



Traktör İmalatında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Tedarikçi Seçimi

Tijen Över Özçelik ¹, Sıla Azer Eryılmaz ²

¹ Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Bölümü, Sakarya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9614-8119)

² Endüstri Mühendisi, KEAN- Cell of Alternative Youth Activities, (ORCID: 0000-0003-0947-2963)

(Bu yayın HORA 2019 kongresinde sözlü olarak sunulmuştur.)

(İlk Geliş Tarihi 10 Temmuz 2019 ve Kabul Tarihi 22 Ekim 2019)

(DOI: 10.31590/ejosat.590418)

ATIF/REFERENCE: Över Özçelik, T. & Eryılmaz, S. A. (2019). Traktör İmalatında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Tedarikçi Seçimi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 498-512.

Öz

İşletmeler üretim faaliyetlerini sürdürebilmek için birçok tedarikçi ile çalışmak ve sürekli olarak karar vermek durumundadır. İşletmeler için verilmesi gereken en önemli kararlardan biride tedarikçi seçimidir. Satın almanın doğru, hızlı ve en düşük maliyetle gerçekleştirilmesi işletmenin rekabet gücü açısından önemlidir. İşletmeler için birçok tedarikçi arasından uygun olanların seçimi oldukça zor ve bir o kadar da zaman ve para kaybıdır. En uygun ve doğru tedarikçiyi seçme, bir birlerini etkileyen ve birbiriyle çelişen birçok bileşen içerdiğinden oldukça karmaşık bir karar verme sürecidir. Bu karmaşık süreci yönetmek, birbiriyle çelişen kriterleri karşılaştırabilmek ve uygun tedarikçiyi seçebilmek için çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmaktadır. Literatürde tedarikçi seçim sürecinde kullanılan çok sayıda ve farklı çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemi bulunmaktadır. Bu amaçla çalışmada bir traktör firmasında tedarikçi seçimi gerçekleştirmek amacıyla, en çok kullanılan çok kriterli karar verme tekniklerinden; MOORA, COPRAS ve hedef programlama teknikleri kullanılarak işletme içindeki uzman kişilerle ve literatürde yoğun olarak kullanılan üç temel grupta on beş kriter temel alınarak, işletmedeki beş tedarikçi firma değerlendirilmiş ve her üç yöntemle göre en iyi tedarikçi/tedarikçiler belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tedarikçi Seçimi, Çok Kriterli Karar Verme, Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi, MOORA, COPRAS, Hedef Programlama.

Selection of Suppliers with Multi Criteria Decision Making Methods in Tractor Manufacturing

Abstract

Businesses have to work with many suppliers and make continuous decisions in order to continue their production activities. One of the most important decisions to be made for businesses is the selection of suppliers. Accurate, fast and low cost acquisition is important for the competitiveness of the enterprise. It is very difficult for companies to choose the most suitable supplier and it is a waste of time and money. Choosing the most appropriate and the right supplier is a very complex decision-making process because it contains many components that affect and conflict with each other. Multi-criteria decision-making methods are used to manage this complex process, compare conflicting criteria and select the appropriate supplier. In the literature, there are numerous and different multi-criteria decision-making methods used in supplier selection process. For this purpose, in order to realize supplier selection in a tractor company, one of the most used multi criteria decision making techniques; Five suppliers were evaluated using the MOORA, COPRAS and target

¹ Sorumlu Yazar: Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Bölümü, Sakarya, Türkiye, ORCID: 0000-0002-9614-8119, tover@sakarya.edu.tr

programming techniques, based on fifteen criteria in three main groups, which are used extensively in the literature, and the best suppliers / suppliers were determined according to all three methods.

Keywords: Supplier Choice, Multi Criteria Decision Making, Fuzzy Analytic Hierarchy Process, MOORA, COPRAS, Goal Programming.

1. Giriş

Tedarik zinciri, bir ürünün ilk kaynağından, nihai tüketicilerin talep ettiği son ürüne veya hizmete dönüştürülme sürecindeki tüm aşamaları, bu sürece değer katan üretici, tedarikçi ve lojistikte dahil olmak üzere tüm işlem ve katılımcılar grubu olarak tanımlanır. Tedarik zincirleri sürecindeki tüm malzemelerin, bilgilerin tedarikçiler ve müşterileri arasında karşılıklı işleyişinin etkin ve doğru bir şekilde sağlanmasına yönelik tüm görevlere Tedarik Zinciri Yönetimi denir. Tedarikçi ise; bazen satın alınacak mal veya hizmeti temin eden kişi, bazen bir işletme, kurum ya da kuruluşu ifade etmektedir. Doğru tedarikçilerle çalışmanın, işletmeler için iş hayatında oldukça önemli olduğu gerçekleştirilen çalışmalarla vurgulanmıştır. Günümüzün rekabetçi iş dünyasında, işletmeler kendileri için en iyi tedarikçiyi belirlemek isterler. Tedarikçi seçimi işletmelerin çalışma alanlarına göre değişim gösterebilmektedir. İşletmelerin, tedarikçilerinden yüksek beklentileri vardır. Bunlar; zamanında teslimat, kalite, fiyat uygunluğu, tekliflere cevap verebilme vb. gibi beklentilerdir. Ayrıca küreselleşmenin yarattığı rekabetçi iş ortamları, yükselme isteği ve iş dünyasında yaşanan sorunlar, firmaları alternatif tedarikçi arama ve seçim sürecine yöneltmektedir.

Gerek hizmete gerekse imalata dayalı endüstrilerdeki birçok işletme, ekonomik verimliliği artırmak için en uygun tedarikçinin seçimine oldukça büyük önem vermektedir. İşletmelerin özellikle son yıllarda tedarikçilere daha fazla bağımlı hale gelmesi, işletmelerin hatalı verilen kararlar nedeniyle doğrudan veya dolaylı yaşadığı sonuçların etkisini daha da ağırlaştırmış, bu durumda tedarikçi seçimini, rekabet edebilirliği ve işletmenin kaderini belirler duruma gelmiştir[1]. Tedarikçi seçim süreci, süreklilik arz eden aranan tedarikçi/tedarikçilerin bulunması ile sona ermeyen aynı zamanda mevcut tedarikçilerin izlenmesi, geliştirilmesi ve gerektiğinde yeni tedarikçiler ile değiştirilmesi amaçlarını taşıyan bir süreçtir. Tedarikçi seçim/karar sürecinde doğal olarak birçok tedarikçi ve birçok karar kriteri bulunmaktadır. Uygun olan kriterlerin bulunması ve kriter karşılaştırmalarının tutarlı olması için bu süreçte bilimsel yöntemler kullanılmalıdır. Bunlara ilaveten geleneksel yöntemler bu seçim/karar sürecinde kişisel yargıya dayalı sonuç ürettiğinden, sayısal seçime dayalı araçlar, seçim sürecini daha rasyonel kılarak kişiye dayalı olmaktan çıkarabilir[2].

Tedarikçi değerlendirilme ve seçim süreci, hem nitel hem de nicel olabilen aynı zamanda da çok sayıda kriteri içeren tipik birçok kriterli karar verme (ÇKKV) problemi olarak görülebilir. Bu nedenle tedarikçi seçim süreci; sistematik ve rasyonel bir seçim modeli gerektirir. Tedarik zinciri literatüründe önerilen çok sayıda tedarikçi değerlendirme ve seçim yöntemi mevcuttur. Bu yöntemler sayesinde birçok kriter aynı anda değerlendirilebilmekte ve bu süreç içinde birden fazla kişi olaya dahil olabilmektedir. Çok kriterli karar verme yöntemleri sayesinde alternatifler daha verimli bir şekilde değerlendirilebilmektedir.

