiş, Awasthi vd. [9] ise her iki yöntemi bulanık yaklaşım ile birleştirmiştir. AHP metodu ile belirlenen kriter ağırlıkları üzerinden yapılan tedarikçi seçiminde, Özder ve Eren [10] hedef programlamayı, Fashoto vd. [11] ANN'i (Artificial Neural Network), Fu [12] ARAS (Additive Ratio ASsesment) ve MCGP'yi (Multi-Choice Goal Programming) kullanmıştır. Kriter ağırlığı belirlemeye bulanık AHP ile yaklaşan

çalışmalarda ise Aydın ve Eren [13] hedef programlamayı, Gupta vd. [14] TOPSIS, MABAC (Multi-attributive Border Approximation Area Comparison) ve WASPAS'ı (Weighted Aggregated Sum Product Assessment) kullanmıştır. Bazı çalışmalarda ise kriter ağırlığı belirlemede SWARA (Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem sonucunda elde edilen ağırlıklar ile yapılan tedarikçi seçiminde, Adalı ve Işık [15] ve Yazdı [16] COPRAS'ı (Complex Proportional Assessment), Toklu vd. [17] ve Rahman vd. [18] WASPAS'ı, Alimerdani vd. [19] VIKOR'u kullanırken, yöntem bulanık yaklaşımı dahil eden Mavi vd. [20] Bulanık MOORA'yı (Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis), Petrovic vd. [21] bulanık TOPSIS, Bulanık WASPAS, Bulanık ARAS'ı, Xiang vd. bulanık COPRAS'ı [22] kullanarak tedarikçi seçiminde bulunmuştur.

Tedarikçileri değerlendirmek için kullanılan kriterlerin belirlenmesinde de farklı yöntemler incelenmiştir. Bu yöntemlerden biri olan SCOR (Supply Chain Operations Reference) modeli ile; Wang vd. [23] kriter ağırlıklandırma için AHP metodunu, tedarikçi sıralaması için Veri zarflama analizini kullanırken, Wang vd. [24] bulanık AAS (Analitik Ağ Süreci) ve VIKOR modeli temel alınan yeni bir yaklaşımı literatüre sunmuşlardır. Başka bir çalışmada ise farklı bir kriter belirleme yöntemi olan Yapısal Eşitlik Modellemesi (YEM) ile bulanık ARAS kullanılarak bütünleşmiş bir karar verme yaklaşımıyla tedarikçi sıralaması yapılmıştır [25]. Bu çalışmalardan farklı olarak Govindan vd. [26] kapsamlı tedarikçi değerlendirme ve seçimi sürecini yürütmek için firma temsilcilerinden alınan yanıtlara dayanan AFA (Açıklayıcı Faktör Analizi) ve AHP'yi birleştiren entegre bir metodoloji benimserken, Gao vd. [27] AFA ile yapılan kümeleme çalışması sonucunda elde edilen kriterleri Entropi ağırlık yöntemi ile ağırlıklandırıp AHP'yi kullanarak tedarikçi değerlendirmesi yapmışlardır.

Bu çalışmada tedarikçi seçimi 3 süreçte incelenmiştir. Literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak birinci aşamada kriterleri belirlerken Açıklayıcı Faktör Analizi ve Yapısal Eşitlik Modellemesi altında yer alan Doğrulayıcı Faktör Analizi kullanılmış ardından ikinci aşamada tedarikçi seçimini etkileyen kriterlerin ağırlıkları, literatürde kullanılan diğer yöntemlere göre daha yeni olması nedeniyle çalışmalarda hala yeterince kullanılmayan ve tedarikçi seçiminde belirlenen kriterlerin önem düzeylerinin işletmeye veya ürüne göre farklılık göstermesinden dolayı SWARA yöntemi kullanılmıştır, son aşamada ise karar vericinin sürece katkısı artırarak oluşabilecek fikir ayrılıklarının önüne geçebilmek ve daha doğru karar vermesini kolaylaştırmak amacıyla VIKOR yöntemi ile tedarikçiler sıralanmıştır [5, 16, 28]. Çalışma Şekil 1'deki adımlardan oluşmaktadır. Bu çalışma amacı doğrultusunda 4 bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde tedarikçi seçimi ve değerlendirmesi konusundaki temel bilgiler ile



Şekil 1. Makalenin aşamaları (Stages of the article)

literatür taraması yer almaktadır. İkinci bölümde çalışmada kullanılan materyal ve yöntemler anlatılmış olup, üçüncü bölümde bu yöntemler perakende sektöründe yer alan bir işletmeye uygulanmıştır. Son bölümde ise elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

2. Materyal Ve Yöntem (Material And Method)

Karar vericiler, kararlarının doğruluğunu değerlendirmek için kriterlere sahip olmalıdırlar. Kritik kriterler, çok sayıda çelişkili kriterin değerlendirilmesine bağlı olarak kıyaslama yapabilmek için etkili bir çerçeve sağlamaktadır. Ancak karar vericilerin tüm kriterleri karşılayan en uygun tedarikçiyi seçmesi zordur. Bu nedenle, tedarikçi seçim süreci, nicel ve nitel faktörlerin çeşitli kriterlerine dayalı olarak farklı tedarikçi alternatiflerinin değerlendirilmesini içerdiğinden, esas olarak ÇKKV problemi olarak kabul edilmektedir [29, 30].