Bu çalışmada, Sakarya ilinde traktör üretimi yapan bir fabrikada tedarikçi seçim problemine (karar verme sürecine) çözüm üretilmesi amaçlanmıştır. Tedarikçi değerlendirme ve seçim probleminin çözümünde çok kriterli karar verme tekniklerinden; Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi, MOORA, COPRAS ve Hedef Programlama yöntemleri kullanılarak, yöneticilerin belirlenen kriterler kapsamında, kişisel yargıya dayalı olmayan ve rasyonel karar vermelerini sağlamak hedeflenmiştir.

2. Literatür Araştırması

Tedarikçi değerlendirme ve seçim süreci genellikle tedarik zinciri yönetiminin temel bileşeni ve çok kriterli karar verme problemi olarak görülmektedir. Karar verme ise, mevcut durumlar arasından mantıklı bir tercihin seçim süreci olarak değerlendirilmektedir. Tedarikçi değerlendirme ve seçim süreci, karar verme sürecinde çok fazla kriterin göz önünde bulundurulması gerektiği için son derece karmaşıktır. Bu nedenle 1960'lerden sonra birçok bilim adamı ve sektör çalışanının tedarikçi performansı ölçümü ve seçimi için kriterlerin analizine odaklandığı görülmektedir[2]. Tedarikçi seçim problemi ile ilgili birçok çalışmanın referans gösterdiği Dickson'ın çalışması tedarikçi seçimi ile ilgili 23 kriter ve bunların önemine odaklanmıştır. Çalışmada kalite; teslimat, performans geçmişi, talep politikaları, üretim tesisleri ve kapasite açısından son derece önemli görülürken, fiyat, teknik kapasite ve finansal durumun tedarikçi seçim sürecinde önemli bir yer tuttuğu vurgulanmıştır[3]. Satın alma süreci ile ilgili kişiler, tedarikçi seçiminde daima çok kriterli yaklaşımı göz önünde bulundurmaktadır[4]. Literatürde tedarikçi değerlendirme ve seçimi için çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak çok sayıda çalışma yapılmıştır.

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Analitik Ağ Prosesi (ANP), TOPSIS, MOORA, COPRAS, ELECTRE, PROMETHEE, VIKOR ve HEDEF PROGRAMLAMA metodları en yoğun kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerindedir. Örneğin Pak'ın çalışması bulanık mantık yaklaşımı ile mobilya sektöründe tedarikçi seçimine dayalıdır ve çalışmada bulanık TOPSIS, bulanık VIKOR ve bulanık PROMETHEE yöntemleri kullanılmıştır[5]. Ergül, bir gıda firmasında tedarikçi seçimi için Gri İlişkisel Analiz ve MOORA yöntemlerini kullanmış ve çalışma için 5 tedarikçi, 21 kriter belirlemiştir[6]. Tayyar'ın çalışması bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yaklaşımı ile pet şişe tedarikçisi seçimine yöneliktir[7]. Durmaz ve diğerleri tedarikçi seçim probleminde Hedef Programlama ve MOORA yöntemlerini kullanarak en uygun tedarikçi seçimini gerçekleştirmişlerdir[8]. Çakır ve Kutlu Karabıyık 11 kriter ve 6 tedarikçi belirleyerek bütünlük SWARA ve COPRAS yöntemi kullanarak bulut depolama hizmet sağlayıcılarının değerlendirmesini yaparak bir çalışma gerçekleştirmişlerdir[9]. Ömürbek ve Eren, gıda sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın 2005-2014 yılları arasındaki performansını PROMETHEE, MOORA ve COPRAS yöntemleri ile yıllara göre sıralayarak bu yöntemlerle elde edilen sonuçları karşılaştırmıştır[10].

Kundakçı, MACBETH ve MULTI-MOORA yöntemlerine dayalı, birleşik çok kriterli karar verme yaklaşımı üzerine tedarikçi seçimi çalışması yapmıştır[11]. Madic ve diğerleri tedarikçi seçiminde COPRAS yöntemini kullanarak bir çalışma gerçekleştirmişlerdir[4]. Gencer ve diğerleri Hybrid Moora ve Fuzzy Algoritma ile özel eğitim ve rehabilitasyon merkezlerinin seçimi ile ilgili çalışma yapmışlardır[12].

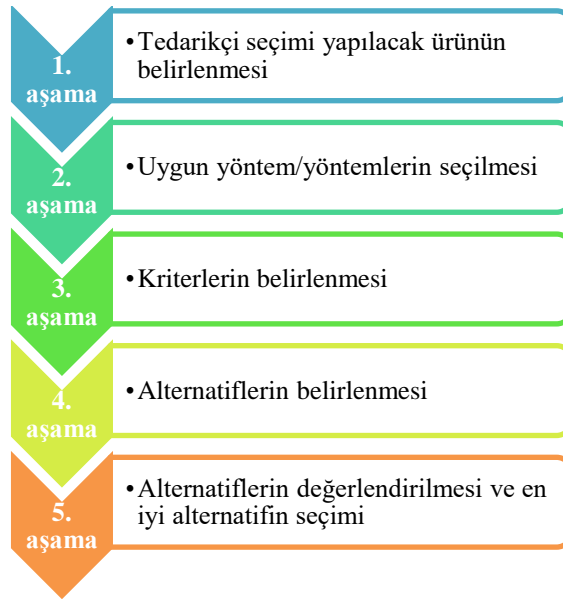
Özdağoğlu, çok kriterli karar verme modellerinde normalizasyon sonuçlarının sonuçlara etkisini Copras yöntemi ile araştırmıştır[13]. Uğur, inşaat müdürü seçimi için çok kriterli karar verme yöntemlerinden MOORA yaklaşımını kullanarak; hem Oran Analizi tabanlı hem de Referans Noktası Teorisi esaslı hesaplamalar yapmış ve elde edilen sıralamaları karşılaştırmıştır[14]. Uygurtürk, çalışmasında internet bankacılığı için belirlenen kriterleri bulanık MOORA yöntemi ile değerlendirmiş, çalışma sonucunda uygun internet şubesi seçilmiştir[15].

Aksoy ve diğerleri AHP temelli Multi-Moora ve Copras yöntemi ile Türkiye kömür işletmelerinin performans değerlendirilmesi üzerine çalışma gerçekleştirmişler, 7 kriter ve 8 kömür işletmesi belirleyerek performans değerlendirilmesi yapılmıştır[16]. Aydın çalışmasında tedarikçi seçim problemi için bulanık çok kriterli karar verme ve hedef programlama yöntemlerini kullanarak savunma sanayii için bir uygulama gerçekleştirmiştir[17].

3. Materyal ve Metot

Literatürde değinildiği gibi tedarikçi seçim problemiyle ilgili çok sayıda çalışma ve yöntem mevcuttur. Tedarikçi seçimiyle ilgili gerçekleştirilen ilk çalışmalarda tek bir ana kriterin işletmeler üzerine etkisi ele alınırken yeni nesil çalışmalarda; satın alma, kalite ve lojistik gibi birçok ana kriterin kullanıldığı görülmektedir. Tedarikçi seçimi çalışmalarında yoğun kullanılan çok kriterli karar verme yöntemleri kullanımı ile ilgili en yeni eğilim, herhangi bir yöntemden kaynaklanabilecek eksiklikleri gidermek için iki veya daha fazla yöntemin birleştirilerek kullanımına yöneliktir[18]. Bu nedenle tedarikçi seçim problemlerinde birçok farklı yöntemin birlikte kullanıldığı görülmektedir.

Bu çalışmada kriterlerin puanlandırılması ve ağırlıklandırılmasında bulanık-AHP'den faydalanılmış, daha sonra tedarikçilerin değerlendirilmesi ve seçimi kısmında MOORA, COPRAS ve Hedef Programlama kullanılarak seçim yapılmıştır. Çalışmada; MOORA yöntemi, problemdeki tüm amaçları dikkate alması, alternatif ve amaçlara bütünsel olarak yaklaşması ve diğer çok kriterli karar verme tekniklerine göre çözümünün daha basit olması açısından tercih edilmiştir. COPRAS yöntemi ise, hem maksimize hem de minimize edilmek istenen kriterlerin değerlendirilmesine imkan sağlaması, bazı çok kriterli karar verme tekniklerinde negatif değer dönüştürülmesi gerekirken bu yöntemde buna gereksinim duyulmaması ve hem nitel hem de nicel kriterleri değerlendirmeye izin vermesi bakımından çalışmaya dahil edilmiştir. Tüm bunlara ilaveten hedef programlamanın birden fazla amaca sahip modellerin çözümüne imkan sağlaması, çalışma sonucunda optimal sonuçlar vermesi ve birbiriyle zıt olan amaç fonksiyonlarının birlikte kullanılmasını sağlaması bir artı olarak düşünülmüştür.



Şekil 1. Tedarikçi değerlendirme ve seçim süreci

Ayrıca son yıllarda tedarikçi seçimi çalışmalarında tek bir yöntem kullanılması durumunda ortaya çıkabilecek eksikliklerin ortadan kaldırılması amacıyla iki veya daha fazla yöntemin birleştirilerek kullanımı da çalışmada çoklu teknik kullanımını teşvik eden bir durumdur. Metodoloji kapsamında önce tedarikçi değerlendirme, seçim sürecinde izlenen akış (karar verme süreci) Şekil 1'de gösterilmiş ve sonrasında çalışmada kullanılan yöntemler; Bulanık-AHP, MOORA, COPRAS ve Hedef Programla hakkında kısa bilgiler verilmiştir.

3.1. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Analitik Hiyerarşi Prosesi, literatürde yaygın kullanım bulmuş ve en iyi bilinen Çok Kriterli Karar Verme yaklaşımlarından biridir. Nitel ve nicel kriterlerin kullanımına uygun, anlaşılması ve uygulanması kolay bir yöntemdir. Karar verme sürecinde kişilerin tecrübe, bilgi ve sezgisini karara dâhil etmesine izin veren aynı zamanda ölçeklenebilir bir yöntemdir. Grup kararları için diğer yöntemlere göre daha uygundur[18, 19].

Fakat bazen karar verme durumundaki kişilerin düşüncelerini ifade etmede tam değerlerin kullanılması ve ikili karşılaştırma sürecindeki belirsizlik bakımından yetersizliği vurgulanmaktadır[20]. Bulanık AHP yöntemi tamda bu noktada kullanılabilen bir teknik olup, bulanık mantık ve AHP yöntemlerinin bir araya gelmesiyle oluşan melez bir yöntemdir. Bu bulanık yapı sayesinde karar vericilerin olumlu ve olumsuz bakış açıları hesaplamalara dahil edebilmektedir. Bu tür problemleri çözmek amacıyla kullanılan yöntemlerden biri de

Chang'in geliştirdiği Genişletilmiş Analiz Yöntemidir. Chang'in yönteminde, her bir ölçüt ve hedef için merteye analizi yapılarak, her bir ölçüt için merteye analiz değerleri elde edilir. Bu değer ve adımlar aşağıdaki şekilde gösterilir[21].

Adım 1; Ölçüt i'ye göre bulanık sentetik merteye değerinin elde edilmesi:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \times [\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j]^{-1} \tag{3.1}$$

Buradaki $\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$ değerini elde etmek amacıyla m merteye analiz değerine bulanık toplama işlemi uygulanıp, daha sonra vektörün tersi çevrilerek aşağıdaki eşitlik hesaplanır.

$$[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \tag{3.2}$$

Adım 2; $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ 'in olabilirlik derecesi şu şekilde tanımlanır;

$$V(M_2 \geq M_1) = \begin{cases} 1 & m_2 \geq m_1 \\ 0 & l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{diğer} \end{cases} \tag{3.3}$$

Olabilirlik dereceleri $V(M_2 \geq M_1)$ 'ler için matris oluşturulur.

Adım 3; Bir dışbükey bulanık sayı için k derece dışbükey bulanık sayılardan daha büyük olması olasılığı M_i aşağıdaki eşitlik ile tanımlanabilir. $i=1, 2, 3, \dots, k$

$$V(M \geq M_1, M_2, M_k) = v[M \geq M_1 \text{ ve } M \geq M_2 \text{ ve } M \geq M_k] = \min v M \geq M_i, i=1, 2, 3, \dots, k \tag{3.4}$$

Bu karşılaştırmalar sonucunda çıkan değerlerin minimumu $k=1, 2, \dots, n$; $k \neq i$ alınarak ($d'(A_i)$) hesaplanır. Bu işlem tüm satırlar için devam ettirilerek hesaplama yapılır. Daha sonra ağırlık vektörü aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \tag{3.5}$$

Burada A_i ($i=1,2,\dots,n$) n elemandan oluşmaktadır.

Adım 4; Normalleştirme uygulanarak, normalleştirilmiş ağırlık vektörü elde edilir. Burada W, bulanık olmayan bir sayıyı ifade etmektedir.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \tag{3.6}$$

Aşağıda Tablo 1'de İkili karşılaştırmaların yapılabilmesi amacıyla kullanılan bulanık sayılar görülmektedir.

Tablo 1. Chang yöntemine göre BAHF'de kullanılan ölçek/ikili karşılaştırma yapılırken kullanılan önem dereceleri [4, 9]

Sözel Önem Derecesi	Bulanık Ölçek	Karşılık Ölçek
Eşit Önemli	(1, 1, 1)	(1/1, 1/1, 1/1)
Daha Fazla Önemli	(1, 3, 5)	(1/5, 1/3, 1/1)
Kuvvetli Derecede Önemli	(3, 5, 7)	(1/7, 1/5, 1/3)
Çok Kuvvetli Derece Önemli	(5, 7, 9)	(1/9, 1/7, 1/5)
Tamamıyla Önemli	(7, 9, 9)	(1/9, 1/9, 1/7)

3.2. COPRAS Yöntemi (Complex Proportional Assessment/Karmaşık Oransal Değerlendirme)

COPRAS yöntemi, kriterlerin önem ve fayda ölçütlerini göz önünde bulundurarak alternatifleri sıralanması ve değerlendirilmesinde kullanılır. Çok kriterli karar vermede kullanılan yöntem, maksimum ve minimum kriter değerlerini kullanarak karmaşık kriterler ve çok sayıda alternatif içeren problemlere uygulanabilir. Bu özellikleri literatürde birçok farklı alanda uygulamasını mümkün kılmıştır. COPRAS yöntemine göre alternatiflerin önem ve önceliği oransal olarak sıralanması genellikle yedi adımda gerçekleşir.

Adım 1; X, başlangıç matrisinin oluşturulması. X_{ij} , i'inci alternatifin j'inci kriteridir. Alternatif sayısı, $i=1, \dots, m$; kriter sayısı, $j=1, \dots, n$ 'e kadardır.

$$X = [X_{ij}]_{m \times n} = \begin{matrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{matrix} \tag{3.7}$$

Adım 2; Normalleştirme işleminin gerçekleştirilmesi / D, normalleştirilmiş karar matrisinin oluşturulması. Normalleştirme, ele alınan alternatiflerin performanslarını karşılaştırabilmek için yapılır[2]. Normalleştirme için aşağıdaki formül kullanılır. Bu işlem sonucunda "D" karar matrisi elde edilir.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (3.8)$$

X_{ij} , i'inci alternatifin j'inci kritere göre performansını gösterirken, X_{ij}^* normalleştirilmiş değeri gösterir.