2.1. Anket Yöntemi (Survey Method)

Anket yöntemi ile veri toplamak diğer yöntemlere göre çok daha büyük gruplara uygulama imkânı sağlaması ve düşük maliyetli olması ile avantajlıdır [31]. Çalışmalarda değerlendirme yapılırken kullanılacak kriterler genellikle literatürden seçilmektedir. Fakat doğru ve güvenilir sonuçlar için firma özelinde önem arz eden ve kendi dinamiklerine uygun kriterlerin seçilmesi gerekmektedir. Bu nedenle literatür derinlemesine araştırılmalı, en çok kullanılan değerlendirme kriterleri belirlenmeli ve kriterler üzerinden hipotezlerin oluşturulması gerekmektedir [32, 33]. Hipotez oluşturmakta amaç literatürde sıklıkla kullanılan kriterlerin firmaya uygunluğunun test edilmesidir. Tedarikçi seçimi üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde tedarikçi değerlendirilmesinde en çok kullanılan ilk on kriterin; kalite, tedarikçi sayısı, esneklik, servis hizmeti, teslimat süresi, çevre, maliyet, teknoloji kullanımı, üretim ve yönetim olduğu görülmektedir [34].

2.2.1. Açıklayıcı faktör analizi (Explanatory factor analysis)

Ölçek maddelerinin hangi faktör altında bulunacağı uzmanlar tarafından tahmin edilebilir. Fakat yapının tam olarak nasıl olduğu, kaç gizli faktörün bulunduğunu ve maddelerin hangi faktörlere yüklendiğini araştırmak için istatistiksel yöntemler kullanılmalıdır. Bu yöntemlerle maddelerin varyasyon açıklayıp açıklaymadığı belirlenmektedir [35]. AFA ölçek geliştirme amacıyla kullanılan bir tekniktir. Ölçek maddeleri arasında teorik bilginin olmadığı, hangi maddelerin hangi faktörleri ölçtüğü net olarak bilinmediği durumda kullanılırken, aynı zamanda var olan yapıyı açıklamaya da yardımcı olmaktadır [36]. Anketin, güvenilirlik düzeyini incelemek için Cronbach's Alfa'sını, örneklem büyüklüğünün faktör analizi üzerindeki düzeyini görmek için Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)'sunu, değişkenlerin karşılıklı olarak korelasyon gösterip göstermediklerini sınamak için Bartlett's Test of Sphericity değerleri analiz edilmelidir [35, 37].

2.2.2. Doğrulayıcı faktör analizi (Confirmatory factor analysis)

DFA kurulan hipotezlerin test edilmesi için geliştirilen yapısal eşitlik modellemesinin (YEM) bir türüdür [38]. AFA ile değişken gruplarının hangi faktör ile ilişkisi olduğu belirlenirken, belirlenen faktörlere katkıda bulunan değişken gruplarının bu faktörler ile yeterli düzeyde temsil edilip edilmediğinin tespitinde DFA'dan yararlanılmaktadır [39]. Kavramsal modeldeki ilişkiler değerlendirilmeden önce modelin istatistiksel olarak geçerli ve anlamlı olduğu belirlenmelidir [40].

AFA 'dan farklı olarak, DFA'da varlığı önceden kesin olarak belirlenmiş yapının yeni bir veri setinde ne derece doğrulandığı incelenmektedir. Başka bir deyişle ölçek geliştirme çalışmalarında

AFA sonucunda oluşan yapının geçerliliğini test etmek için; farklı bir veri seti kullanılarak DFA yapılmalıdır. Bu sayede AFA sonucunda bulunan yapının geçerliliği, DFA yardımıyla gösterilmiş olur [37].

DFA'da çeşitli uyum indeksi sonuçlarına göre kurulan modelin teori ile paralel hareket edip etmediğine bakılmaktadır. Bu uyum indeksleri SRMR, RMR, RMSEA, AGFI, GFI, χ^2 /sd , χ^2 gibi çok çeşitlidir. Uyum indekslerinden hangilerinin standart hale getirilerek çalışmalarda kullanılması hakkında kesin bir görüş bulunmamaktadır [39, 41].

Tüm bu analizlerle kurulan modelin istatistiksel açıdan anlamlı ve tutarlı olduğu belirlendikten sonra, kriterlerin ortalama skorları hesaplanarak işlemler sonlandırılır [42]. Tablo 1'de Likert ölçeklerinin değerlendirme aralıkları verilmiştir.

Tablo 1. Aritmetik Ortalama Değerlendirme Aralıkları (Arithmetic Average Evaluation Intervals)

Değer aralığı	Likert Ölçekleri
1,00 - 1,80	Kesinlikle katılmıyorum
1,81 - 2,60	Katılmıyorum
2,61 - 3,40	Kararsızım
3,41 - 4,20	Katılıyorum
4,21 - 5,00	Kesinlikle katılıyorum

2.3. SWARA Yöntemi (SWARA Method)

"Adım Adım Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi" olarak bilinen SWARA, 2010 yılında Kerşulienne vd. tarafından geliştirilmiş olup birçok problemin çözümünde başarılı sonuçları olan bir Çok Kriterli Karar Verme yöntemidir [43, 44]. ÇKKV'de belirlenen kriterlerin sonuç üzerindeki önem düzeyleri farklılık göstermektedir. Bu nedenle kriterlerin ağırlığını belirlemek, çözülmesi gereken önemli bir konudur. SWARA yönteminin temel özelliği uzman görüşlerini de dikkate alarak kriterlerin önem düzeyinin belirlenmesinde kullanmasıdır [45]. Yöntemde ilk olarak karar verici kriterleri önem düzeyinde; en önemli kriter ilk sırada, en düşük öneme sahip kriter ise son sırada olacak şekilde sıralanmaktadır. Birden çok karar vericinin sürece katıldığı durumlarda ise karar verici sayısı kadar sıralama oluşturulur ve tüm sıralamaların geometrik ortalaması alınarak nihai sıralama elde edilmektedir [46]. SWARA yöntemi uygulama adımları aşağıdaki gibidir [47].

Adım 1. Problemin çözümünde kullanılacak kriterler uzman görüşü ile azalan düzende sıralanır.

Adım 2. $j + 1$. kriter ile j . kriter kıyaslanarak; j . kriterin ($j + 1$). kriter göre yüzde önemi (s_j) belirlenir. Bu değer ortalama değer karşılaştırmalı önemi olarak ifade edilmektedir [48].