Adım 3; Ağırlıklandırılmış karar matrisi oluşturma; (3. 9) nolu eşitlik kullanılarak her bir kriter için belirlenen w_{ij} ağırlık değerleri kullanılarak d_{ij} denklemi oluşturulur. (w_j : j. değerlendirme kriterinin önem düzeyi; $j=1,2,\dots, n$). Sütunların bulanık AHP'de hesaplanan ağırlıklarla çarpılmasıyla elde edilir.

$$D=d_{ij}=x_{ij}^* \cdot w_j \quad w_j=\text{ağırlık} \quad (3.9)$$

Adım 4; Faydalı ve faydasız ölçütleri hesaplama; Faydalı ve faydasız ölçütlerden kasıt, faydalı ölçütün hedefe ulaşmada daha yüksek değerlere sahip olmayı ifade ederken, faydasız ölçütün hedefe ulaşmada daha düşük değere sahip olduğunu ifade etmesidir. Denklem (3. 10) ve (3. 11) kullanılarak faydalı ve faydasız ölçütler hesaplanır. Faydalı ölçüt, S_i^+ , faydasız ölçüt, S_i^- ile gösterilmiştir.

$$S_i^+ = \sum_{j=1}^k d_{ij} \quad j=1,2,\dots,k \text{ faydalı ölçütler} \quad (3.10)$$

$$S_i^- = \sum_{j=k+1}^n d_{ij} \quad i=k+1,k+2,\dots,n \text{ faydasız ölçütler} \quad (3.11)$$

Bu sayede, yapılan hesaplamalar ek olarak kontrol edilebilir.

Adım 5; Her alternatif için Q_i ile gösterilen göreceli önem derecelerinin hesaplanması; Gerçekleştirilen işlemler sonucu en yüksek önem değerine sahip olan alternatif performansı en yüksek alternatif olarak belirlenir. Her bir alternatif için Q_i değeri eşitlik (3. 12) numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanır.

$$Q_i = s_i^+ + \frac{\sum_{i=1}^m s_i^-}{s_i^- \cdot \sum_{i=1}^m \frac{1}{s_i^-}} \quad (3.12)$$

Adım 6; En yüksek göreceli Q_i (önem değeri) değeri bulunur. Böylece öncelikli alternatif belirlenmiş olur. Eşitlik (3. 13) numaralı denklem yardımıyla en yüksek göreceli değer hesaplanır.

$$Q_{max} = \text{en büyük } \{Q_i\} \quad \forall i=1,2,\dots,m \quad (3.13)$$

Adım 7; Her bir alternatif göz önünde bulundurularak P_i değeri hesaplanır; Alternatifler için performans indeksinin hesaplanmasına dayalıdır. P_i indeks değeri eşitlik (3. 14) yardımıyla hesaplanır.

$$P_{i=Q_{max}} = \frac{Q_i}{Q_{max}} \cdot 100\% \quad (3.14)$$

Yukarıda adımları açıklanan COPRAS yöntemi, alternatiflerin değerlendirilmesi ve en verimli olanın seçimi kolaylıkla uygulanabilmektedir[4, 9, 10, 16, 21].

3. 3. MOORA Yöntemi

Literatürde yeni olan MOORA yönteminin çözümü diğer çok kriterli karar verme yöntemlerine göre daha basittir. Yöntemin; Tam Çarpım Yöntemi, Referans Nokta Yaklaşımı, Oran Yöntemi ve Çoklu-MOORA olmak üzere dört versiyonu vardır. MOORA yöntemi problemdeki tüm amaçları dikkate alarak, alternatif ve amaçlara bütünsel olarak yaklaşır. Yöntemin ilk ve temel adımı standart karar matrisi oluşturmaya dayalıdır. Öncelikle alternatiflere ve kriterlere ait veriler kullanılarak bir karar matrisi oluşturulur. Matriste; i: alternatifi; j: kriter ya da ölçütü; m: toplam alternatif sayısını; n: toplam ölçüt ya da kriter sayısını ve x_{ij} : i. alternatifin j. ölçüt açısından performans ölçüm değerini göstermektedir[11].

3.3.1. MOORA-Oran Yöntemi

Oran yöntemi yaklaşımı, herhangi bir amaca yönelik alternatiflerin etkisinin karşılaştırılması durumunda ortaya çıkan performanstır/faydadır (performans/fayda; bu amaçla ilgili tüm alternatiflerin temsil edilebilmesi). Oran yöntemi yaklaşımının çözümünde X_{ij}^* değeri hesaplanmalıdır. X_{ij}^* değerini hesaplamada (3.15) numaralı formül kullanılır. Bu sayede normleştirme işlemi gerçekleştirilir.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (3.15)$$

x_{ij}^* , i. alternatifin j. amacına göre normleştirilmiş performans değerini göstermektedir. Bu değer 0,1 aralığında olabileceği gibi, -1,1 aralığında da olabilir. Bu sayede hazırlanan tabloda amaçlar maksimum veya minimum olarak belirlenir ve toplanırlar. Toplam maksimum amaç değerlerinden toplam minimum amaç değeri çıkartılır.

$j=1, 2, \dots, g$ maksimize edilecek amaçlar,

$j= g+1, g+2, \dots, n$ minimize edilecek amaçlar olacak şekilde i alternatifinin tüm amaçlar için normleştirilmiş hali (3. 16) yardımı ile hesaplanır. y_i^* 'ler sıralanarak işlem tamamlanır[6].

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n x_{ij}^* \quad (3.16)$$

3.3.2. Referans Nokta Yaklaşımı

Referans nokta yaklaşımında, oran yöntemine ilaveten her amaç için maksimum amaç referans noktaları (r_j) belirlenir. Bu referans noktaları eğer amaç, maksimize etmek ise maksimum noktalar, minimize etmek ise minimum noktalar. Eşitlik (3.17) kullanılarak, alternatiflerin her bir amaca (referans noktasına) olan uzaklıkları bulunur.

$$d_{ij} = |r_j - x_{ij}| \quad (3.17)$$

Alternatiflerin sıralamasında (3.18) numaralı eşitlik kullanılır. Böylece her alternatifin performansları bulunarak (P_i) alternatifler büyükten küçüğe sıralanması sağlanır. En yüksek performansa sahip alternatif en iyi seçenek olarak belirlenir.

$$P_i = \min_i (\max_j d_{ij}) \quad (3.18)$$

3.3.3. Tam Çarpım Yöntemi

Tam çarpım yöntemi, Brauers ve Zavadskas tarafından 2010 yılında geliştirmiştir. MOORA-Tam çarpım yönteminde aşağıdaki eşitlikler kullanılır.

$$U_i = A_i/B_i \quad (3.19)$$

$$A_i = \prod_{j=1}^g x_{ij} \quad (3.20)$$

m, alternatif sayısını, j maksimizasyon/fayda ölçütlerinin sayısını, ifade etmektedir ve $i=1, \dots, m$ 'ye kadardır.

$$B_i = \prod_{g+1}^i x_{ij} \quad (3.21)$$

Burada A_i maksimum olması amaçlanan tüm kriterlerde i. kriterin aldığı değerlerin çarpımı iken, B_i minimum olması amaçlanan tüm kriterlerde i kriterin aldığı değerlerin çarpımı demektir. U_i alternatiflerin aldığı değerleri göstermekte ve U_i değerleri büyükten küçüğe doğru sıralandığında birinci sıradaki alternatif en uygun alternatif olarak değerlendirilmektedir[6].