Adım 3. Her kriter için bir katsayı (k_j) değeri Eş. 1'deki gibi hesaplanır.

$$k_j = \begin{cases} 1, & j = 0 \\ s_j + 1, & j > 0 \end{cases} \quad (1)$$

Adım 4. Her kriterin nihai ağırlığı (q_j) değeri Eş. 2'deki gibi hesaplanır.

$$q_j = \begin{cases} 1, & j = 1 \\ \frac{q_{j-1}}{k_j}, & j > 1 \end{cases} \quad (2)$$

Adım 5. Kriterlerin ağırlıkları (w_j) Eş. 3 ile belirlenir. j . kriterin önem derecesi w_j 'dir.

$$w_j = \frac{q_j}{\sum_{k=1}^n q_k} \quad (3)$$

2.4. VIKOR Yöntemi (VIKOR Method)

VIKOR yöntemi, karmaşık sistemlerin çözümü için 1998 yılında Opricovic tarafından geliştirilmiştir. 2004 yılında ise çok kriterli problemlerin çözümü için Opricovic ve Tzeng tarafından tekrardan düzenlenerek çok kriterli karar verme problemlerine uygulanabilir bir yöntem haline getirilmiştir [49].

Yöntem, birçok kriteri bir arada değerlendirir ve alternatiflerin performanslarına göre sıralama belirleyerek optimum sonuca en yakın uzlaşık çözümü bulmaya olanak sağlamaktadır [50]. Uzlaşık sonuca ulaşmak için kriterler altında değerlendirilen her alternatifin ideale yakınlığı ölçüldükten sonra uzlaşma, kriterler içinde ortak kabulü, uzlaşık çözüm optimum çözümü olarak ifade edilmektedir [51]. VIKOR yöntemi uygulama adımları aşağıdaki gibidir [50, 52].

Adım 1. Her kriter için en kötü f_j^- ve en iyi f_j^* değerleri belirlenir. Bu değer, kriterin fayda Eş. 4 veya maliyet Eş.5 türünden olmasına göre değişmektedir.

$$\text{Fayda kriterleri için; } f_j^* = \max x_{ij}, \quad f_j^- = \min x_{ij} \quad (4)$$

$$\text{Maliyet kriterleri için; } f_j^* = \min x_{ij}, \quad f_j^- = \max x_{ij} \quad (5)$$

Adım 2. Normalize karar matrisi (r_{ij}), elemanları Eş. 6'da verilen formülle hesaplanarak oluşturulmaktadır.

$$r_{ij} = \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \quad (6)$$

Adım 3: Normalize karar matrisi (v_j) Eş. 7'deki gibi, kriter ağırlığı (w_j) ile çarpılarak ağırlıklandırılmaktadır.

$$v_{ij} = r_{ij} \cdot w_j \quad (7)$$

Adım 4. j . alternatifinin en iyi çözüme uzaklık (S_i) Eş. 8 ile ve en kötü çözüme uzaklık (R_i) değerleri Eş. 9 ile hesaplanır.

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j (f_j^* - x_{ij}) / (f_j^* - f_j^-) \quad (8)$$

$$R_i = \max_j \left[\frac{w_j (f_j^* - x_{ij})}{f_j^* - f_j^-} \right] \quad (9)$$

Adım 5. Q_i değerleri Eş. 10'daki gibi hesaplanır. Burada $S^* = \min S_j$; $S^- = \max S_j$; $R^* = \min R_j$; $R^- = \max R_j$ değerlerini, v değeri, maksimum grup faydasını sağlayan strateji için ağırlığı ifade etmektedir.

$$Q_i = \left[\frac{v(S_i - S^*)}{S^- - S^*} \right] + \left[\frac{(1-v)(R_i - R^*)}{R^- - R^*} \right] \quad (10)$$

Adım 6. S_i , R_i ve Q_i parametreleri küçükten büyüğe sıralanarak alternatifler arasında üç adet sıra listesi oluşturulur.

Adım 7. Aşağıdaki iki koşul olan Eş. 11 ve Eş. 12 sağlandığı takdirde; minimum Q değerine sahip alternatif, optimum olarak nitelendirilebilir.

Koşul 1. Kabul Edilebilir Avantaj

$$Q(a'') - Q(a') \geq DQ \quad (11)$$

$$DQ = 1/(m - 1) \quad (12)$$

Eşitlikteki a' değeri, en düşük Q değerine sahip olan birinci en iyi alternatif; a'' değeri, en düşük Q değerine sahip olan ikinci en iyi alternatif ifade eder. Alternatif sayısı 4'ten küçük ise $D(Q) = 0,25$ olarak kabul edilmelidir.

Koşul 2. Kabul edilebilir istikrar

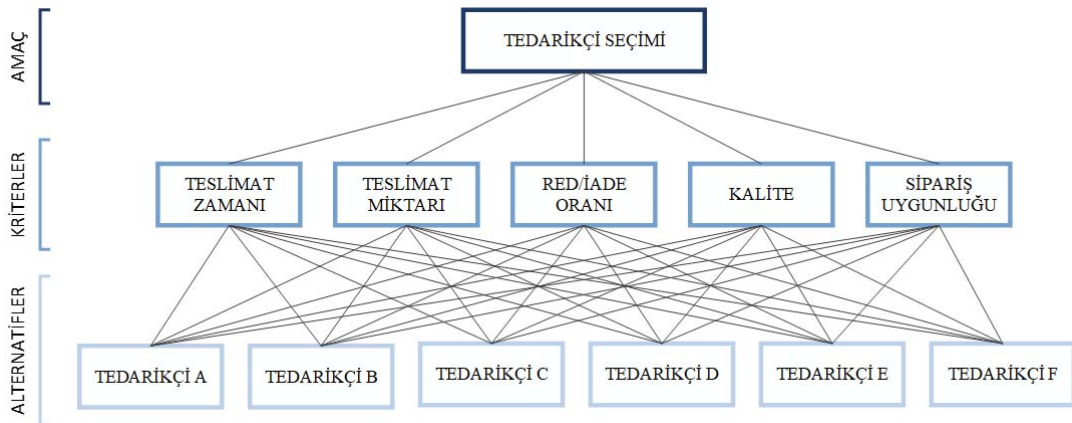
Bu koşulda ise en iyi Q değerine sahip alternatif; S veya R değerlerine göre en iyi sıradaki seçenek olmaktadır. Burada;

1.koşul sağlanmıyorsa; a' , a'' ... a^m alternatifleri uzlaşmış en iyi çözüm olarak ifade edilmektedir.

$Mak_m = Q(a^m) - Q(a') < D(Q)$ formülü ile belirlenir. Alternatifler arasında belirgin bir farklılık olmaması durumunda bu koşul sağlanmamaktadır.

2.koşul sağlanmıyorsa; a' ve a'' alternatifleri, en iyi uzlaşık çözüm olarak belirlenir [53, 54].

Bu çalışmada yer alan açıklayıcı faktör ve doğrulayıcı faktör analizlerinin, literatürde benzer olanları ile karşılaştırıldığında, farklı ÇKKV yöntemleri ile kullanıldığı görülmüş fakat SWARA ve VIKOR yöntemleri ile olanına rastlanmamıştır. Çalışmada bu yöntemlerin birlikte kullanılmasının tedarikçi değerlendirilmesinde



Şekil 2. VIKOR Yapısı (VIKOR Structure)

başarılı bir şekilde uygulanabileceği gösterilmiş ve literatüre yeni bir bakış açısı kazandırılması amaçlanmıştır.

3. Uygulama ve Tartışmalar (Application and Discussions)

450 farklı tedarikçiden beslenen perakende sektöründe bir firmada; müşterilerine en iyi hizmeti sunmak için tedarikçilerin yönetimi önemli bir konudur. Uygulama için firmanın sürekli tedarikçilerinden tedarik süreci boyunca sorun yaşadığı 6 tedarikçi belirlenmiştir. Literatürde sıklıkla kullanılan değerlendirme kriterleri üzerinden hipotezler oluşturularak uzmanlara yapılan anket ile firma dinamiklerine uygun kriterler belirlenmiştir. Anketin yapı geçerliliği AFA ve DFA yöntemleri ile incelenmiştir. Kriterlerin önem dereceleri SWARA yöntemi ile ölçülmüş, kriterler çerçevesinde belirlenen tedarikçilerin performansları VIKOR yöntemi ile karşılaştırmalı olarak şekil 2'deki gibi değerlendirilmiştir.

3.1. Anket Yöntemi (Survey Method)

Firma dinamiklerine en uygun olan kriterleri belirlemek için; literatürde en çok kullanılan kriterlerden hipotezler oluşturulmuş, şirket içerisinde satın alma, kalite ve mal kabul departmanlarında çalışan bölge müdürü, satın alma müdürü, kalite kontrol uzmanı, süreç analisti, gıda mühendisi ve endüstri mühendisi ünvanlı, 96'sı erkek, 52'si kadın olmak üzere toplam 148 kişi ile anket çalışması yapılmıştır. Anket çalışmasında, ilgili birimlere sorular direkt sorularak değil hipotezleri sınamak üzere oluşturulan sorular üzerinden yapılmıştır.

Literatürde en fazla kullanılan; teslimat, kalite, tedarikçi kriterleri alt başlıklar halinde firmanın yapısına uyarlanmış ve aşağıdaki hipotezler oluşturulmuştur. Bu hipotezleri ölçümlenmek için 10 adet doğrulama sorusu olmak üzere 20 soruluk anket çalışması hazırlanmıştır. Ankette; kesinlikle katılmıyorum, katılmıyorum, kararsızım, katılıyorum, kesinlikle katılmıyorum seçeneklerini içeren Likert ölçeği kullanılmıştır. Ölçeğin kullanılması ile tüm soruların birleştirilmiş değerlerinden uzmanların bu konu üzerindeki ortalama tutumlarını belirlemesi amaçlanmıştır. Anket analizinde yer alan ters maddeler düzenlenmiştir.

- H1: Teslimat zamanı tedarikçi performansında önemlidir.
H2: Teslimat miktarı tedarikçi performansında önemlidir.
H3: Red/lade Oranı tedarikçi performansında önemlidir.
H4: Kalite tedarikçi performansında önemlidir.
H5: Sipariş Uygunluğu tedarikçi performansında önemlidir.

3.2.1. Açıklayıcı faktör analizi (Explanatory factor analysis)

Anketin analizinde AFA ve Yapısal Eşitlik Modellemesi altında DFA yöntemleri kullanılmıştır. Araştırma verilerinin analizinde AFA yöntemi için IBM SPSS 22 paket programından, DFA yönteminin uygulanmasında ise AMOS 23 paket programından yararlanılmıştır. Uygulamalar sonucunda elde edilen veriler ile güvenilirlik analizi yapılmıştır. Analizi sonucunda, Cronbach's Alfa'sı %83,9 olarak hesaplanan değer ile anketin yüksek güvenilirlik düzeyinde olduğu görülmüştür. Ayrıca örneklem büyüklüğü Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ile test edilmiştir. %79 değeriyle örneğin faktör analizi için uygun değerde olduğunu ve analiz yapılabileceği belirlenmiştir. Son olarak Bartlett's Test of Sphericity değeri ve onun anlamlılığı ise değişkenlerin karşılıklı olarak korelasyon gösterip göstermediklerini sınamaktadır. Bulunan bu değer 0,000 yani 0,10'dan küçük olması, faktör analizi yapmanın uygun olduğunu gösterir. Sonuçta gerekli şartlar sağlanmış ve veri matrisinin faktör analizi uygulanabilir hale gelmiştir.