3.3.4. Çoklu-MOORA Yaklaşımı

Çoklu-MOORA yaklaşımında amaç; oran yöntemi, referans nokta yaklaşımı ve tam çarpım yönteminden elde edilen sonuçlar arasında baskın olanını belirlemeye yani öncelikli seçenekleri belirleyerek karar vericiye destek olmaya dayalıdır.

3. 4. Hedef Programlama Yöntemi

Hedef programlama, temeli doğrusal programlamaya dayanan çok amaçlı bir programlama yöntemidir. Bu yöntemde karar vericiler her bir amaç için ulaşmak istedikleri bir hedef değer belirler. Minimum sapmaya ulaşan çözüm, sonuç olarak belirlenir. Hedef programlamada amaç karar vericilerin belirlediği tüm kısıtları sağlayan ve mümkün olduğunca tüm hedeflere ulaşan bir çözüm bulmaya dayalıdır. Hedef programlama birçok farklı alanlarda kullanılan bir yöntemdir. Yöntem temelde bir amaç fonksiyonu ve kısıtlardan oluşmaktadır[22]. Aşağıda hedef programlama için genel formüller (3.22 - 3.24) görülmektedir.

Burada amaç fonksiyonu; Belirlenen hedeflerden d_i^+ ve d_i^- sapmaların minimize edilmesi ile ilgilidir[18].

$$\text{Min}Z = \sum_{i=1}^k (d_i^+ + d_i^-) \quad (3.22)$$

$$\sum_{j=1}^n k_{ij}y_j + d_i^+ + d_i^- = l_i \quad (3.23)$$

$$\text{Kısıtlar;} \quad (3.24)$$

$$d_i^+ + d_i^- = 0$$

$$x_j, d_i^+, d_i^- \geq 0$$

$$i=1, \dots, k \quad j=1, \dots, n$$

Değişkenler;

y_j ; j. Karar değişkeni

k_{ij} ; i. hedefin j. karar değişkeni katsayısı

l_i ; i. hedef için ulaşılmak istenen değer

d_i^+ ; i. hedefin pozitif sapması

d_i^- ; i. Hedefin negatif sapması

4. Uygulama

Tedarikçi değerlendirme ve seçim süreci kapsamında (Şekil 1) uygulama adımları gerçekleştirilmiştir. Çalışmada öncelikle işletmede üretilen ürünler uzmanlarca değerlendirilerek (işletme için stratejik olduğu düşünülen) 9 ürün belirlenmiş, seçilen 9 ürünün 2016 ve 2017 yıllarının 9 aylık üretim miktarları sistemden çekilmiştir. Bu ürünlerin toplam üretimdeki oran değerleri elde edilmiş, "a" ürününün en yüksek orana sahip ürün olduğu belirlenmiştir.

Kriterlerin puanlandırılması ve ağırlıklandırılması için bulanık AHP, tedarikçilerin değerlendirilmesi ve seçiminde MOORA, COPRAS ve Hedef Programlama kullanılmış, her yöntem için de ayrı ayrı hesaplamalar yapılmış ve çıkan sonuçlar karşılaştırılarak yorumlanmıştır. İşletme içindeki uzmanlar ve literatürden hareketle kriterler belirlenmiş (Tablo 2), "a" ürününün alt bileşenleri baz alınarak, kendi bileşenleri içindeki oran ve toplam alım içindeki oran yüzdeleri hesaplanmış ve satın alma mühendisi ile görüşülerek alternatif tedarikçiler belirlenmiştir. Alternatif tedarikçilerin değerlendirilerek en iyi tedarikçinin seçimi aşamasının alt süreci aşağıda adım adım ele alınmış ve çıkan sonuçlar yorumlanmıştır.

4.1. Bulanık-AHP Yöntemi ile Kriterlerin Puanlandırılması ve Ağırlıklandırılması

İşletme içindeki uzmanlar ve literatürden hareketle belirlenen kriterler, aşağıda Tablo 2’de görülebilir. Kriterler; satın alma, kalite ve lojistik olmak üzere üç ana grup ve toplam 15 alt kriterden oluşmaktadır.

Tablo 2. Kriter tablosu

Satın Alma	K1=Teklif Verme Hızı
	K2=Maliyet Analizli Çalışabilme Yeteneği
	K3=İşbirliği Yaklaşım Ve Hızı
	K4=Mevcut Ve Yeni Ürünlerde Tasarım Ve Geliştirme İle Uygulama Hızı
	K5=Yenilikleri Takip Etme, Üretim Ve Tasarım Yeteneklerine Yansıtma
Kalite	K6=Belgelendirme
	K7=PPM Puanı
	K8=Rapor Yoğunluğu
	K9=Kalite Takdir Puanı
	K10=Numune Performansı
Lojistik	K11=Servis İadesi
	K12=Sevkiyat Performansı
	K13=Hat Performansı
	K14=Ambalaj, Etiket, Nakliye Uygunluğu
	K15=Ulaşılabilirlik Ve İletişim Kolaylığı

Metodoloji içinde Tablo 1.’de verilen Bulanık ölçeklendirme puan tablosu[6] dikkate alınarak kriterler ağırlıklandırılmış, **Adım 1’**de satın alma, kalite, lojistik ve planlama bölümlerindeki uzmanlarca puanlandırılan kriterlerin aritmetik ortalaması alınarak Tablo 3.’de görülen ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 3. İkili karşılaştırma matrisi