Tablo 2'de veri matrisine faktör analizi uygulanmasıyla ortaya çıkan nihai varyans açıklama sonucu gösterilmiştir. Birden büyük öz değerler sayısı, faktör sayısını göstermektedir. Çalışmada beş faktör yer almaktadır.

Tablo 2. Nihai varyans sonucu (Final variance result)

Faktör	Toplam	Yüzde Varyans	Kümülatif Yüzde
1	6,523	36,236	36,236
2	2,633	14,628	50,864
3	1,904	10,577	61,441
4	1,86	10,334	71,775
5	1,622	9,013	80,788

Tablo 2. ve Tablo 3. incelendiğinde; beş maddeden oluşan Sipariş Uygunluğu kriterinin faktör yükleri 0,617 ile 0,915 aralığında iken faktörün toplam varyansı açıklama oranı %36,23 tür. Dört maddeden oluşan Teslimat Miktarı kriterinin faktör yükleri 0,755 ile 0,867 aralığında iken faktörün toplam varyansı açıklama oranı %14,62 dir. Yine dört maddeden oluşan Teslimat Zamanı kriterinin faktör yükleri 0,791 ile 0,932 aralığında iken faktörün toplam varyansı açıklama oranı %10,57 dir. Üç maddeden oluşan Kalite kriterinin ve faktör yükleri 0,925 ile 0,969 aralığında iken faktörün toplam varyansı açıklama oranı %10,33 tür. Son olarak iki maddeden oluşan Red Oranı kriterinin faktör yükleri 0,946 ile 0,954 aralığında iken faktörün toplam varyansı açıklama oranı oranı %9,03 dür. Faktör analizleri sonucunda ise kümülatif toplam varyans değeri %80,78 çıkmıştır, değer %50'nin üzerinde olduğundan uygun kabul edilmiştir. Faktör yükünün 0.300'den küçük olduğu maddeler ise analize dâhil edilmemiştir.

Tablo 3. Faktör Yükleri (Factor Loads)

	Faktör				
	1	2	3	4	5
Sipariş Uygunluğu_2	0,915				
Sipariş Uygunluğu_5	0,904				
Sipariş Uygunluğu_3	0,874				
Sipariş Uygunluğu_4	0,798				
Sipariş Uygunluğu_1	0,617				-0,316
Teslimat Miktarı_3		0,867			
Teslimat Miktarı_2		0,848			
Teslimat Miktarı_4		0,795			
Teslimat Miktarı_1		0,755			
Teslimat Zamanı_2			-0,932		
Teslimat Zamanı_4			-0,932		
Teslimat Zamanı_3			-0,93		
Teslimat Zamanı_1			-0,791		
Kalite_2				-0,969	
Kalite_3				-0,961	
Kalite_1				-0,925	
Red_1					0,954
Red_2					0,946

3.2.2. Doğrulayıcı faktör analizi (Confirmatory factor analysis)

AFA ile elde edilen modelden yol çıkılarak DFA ile modelin istatistiksel anlamda geçerli olup olmadığı incelenmiştir. DFA uygulanmasında SPSS IBM AMOS programı kullanılmıştır. Literatürde önerilen uyum iyiliği indeks değerleriyle birlikte hesaplamalar sonucunda modelin uyum iyiliği indeks değerleri Tablo 4'te gösterilmiştir. Tablonun analiz edilmesiyle ölçme modelinin istatistiksel olarak geçerli bir model olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 4. Önerilen ve Modele Ait Uyum İndeks Değerleri (Suggested and Model Fit Index Values)

Uyum Ölçüleri	İyi Uyum Aralığı	Kabul Edilebilir Uyum Aralığı	Sonuç
NFI	$0,95 \leq NFI \leq 1$	$0,90 \leq NFI \leq 0,95$	0,924
CFI	$0,97 \leq CFI \leq 1$	$0,95 \leq CFI \leq 0,97$	0,982
GFI	$0,95 \leq NFI \leq 1$	$0,90 \leq GFI \leq 0,95$	0,911
AGFI	$0,90 \leq AGFI \leq 1$	$0,85 \leq AGFI \leq 0,9$	0,874
RMSEA	$0 < RMSEA < 0,05$	$0,05 \leq RMSEA \leq 0,10$	0,042
χ^2/df	$0 \leq \chi^2/df \leq 3$		1289

Tablo 5. Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi (Determination of Criterion Weights)

Kriter Adı	Önem Sıralaması	sj	kj	qj	wj
Teslimat Zamanı (K1)	1		1	1	0,27
Teslimat Miktarı (K2)	2	0,1	1,1	0,91	0,25
Red/İade Oranı (K3)	3	0,3	1,3	0,7	0,19
Kalite (K4)	4	0,2	1,2	0,58	0,16
Sipariş Uygunluğu (K5)	5	0,3	1,3	0,45	0,12

Tablo 6. VIKOR Yöntemi Çıktıları (VIKOR Method Outputs)

Si	Ri	v=0,1	v=0,5	v=1
A	0,082	A 0,044	A 0	A 0
C	0,279	C 0,104	C 0,267	C 0,308
B	0,43	B 0,192	B 0,633	B 0,547
E	0,565	E 0,241	E 0,845	E 0,757
D	0,627	D 0,25	D 0,888	D 0,855
F	0,719	F 0,275	F 1	F 1

Araştırılan modelin NFI değeri 0,924, CFI değeri 0,982, GFI değeri 0,911, AGFI değeri 0,874, RMSEA değeri 0,042 ve χ^2/df değeri 1,289 olarak bulunmuş, bütün değerlerin kabul edilebilir aralıkta olduğu belirlenmiştir. İyi uyum sınırları içerisinde yer alan uyum ölçüleri verilerin ve modelin istatistiksel açıdan iyi ve tutarlı olduğunu göstermektedir.

Anketin istatistiksel açıdan anlamlı ve tutarlı olduğu belirlendikten sonra kriterlerin ortalama skorları hesaplanmıştır. Kriterler için hesaplanan ortalamalar; Teslimat Zamanı kriteri için 4,73, Teslimat miktarı kriteri için 4,69, Red Oranı kriteri için 4,29, Kalite kriteri için 4,80, Sipariş Uygunluğu kriteri için 4,58 şeklindedir. Bu sonuca göre tüm kriterler için hipotezler desteklenmiştir. Analiz edilen kriterlerin firma için uygunluğu tespit edilmiştir.

3.3. SWARA Yöntemi (SWARA Method)

Bu çalışma kapsamında anket yöntemi ile belirlenen 5 kriter değerinin hangi oranda önemli olduğunu belirlemek için SWARA yöntemi uygulanmıştır. Tablo 5' te Eş. 1, Eş. 2 ve Eş. 3'e göre hesaplamalar yapılarak kriterlerin ağırlıkları w_j ile gösterilmiştir. Burada teslimat zamanı kriteri %27 ile kriterler arasındaki en önemli kriter iken sipariş uygunluğu kriteri %12 ile kriterle arasındaki en az önemli kriter olarak belirlenmiştir.

3.4. VIKOR Yöntemi (VIKOR Method)

SWARA yöntemi ile önemi belirlenen kriter ağırlıkları doğrultusunda tedarikçilerin değerlendirilmesi VIKOR yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Teslimat zamanı, teslimat miktarı, kalite ve sipariş uygunluğu fayda kriterleri olduğu için Eş. 4, Red oranı maliyet kriteri olduğu için Eş. 5 kullanılmıştır. Eş. 6, Eş. 7, Eş. 8, Eş. 9, Eş. 10'a göre hesaplanan yöntem çıktıları Tablo 6'da gösterilmiştir.

Alternatif sayısı 6 olduğu için Eş. 12 yardımıyla $D(Q) = 0,20$ olarak belirlenir. Eş. 11 ve koşul 1 sağlanmıştır.

$V=0,1$ için $0,267 - 0 > 0,2$

$V=0,5$ için $0,285 - 0 > 0,2$

$V=1$ için $0,308 - 0 > 0,2$

S_i ve R_i değerleri artan şekilde sıralandığında en iyi Q değerine sahip F alternatifi her ikisinde de ilk sırada yer almakta ve koşul 2 sağlanmaktadır. VIKOR yönteminin uygulanmasıyla elde edilen sonuçlara göre $v=0$, $v=0,5$, $v=1$ değerleri için A ve C en iyi uzlaşık iki çözümdür.

4. Sonuçlar (Conclusions)

Bu makalede perakende sektöründe öncü bir firmanın tedarikçilerini değerlendirme çalışması yapılmıştır. Firmanın, sürekli tedarikçilerinden, tedarik süreci boyunca sorun yaşadığı 6 tanesi belirlenmiş ve karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Öncelikle, firma yapısı göz önünde bulundurularak, literatürde en fazla kullanılan; teslimat, kalite, tedarikçi kriterleri değerlendirilmiş ve bu kriterler üzerinden istatistiksel hipotezler kurulmuştur. Hipotezleri test etmek için hazırlanan sorulardan, 10 tanesi doğrulama olmak üzere 20 soruluk anket oluşturulmuştur. Hazırlanan anket Cronbach's Alfa, Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) yöntemlerine uygulanması ve Barlett küresellik testinin anlamlı çıkması sonucunda Açıklayıcı Faktör Analizi ve Doğrulayıcı Faktör Analizi yöntemlerinin, uygulanan anketin istatistiksel açıdan anlamlı ve tutarlı olduğu tespit edilmiş, anket tedarikçiler ile birebir ilişki halinde olan 148 uzmana uygulanmıştır. Anket sonuçlarına göre sipariş uygunluğu, teslimat zamanı, teslimat miktarı, red oranı ve kalite kriterlerinin firma için uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anket ile seçilen kriterlerin önem düzeylerinin şirkete, operasyonlara veya ürüne göre değişkenlik göstermesi nedeniyle SWARA yöntemi kullanılarak kriterlerinin birbiri arasında üstünlüğü ortaya konulmuş ve kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Elde edilen değerlere göre, firma için en önemli kriterin teslimat zamanı, en az önemli olan ise sipariş uygunluğu olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kriterler, önem sırası

yüksek olandan düşük olana doğru; teslimat zamanı, teslimat miktarı, red oranı, kalite ve sipariş uygunluğu olacak şekilde sıralanmıştır. Son olarak belirlenen kriter ağırlıkları kullanılarak, optimum sonuca en yakın uzlaşık sonucu veren ve alternatiflerin performanslarına göre sıralanmasını sağlayan VIKOR yöntemi uygulanmıştır. Uygulama sonucunda, firmanın dinamikleri ve tedarikçiden beklentileri değerlendirildiğinde, en iyi tedarikçi Tedarikçi A, firmanın isteklerine yeterince karşılık veremediğinden, en kötü tedarikçinin ise Tedarikçi F olduğu tespit edilmiştir.

Ankette yer alan soruların sayısının fazla olması, verinin sağlıklı bir şekilde toplanmasına engel olacağından 20 soruluk anket oluşturularak sadece tedarikçiler ile birebir çalışan uzmanlara uygulanmış olup diğer departman uzmanları çalışmaya dahil edilmemiştir. Ayrıca uzmanlara yüz yüze anket yerine online anketin uygulanması çalışmanın kısıtlarını oluşturmaktadır.