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
K1	1	2,333	2,333	2,114	0,440	0,440	1,751	1,085	0,551	0,418	2,207	2,048	1,400	2,333	2,757
K2	0,430	1	1,667	1,844	0,511	0,511	2,407	1,790	0,219	0,440	3,370	2,933	2,111	1,667	4,111
K3	0,430	1,667	1	2,778	0,778	0,778	3,159	2,402	0,492	0,511	4,714	3,444	3,000	5,000	5,667
K4	0,145	0,214	0,267	1	0,418	0,418	3,000	3,000	1,674	0,429	3,370	0,418	0,181	3,667	3,400
K5	0,344	0,500	0,600	0,440	1	0,440	3,000	3,000	1,745	0,440	3,370	0,440	0,200	3,000	4,778
K6	0,356	0,444	0,444	0,444	0,511	1	3,000	2,400	0,554	2,400	0,511	0,778	0,333	0,333	0,333
K7	0,429	1,085	1,085	0,233	0,233	0,418	1	1,114	0,418	0,111	0,418	1,074	0,181	0,181	1,104
K8	0,467	1,751	1,751	0,200	0,200	0,439	1,844	1	0,219	0,219	0,440	1,742	0,200	0,200	1,125
K9	0,556	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511	2,778	1,844	0,181	0,181	1	2,407	0,778	0,333	2,933
K10	1,381	2,087	0,181	0,181	0,181	0,181	1,770	1,770	1,770	1,770	1,770	1,381	0,181	0,181	2,087
K11	0,233	0,214	0,244	0,200	0,333	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
K12	0,411	0,400	0,556	0,500	0,511	0,400	0,400	0,411	0,411	0,411	0,411	0,411	0,411	0,411	0,411
K13	1,667	1,085	1,085	0,145	0,145	0,145	1,192	1,192	0,111	0,111	0,111	2,048	0,145	0,145	1,811
K14	0,300	0,781	0,944	0,444	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
K15	0,433	0,511	0,556	0,556	0,500	0,500	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511
K1	1	0,430	0,430	0,145	0,145	0,145	0,429	0,429	0,429	0,429	0,429	0,429	0,429	0,429	0,429
K2	0,430	1	0,667	0,744	0,511	0,511	2,407	1,790	0,219	0,440	3,370	2,933	2,111	1,667	4,111
K3	0,430	0,667	1	1,333	0,778	0,778	3,159	2,402	0,492	0,511	4,714	3,444	3,000	5,000	5,667
K4	0,145	0,214	0,267	1	0,418	0,418	3,000	3,000	1,674	0,429	3,370	0,418	0,181	3,667	3,400
K5	0,344	0,500	0,600	0,440	1	0,440	3,000	3,000	1,745	0,440	3,370	0,440	0,200	3,000	4,778
K6	0,356	0,444	0,444	0,444	0,511	1	3,000	2,400	0,554	2,400	0,511	0,778	0,333	0,333	0,333
K7	0,429	1,085	1,085	0,233	0,233	0,418	1	1,114	0,418	0,111	0,418	1,074	0,181	0,181	1,104
K8	0,467	1,751	1,751	0,200	0,200	0,439	1,844	1	0,219	0,219	0,440	1,742	0,200	0,200	1,125
K9	0,556	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511	2,778	1,844	0,181	0,181	1	2,407	0,778	0,333	2,933
K10	1,381	2,087	0,181	0,181	0,181	0,181	1,770	1,770	1,770	1,770	1,770	1,381	0,181	0,181	2,087
K11	0,233	0,214	0,244	0,200	0,333	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
K12	0,411	0,400	0,556	0,500	0,511	0,400	0,400	0,411	0,411	0,411	0,411	0,411	0,411	0,411	0,411
K13	1,667	1,085	1,085	0,145	0,145	0,145	1,192	1,192	0,111	0,111	0,111	2,048	0,145	0,145	1,811
K14	0,300	0,781	0,944	0,444	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
K15	0,433	0,511	0,556	0,556	0,500	0,500	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511
K1	1	0,430	0,430	0,145	0,145	0,145	0,429	0,429	0,429	0,429	0,429	0,429	0,429	0,429	0,429
K2	0,430	1	0,667	0,744	0,511	0,511	2,407	1,790	0,219	0,440	3,370	2,933	2,111	1,667	4,111
K3	0,430	0,667	1	1,333	0,778	0,778	3,159	2,402	0,492	0,511	4,714	3,444	3,000	5,000	5,667
K4	0,145	0,214	0,267	1	0,418	0,418	3,000	3,000	1,674	0,429	3,370	0,418	0,181	3,667	3,400
K5	0,344	0,500	0,600	0,440	1	0,440	3,000	3,000	1,745	0,440	3,370	0,440	0,200	3,000	4,778
K6	0,356	0,444	0,444	0,444	0,511	1	3,000	2,400	0,554	2,400	0,511	0,778	0,333	0,333	0,333
K7	0,429	1,085	1,085	0,233	0,233	0,418	1	1,114	0,418	0,111	0,418	1,074	0,181	0,181	1,104
K8	0,467	1,751	1,751	0,200	0,200	0,439	1,844	1	0,219	0,219	0,440	1,742	0,200	0,200	1,125
K9	0,556	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511	2,778	1,844	0,181	0,181	1	2,407	0,778	0,333	2,933
K10	1,381	2,087	0,181	0,181	0,181	0,181	1,770	1,770	1,770	1,770	1,770	1,381	0,181	0,181	2,087
K11	0,233	0,214	0,244	0,200	0,333	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
K12	0,411	0,400	0,556	0,500	0,511	0,400	0,400	0,411	0,411	0,411	0,411	0,411	0,411	0,411	0,411
K13	1,667	1,085	1,085	0,145	0,145	0,145	1,192	1,192	0,111	0,111	0,111	2,048	0,145	0,145	1,811
K14	0,300	0,781	0,944	0,444	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
K15	0,433	0,511	0,556	0,556	0,500	0,500	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511

Adım 2’de kriterlerin sentetik değerleri (3. 1 ve 3.2) numaralı eşitliğe göre hesaplanmış ve Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Sentetik değerler tablosu

Kriterler	l	m	u
K1	0,028	0,055	0,113
K2	0,036	0,068	0,132
K3	0,019	0,041	0,086
K4	0,024	0,049	0,100
K5	0,020	0,040	0,083
K6	0,046	0,088	0,167
K7	0,028	0,055	0,110
K8	0,035	0,066	0,130
K9	0,073	0,130	0,223
K10	0,047	0,091	0,175
K11	0,036	0,065	0,120
K12	0,044	0,087	0,167
K13	0,045	0,091	0,178
K14	0,022	0,044	0,090
K15	0,013	0,029	0,063

Adım 3'de (3. 3) numaralı formülle kriter ağırlıkları hesaplanmış ve Tablo 5'de verilmiştir.

Ağırlıklar bulunurken her kriter için minimum değer seçilmiş, seçilen minimum değeri toplam min. değerine bölünerek her kriter için ağırlıklar hesaplanmıştır.

Tablo 5. Kriter ağırlıkları hesaplama

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	MİN	AĞIRLIK
K1		0,863	1,000	1,000	1,000	0,671	1,000	0,876	0,345	0,649	0,888	0,690	0,656	1,000	1,000	0,345	0,053
K2	1,000		1,000	1,000	1,000	0,808	1,000	1,000	0,483	0,784	1,000	0,824	0,789	1,000	1,000	0,483	0,074
K3	0,799	0,652		0,887	1,000	0,458	0,799	0,667	0,126	0,438	0,672	0,483	0,450	0,950	1,000	0,126	0,019
K4	0,914	0,772	1,000		1,000	0,577	0,914	0,786	0,247	0,556	0,795	0,599	0,565	1,000	1,000	0,247	0,038
K5	0,782	0,632	0,989	0,873		0,434	0,782	0,647	0,097	0,414	0,651	0,460	0,427	0,937	1,000	0,097	0,015
K6	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		1,000	1,000	0,688	0,976	1,000	1,000	0,977	1,000	1,000	0,688	0,106
K7	0,999	0,857	1,000	1,000	1,000	0,660		0,871	0,326	0,637	0,883	0,680	0,645	1,000	1,000	0,326	0,050
K8	1,000	0,987	1,000	1,000	1,000	0,794	1,000		0,468	0,771	1,000	0,811	0,775	1,000	1,000	0,468	0,072
K9	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,154
K10	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,722		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,722	0,111
K11	1,000	0,970	1,000	1,000	1,000	0,763	1,000	0,985	0,418	0,738		0,782	0,744	1,000	1,000	0,418	0,064
K12	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,987	1,000	1,000	0,680	0,963	1,000		0,965	1,000	1,000	0,680	0,105
K13	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,727	0,999	1,000	1,000		1,000	1,000	0,727	0,112
K14	0,845	0,695	1,000	0,936	1,000	0,496	0,845	0,711	0,158	0,475	0,717	0,520	0,486		1,000	0,158	0,024
K15	0,568	0,411	0,786	0,661	0,793	0,217	0,568	0,427	0,000	0,202	0,422	0,250	0,220	0,728		0,000	0,000
TOPLAM																6,484	1,000

Adım 4'de normalleştirme uygulanmış, normalleştirilmiş ağırlık vektörü elde edilmiştir. Yukarıda Tablo 5'de her bir kriterin ağırlığı son sütun da/AĞIRLIK başlığı altında görülmektedir. Bu adımda (3. 6) numaralı eşitlik kullanılmıştır. Bulanık AHP'nin adımları tamamlandıktan sonra, uzman kişilerce tedarikçilerin kriterlere göre puanlandırılması gerçekleştirilmiş, tedarikçi puanlandırma matrisi hazırlanmış ve Tablo 6'da verilmiştir. Satın alma tarafından belirlenen 5 tedarikçi arasında en iyisinin seçilmesi amacıyla tedarikçiler kriterlere göre 1'den 5'e kadar puanlandırılmıştır. Belirlenen tedarikçiler; T1, T2, T3, T4 ve T5 olarak gösterilmiştir.

Tablo 6. Tedarikçi puanlandırma matrisi

Kriterler	T1	T2	T3	T4	T5
K1	3,000	3,000	4,000	1,000	4,000
K2	5,000	4,000	4,000	2,000	3,000
K3	4,000	4,000	4,000	1,000	4,000
K4	5,000	4,000	5,000	2,000	4,000
K5	5,000	4,000	5,000	2,000	3,000
K6	5,000	3,000	4,000	1,000	2,000
K7	4,000	4,000	4,000	1,000	3,000
K8	4,000	3,000	1,000	2,000	2,000
K9	5,000	5,000	4,000	1,000	4,000
K10	3,000	4,000	4,000	1,000	5,000
K11	4,000	1,000	3,000	3,000	4,000
K12	4,000	4,000	4,000	2,000	5,000
K13	5,000	5,000	5,000	2,000	5,000
K14	4,000	4,000	4,000	3,000	3,000
K15	4,000	4,000	4,000	3,000	4,000

4.2. COPRAS Yönteminin Uygulanması

Adım 1; Başlangıç matrisinin oluşturulması. Metodoloji kısmında (3.7)'de verilen bakış açısı ve Tablo 6 başlangıç matrisi olarak kullanılmıştır.

Adım 2; Normalizasyon işlemi (3.8) numaralı eşitlik kullanılarak gerçekleştirilmiş ve aşağıda Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7. Normalizasyon işlemi sonuç tablosu

	T1	T2	T3	T4	T5
K1	0,200	0,200	0,267	0,067	0,267
K2	0,278	0,222	0,222	0,111	0,167
K3	0,235	0,235	0,235	0,059	0,235
K4	0,250	0,200	0,250	0,100	0,200
K5	0,263	0,211	0,263	0,105	0,158
K6	0,333	0,200	0,267	0,067	0,133
K7	0,250	0,250	0,250	0,063	0,188
K8	0,333	0,250	0,083	0,167	0,167
K9	0,263	0,263	0,211	0,053	0,211
K10	0,176	0,235	0,235	0,059	0,294
K11	0,267	0,067	0,200	0,200	0,267
K12	0,211	0,211	0,211	0,105	0,263
K13	0,227	0,227	0,227	0,091	0,227
K14	0,222	0,222	0,222	0,167	0,167
K15	0,211	0,211	0,211	0,158	0,211

Adım 3; Ağırlıklandırılmış normalizasyon (3. 9) numaralı eşitlik kullanılarak, sütunların bulanık AHP ile elde edilen ağırlıklarla çarpılmasıyla hesaplanır. Bu değerler Tablo 8'de görülmektedir.

Tablo 8. Ağırlıklandırılmış normalizasyon

	T1	T2	T3	T4	T5	
K1	0,011	0,011	0,014	0,004	0,014	max
K2	0,021	0,016	0,016	0,008	0,012	max
K3	0,004	0,004	0,004	0,001	0,004	max
K4	0,010	0,008	0,010	0,004	0,008	max
K5	0,004	0,003	0,004	0,002	0,002	max
K6	0,035	0,021	0,028	0,007	0,014	max
K7	0,013	0,013	0,013	0,003	0,009	max
K8	0,024	0,018	0,006	0,012	0,012	max
K9	0,041	0,041	0,032	0,008	0,032	max
K10	0,020	0,026	0,026	0,007	0,033	max
K11	0,017	0,004	0,013	0,013	0,017	min
K12	0,022	0,022	0,022	0,011	0,028	max
K13	0,025	0,025	0,025	0,010	0,025	max
K14	0,005	0,005	0,005	0,004	0,004	max
K15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	max
TOPLAM	0,251	0,218	0,219	0,093	0,216	

Adım 4;Faydalı ve faydasız ölçütler (3. 10 ve 3. 11), Adım 5'deki göreceli önem derecelerinin hesaplanması (3.12), Adım 6'da en yüksek göreceli Q_i değeri bulunması (3.13) ve Adım 7'de P_i değeri (3.14) kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 9'da elde edilen değerler gösterilmiştir. Burada, Sıralama sütununda tedarikçilerin performans sıralaması görülebilir.

Tablo 9 Tedarikçiler için S_j^+ , S_j^- , $1/S_j^-$, Q_i , P_i değerleri

	S_j^+	S_j^-	$1/S_j^-$	Q_i	P_i	Sıralama
T1	0,234	0,017	58,594	0,241	99,280	2
T2	0,214	0,004	234,375	0,243	100,000	1
T3	0,207	0,013	78,125	0,217	89,093	3
T4	0,080	0,013	78,125	0,090	37,095	5
T5	0,199	0,017	58,594	0,206	84,737	4
Toplam		0,064	507,813			

4. 3. MOORA Yöntemlerinin Uygulanması

Çok kriterli karar verme yöntemleri arasında yeni bir yöntem sayılan MOORA yöntemi; Tam çarpım, Referans nokta yaklaşımı, Oran ve bunların sonuçlarını sentezleyen Çoklu MOORA olmak üzere 4 farklı yöntemden oluşmaktadır. MOORA yöntemi içindeki farklılıkları sentezleyen çoklu-MOORA analizi, karar vericiye baskın karakterin bulunması konusunda yardımcı olur.

4.3.1. Oran Yöntemi

Adım 1; Başlangıç matrisinin oluşturulması amacıyla daha önce uzmanlarca tedarikçilerin puanlandırılması ile oluşturulan Tablo 6 kullanılır.

Adım 2; Karar Matrisinin Normalleştirilmesi (3.15) numaralı eşitlik kullanılarak gerçekleştirilir. Tablo 10'da normalleştirilmiş matris değerleri görülmektedir.

Tablo 10. Normalleştirilmiş sonuç matrisi

	T1	T2	T3	T4	T5
K1	0,420	0,420	0,560	0,140	0,560
K2	0,598	0,478	0,478	0,239	0,359
K3	0,496	0,496	0,496	0,124	0,496
K4	0,539	0,431	0,539	0,216	0,431
K5	0,563	0,450	0,563	0,225	0,338
K6	0,674	0,405	0,539	0,135	0,270
K7	0,525	0,525	0,525	0,131	0,394
K8	0,686	0,514	0,171	0,343	0,343
K9	0,549	0,549	0,439	0,110	0,439
K10	0,367	0,489	0,489	0,122	0,611
K11	0,560	0,140	0,420	0,420	0,560
K12	0,456	0,456	0,456	0,228	0,570
K13	0,490	0,490	0,490	0,196	0,490
K14	0,492	0,492	0,492	0,369	0,369
K15	0,468	0,468	0,468	0,351	0,468

Adım 3; Ağırlıklandırılmış normalizasyonun elde edilmesi için Bulanık AHP ile elde edilen ağırlıklar normalizasyon sonuç matrisiyle çarpılarak ağırlıklandırılmış normalizasyon matrisi elde edilir. Bu adımın sonucu Tablo 11’de görülebilir.

Tablo 11. Ağırlıklandırılmış Normalizasyon Matrisi

	T1	T2	T3	T4	T5
K1	0,022	0,022	0,030	0,007	0,030
K2	0,044	0,035	0,035	0,018	0,027
K3	0,009	0,009	0,009	0,002	0,009
K4	0,020	0,016	0,020	0,008	0,016
K5	0,008	0,007	0,008	0,003	0,005
K6	0,071	0,043	0,057	0,014	0,029
K7	0,026	0,026	0,026	0,007	0,020
K8	0,049	0,037	0,012	0,025	0,025
K9	0,085	0,085	0,068	0,017	0,068
K10	0,041	0,054	0,054	0,014	0,068
K11	0,036	0,009	0,027	0,027	0,036
K12	0,048	0,048	0,048	0,024	0,060
K13	0,055	0,055	0,055	0,022	0,055
K14	0,012	0,012	0,012	0,009	0,009
K15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Adım 4; Tedarikçilerin sıralanması amacıyla (3.16) nolu eşitlik kullanılarak Tablo 12 elde edilir. Tabloda tedarikçilerin sıralaması görülebilir.