Seçilen kriterlerin önem düzeylerinin operasyonlara göre değişkenlik göstererek birbiri arasında üstünlük oluşturmaları ve literatürdeki diğer yöntemler ile karşılaştırıldığında daha güncel yapısıyla SWARA yöntemi, karar vericilerin, karar verme sürecine katkısını artırarak oluşabilecek çatışmaların önüne geçip doğru karar verilmesini kolaylaştırması ve literatürde yer alan çalışmaların sonuçlarında gerçekçi çözümler bulmasıyla VIKOR yöntemi diğer ÇKKV yöntemlerinden farklılaştıkları için bu çalışmada kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan yöntemlere ARAS, TOPSIS, WASPAS gibi birçok farklı ÇKKV yöntemi, bulanık teori ve hibrit modellerin dahil edilebileceği gibi bu çalışmanın turizm, gıda, otomotiv, inşaat gibi farklı sektörlerde yapılacak tedarikçi seçimi ve değerlendirme uygulamalarına yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Lee K.-H. ve Vachon S., Business Value and Sustainability, Palgrave Macmillan, 10.1057/978-1-137-43576-7, Londra, 2016.
- Önüt S., Kara S., Işık E., Long term supplier selection using a combined fuzzy MCDM approach: A case study for a telecommunication company, Expert Systems with Applications, 36, 3887-3895, 2009.
- Supçiller A.A. ve Çapraz O., AHP-TOPSIS yöntemine dayalı tedarikçi seçimi uygulaması, Ekonometri ve İstatistik e-Dergisi, 13, 1-22, 2011.
- Büyükközkan G. ve Göçer F., Application of A New Combined Intuitionistic Fuzzy MCDM Approach Based On Axiomatic Design Methodology For The Supplier Selection Problem, Applied Soft Computing, 52, 1222-1238, 2017.
- Kara İ., Ecer F., AHP-VIKOR Entegre Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi: Tekstil Sektörü Uygulaması, Dokuz Eylül University Journal of Graduate School of Social Sciences, 18 (2), 255-272, 2016.
- Arslan H., Ahp-Vikor Yöntemi ile Etkin Tasarrufa Yönelik En İyi Tedarikçi Seçimi, Electronic Journal of Social Sciences, 16 (63), 1203-1217, 2017.
- Luthra S., Govindan K., Kannan D., Mangla S.K., Garg C. P., An integrated framework for sustainable supplier selection and evaluation in supply chains, Journal of Cleaner Production, 140 (3), 1686-1698, 2017.
- Ak M.F., A Multi Criteria Decision Making Based Novel Model For Supplier Selection, El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi, 7 (2), 410-423, 2020.
- Awasthi A., Govindan K., Gold S., Multi-tier sustainable global supplier selection using a fuzzy AHP-VIKOR based approach, International Journal of Production Economics, 195, 106-117, 2018.
- Özder E.H. ve Eren T., Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi ve Hedef Programlama Teknikleri ile Tedarikçi Seçimi, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 4 (3), 196-207, 2016.
- Fashoto S., Akinnuwaai B., Owolabi O., Adelekan D., Decision support model for supplier selection in healthcare service delivery using analytical hierarchy process and artificial neural network, African journal of business management, 10 (9), 209-232, 2016.
- Fu Y., An integrated approach to catering supplier selection using AHP-ARAS-MCGP methodology, Journal of Air Transport Management, 75, 164-169, 2019.
- Aydın Y., Eren T., Hava Savunma Sanayii Alt Yüklenici Seçiminde Bulanık Mantık Altında Çok Kriterli Karar Verme ve Hedef Programlama Yöntemlerinin Kullanılması, Journal of Aviation, 2 (1), 10-30, 2018.
- Gupta S. Soni U., Kumar G., Green supplier selection using multi-criterion decision making under fuzzy environment: A case study in automotive industry, Computers & Industrial Engineering, 136, 663-680, 2019.
- Adalı E.A., Işık A., Bir Tedarikçi Seçim Problemi İçin Swara ve Waspas Yöntemlerine Dayanan Karar Verme Yaklaşımı, International Review of Economics And Management, 5 (4), 56-77, 2017.
- Yazdı A., Wanke P., Hanne T., Abdi F., Sarfaraz A., Supplier selection in the oil & gas industry: A comprehensive approach for Multi-Criteria Decision Analysis, Socio-Economic Planning Sciences, 79, 38-121, 2022.
- Toklu M., Çağrı G., Pazar E., Faydalı R., SWARA-WASPAS Metodolojisine Dayalı Tedarikçi Seçimi: Türkiye'de Demir-Çelik Endüstrisi Örneği, Academic Platform Journal of Engineering and Science, 6 (3), 113-120, 2018.
- Rahman M., Bari M., Ali S., Taghipour A., Sustainable Supplier Selection in the Textile Dyeing Industry: An Integrated Multi-Criteria Decision Analytics Approach, Resources, Conservation & Recycling Advances, 2667-3789, 2022.
- Alimerdani M., Zolfani S., Ağday M., Tamosaitiene J., A novel hybrid SWARA and VIKOR methodology for supplier selection in an agile environment, Technological and Economic Development of Economy, 19, 3, 2013.
- Mavi R., Goh, M. Zorbakhshnia N., Sustainable third-party reverse logistic provider selection with fuzzy SWARA and fuzzy MOORA in plastic industry, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 91, 2401-2418, 2017.
- Petrović G., Mihajlović J., Čojbašić Ž., Madić M., Marinković D., Comparison of three fuzzy MCDM methods for solving the supplier selection problem, Facta Universitatis Series: Mechanical Engineering, 17 (3), 455-469, 2019.
- Xiang Z, Naseem MH, Yang J. Selection of Coal Transportation Company Based on Fuzzy SWARA-COPRAS Approach. Logistics. 6 (1), 7, 2022.
- Wang C.N., Tsai H.T., Ho T.P., Nguyen V.T., Huang Y.F., Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Model for Supplier Evaluation and Selection for Oil Production Projects in Vietnam, Processes, 8 (2), 134, 2020.
- Wang C., Nguyen V.T., Chyoy J.T., Li T.F., Nyugen N.N., Fuzzy Multicriteria Decision-Making Model (MCDM) for Raw Materials Supplier Selections in Plastics Industry, Mathematics, 7 (10), 981, 2019.
- Baki R., An Integrated Multi-criteria Structural Equation Model for Green Supplier Selection, International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology, 2022.
- Govindan K. Darbari J., Agarwal V. Jha P., Fuzzy multi-objective approach for optimal selection of suppliers and transportation decisions in an eco-efficient closed loop supply chain network, Journal of Cleaner Production, 165, 1598-1619, 2017.
- Gao S., Qiao R., Lim M., Li. C, Qu Y., Xia L., Integrating corporate website information into qualitative assessment for benchmarking green supply chain management practices for the chemical industry, Journal of Cleaner Production, 311, 2021.
- Yangınlar G. Tedarikçi Seçim Kriterlerinin Önemi, Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi, 5 (8), 236-250, 2018.
- Yıldız, Ömer, Avrupa Birliği Ülkeleri ve Türkiye Limanlarının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, 2015.
- Rouyendegh B., Yıldızbaşı A., Üstünyer P., Intuitionistic Fuzzy TOPSIS method for green supplier selection problem, Soft Computing, 24, 2215-2228, 2020.
- Ankan R., Anket Yöntemi Üzerinde Bir Değerlendirme, Haliç Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 1, 97-159, 2018.
- Albayrak Ö., Alkan Ö., Sürdürülebilir Çerçeve de Tedarikçi Değerlendirme Probleminin Çözümünde Sezgisel Bulanık TOPSIS Yönteminin Kullanılması: Bir Mobilya İşletmesi Örneği, Kafkas

- Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 11 (21), 1-20, 2020.
33. Yılmaz T., Yazıcıoğlu, O., Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Global Tedarikçi Seçimi: Otomotiv Yan Sanayi’de Bir Uygulama, *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 6 (5), 96- 307, 2019.
34. Karaöz, E., Akyüz G., Tekin K., Tedarikçi Seçimi Uygulamaları: Bilgi ve İletişim Teknolojileri Perspektifli Bir Literatür Taraması, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7 (2), 362-378, 2019.
35. Schumacker R. E., Lomax R. G., A beginner's guide to structural equation modeling, New York, NY: Routledge, 2010.
36. Hayton J. C., Allen D. G., Scarpello V., Factor retention decisions in exploratory factor analysis: A tutorial on parallel analysis. *Organizational Research Methods*, 7 (2), 191-205, 2004.
37. Aksoy S., Baş M., Türkiye’de Faaliyet Gösteren GSM Operatörlerinin Marka Kişiliklerinin Karşılaştırılması Üzerine Ampirik Bir Çalışma, *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 18 (2), 509-538, 2016.
38. Şimşek Ö.F., Yapısal Eşitlik Modellemesine Giriş, *Temel İlkeler ve LISREL Uygulamaları*, Ankara, Ekinoks, 4-22, 2007.
39. Özdamar, K., Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi, Nisan Kitapevi, Ankara, 2013.
40. Sümer N., Yapısal Eşitlik Modelleri: Temel Kavramlar ve Örnek Uygulamalar, *Türk Psikoloji Yazıları*, 3 (6), 49-74, 2000.
41. Kiraz A., Canpolat O., Özkurt C., Taşkın H., Sarp E., Examination of the criteria affecting Industry 4.0 with structural equation model and a pilot study, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35 (4), 2183-2196, 2020.
42. Kaplanoğlu E., Muhasebe Stajyerlerinin Mesleki Mensuplarından ve Meslek Örgütlerinden Beklentileri Manisa İli Araştırması, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 28 (4), 2014.
43. Yücenur G., Şenol K., Sequential SWARA and fuzzy VIKOR methods in elimination of waste and creation of lean construction processes, *Journal of Building Engineering*, 44, 103-196, 2021.
44. Supçiller B., Wind farm location selection with interval grey numbers based I-GRA and grey EDAS methods, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35 (4), 1847-1860, 2020.
45. Prajapati H., Kant R., Shankar R., Prioritizing the solutions of reverse logistics implementation to mitigate its barriers: A hybrid modified SWARA and WASPAS approach, *Journal of Cleaner Production*, 240, 118-219, 2019.
46. Zolfani, S. H., Saparuskas, J., New application of Swara method in prioritizing sustainability assessment indicators of energy system, *Engineering Economics*, 2013.
47. Sivageerthi T. Bathrinath S. Uthayakumar M., Bhalaji R., A SWARA method to analyze the risks in coal supply chain management, *Materials Today: Proceedings*, 50 (5), 935-940, 2022.
48. Alipour M., Hafezi R., Rani P., Hafezi M., Mardani A., A new Pythagorean fuzzy-based decision-making method through entropy measure for fuel cell and hydrogen components supplier selection, *Energy*, 234, 121-208, 2021.
49. Bera B., Shit P., Sengupta N., Saha S., Bhattacharjee S., Susceptibility of deforestation hotspots in Terai-Dooars belt of Himalayan Foothills: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS models, *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 2021.
50. Özbek, A., Sivil Toplum Kuruluşlarında Yöneticilerin Bütünleşik Bir Yaklaşım İle Seçilmesi, *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 6 (2), 1-10, 2014.
51. Saraçoğlu İ., Dağistanlı H., Tedarikçi Seçiminde Bulanık Mantık-AHP ve VIKOR Yönteminin Bağlantı Elemanları Firmasında Uygulanması, *Journal of Yasar University*, 12, 40-54, 2017.
52. Gül M., Çelik E., Aydın N., Gümüş A., Güneri A., A state of the art literature review of VIKOR and its fuzzy extensions on applications, *Applied Soft Computing*, 46, 60-89, 2016.
53. Arslan H., AHP- VIKOR Yöntemi ile En İyi Tedarikçi Seçimi ve Bir Uygulama, *Electronic Journal of Social Sciences*, 16 (63), 1203-1217, 2017.
54. Kılıç O., Çerçioğlu H., Application of Compromise Multiple Criteria Decision Making Methods for Evaluation of TCDD’s Railway Lines Projects, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 31 (1), 211-220, 2016.