Tablo 12. Tedarikçi sıralanması

Tedarikçi	y*	Oran
T1	0,456	1
T2	0,441	2
T3	0,409	3
T4	0,143	5
T5	0,383	4

4.3.2. Referans Nokta Yaklaşımı

Adım 1; Başlangıç matrisinin oluşturulması amacıyla Tablo 6 kullanılır (oran yönteminde kullanılan başlangıç matrisi).

Adım 2; Normalizasyon işlemi sonucu, oran yöntemindeki Tablo 10 ile aynıdır.

Adım 3; Bu adımda oran metodunda olduğu gibidir ve Tablo 11 kullanılır.

Adım 4; Kriterlerin referans değerinin elde edilmesi işlemi minimum, maksimum yöntemine göre belirlenir. Kriter maximizasyon amaçlı ise kriterin aldığı değerlerden en yüksek olanı referans değeri olarak belirlenir. Kriter minimizasyon amaçlı ise kriterin aldığı değerlerden en küçük olanı referans değeri olarak belirlenir. Bu aşama sonucunda Tablo 13 oluşturulmuştur.

Tablo 13. Referans Değeri Tablosu

	T1	T2	T3	T4	T5	Referans	
K1	0,022	0,022	0,030	0,007	0,030	0,030	max
K2	0,044	0,035	0,035	0,018	0,027	0,044	max
K3	0,009	0,009	0,009	0,002	0,009	0,009	max
K4	0,020	0,016	0,020	0,008	0,016	0,020	max
K5	0,008	0,007	0,008	0,003	0,005	0,008	max
K6	0,071	0,043	0,057	0,014	0,029	0,071	max
K7	0,026	0,026	0,026	0,007	0,020	0,026	max
K8	0,049	0,037	0,012	0,025	0,025	0,049	max
K9	0,085	0,085	0,068	0,017	0,068	0,085	max
K10	0,041	0,054	0,054	0,014	0,068	0,068	max
K11	0,036	0,009	0,027	0,027	0,036	0,009	min
K12	0,048	0,048	0,048	0,024	0,060	0,060	max
K13	0,055	0,055	0,055	0,022	0,055	0,055	max
K14	0,012	0,012	0,012	0,009	0,009	0,012	max
K15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	max

Adım 5; Kriterlerin referans noktasına uzaklıkları (3.17) numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 14’de bu değerler verilmiştir.

Tablo 14. Referans noktası matrisi hesaplama

	T1	T2	T3	T4	T5
K1	0,007	0,007	0,000	0,022	0,000
K2	0,000	0,009	0,009	0,027	0,018
K3	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000
K4	0,000	0,004	0,000	0,012	0,004
K5	0,000	0,002	0,000	0,005	0,003
K6	0,000	0,029	0,014	0,057	0,043
K7	0,000	0,000	0,000	0,020	0,007
K8	0,000	0,012	0,037	0,025	0,025
K9	0,000	0,000	0,017	0,068	0,017
K10	0,027	0,014	0,014	0,054	0,000
K11	0,027	0,000	0,018	0,018	0,027
K12	0,012	0,012	0,012	0,036	0,000
K13	0,000	0,000	0,000	0,033	0,000
K14	0,000	0,000	0,000	0,003	0,003
K15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Adım 6; Tedarikçilerin sıralanması, (3.18) numaralı eşitlik kullanılarak elde edilmiş ve sonuç Tablo 15’de gösterilmiştir. Tabloda tedarikçilerin sıralaması görülebilir.

Tablo 15. Tedarikçi sıralanması

	T1	T2	T3	T4	T5
max	0,027	0,029	0,037	0,068	0,043
min sıralama	1	2	3	5	4

4.3.3. Tam Çarpım Yöntemi

Adım 1; Başlangıç matrisinin oluşturulması aşamasında Tablo 6 kullanılmıştır.

Adım 2; U_i değerlerinin bulunması amacıyla (3.19, 3.20 ve 3.21) numaralı eşitlikler kullanılmış ve elde edilen değerler Tablo 16’da verilmiştir.

Tablo 16. U_i değerlerinin hesaplanması

	T1	T2	T3	T4	T5	
K1	3,000	3,000	4,000	1,000	4,000	max
K2	5,000	4,000	4,000	2,000	3,000	max
F1:K1XK2	15,000	12,000	16,000	2,000	12,000	
K3	4,000	4,000	4,000	1,000	4,000	max
F2:F1XK3	60,000	48,000	64,000	2,000	48,000	
K4	5,000	4,000	5,000	2,000	4,000	max
F3:F2XK4	300,000	192,000	320,000	4,000	192,000	
K5	5,000	4,000	5,000	2,000	3,000	max
F4:F3XK5	1500,000	768,000	1600,000	8,000	576,000	
K6	5,000	3,000	4,000	1,000	2,000	max
F5:F4XK6	7500,000	2304,000	6400,000	8,000	1152,000	
K7	4,000	4,000	4,000	1,000	3,000	max
F6:F5XK7	30000,000	9216,000	25600,000	8,000	3456,000	
K8	4,000	3,000	1,000	2,000	2,000	max
F7:F6XK8	120000,000	27648,000	25600,000	16,000	6912,000	
K9	5,000	5,000	4,000	1,000	4,000	max
F8:F7XK9	600000,000	138240,000	102400,000	16,000	27648,000	
K10	3,000	4,000	4,000	1,000	5,000	max
F9:F8*K10	1800000,000	552960,000	409600,000	16,000	138240,000	
K11	4,000	1,000	3,000	3,000	4,000	min
F10:F9/K11	450000,000	552960,000	136533,333	5,333	34560,000	
K12	4,000	4,000	4,000	2,000	5,000	max
F11:F10*K12	1800000,000	2211840,000	546133,333	10,667	172800,000	
K13	5,000	5,000	5,000	2,000	5,000	max
F12:F11*K13	9000000,000	11059200,000	2730666,667	21,333	864000,000	
K14	4,000	4,000	4,000	3,000	3,000	max
F13:F12*K14	36000000,000	44236800,000	10922666,667	64,000	2592000,000	
K15	4,000	4,000	4,000	3,000	4,000	max
F14:F13*K15	144000000,000	176947200,000	43690666,667	192,000	10368000,000	

Adım 3: Tedarikçilerin sıralanması, Tablo 16’den elde edilen sonuca göre gerçekleştirilmiş ve Tablo 17’de verilmiştir. Tablo 17’de tedarikçilerin sıralaması görülebilir.

Tablo 17. Tedarikçi sıralanması

	T1	T2	T3	T4	T5
Değer	144000000	176947200	43690666,67	192	10368000
Sıralama	2	1	3	5	4

4.3.4. Çoklu-MOORA Yaklaşımı

Oran, tam çarpım yöntemi, referans nokta yaklaşımı sonuçları değerlendirilerek, her bir yöntem sonucunda ortaya çıkan sıralamalardan baskınlık durumu göz önüne alınarak sıralama yapılır. Bu sıralamanın sonucu Tablo 18’de verilmiştir. Baskınlık durumları değerlendirildiğinde en iyi tedarikçinin T1 olduğu ve sıralamanın T2, T3, T5, T4 şeklinde devam ettiği görülebilir.

Tablo 18. Multi-Moora analizi tablosu

	Oran Yön.	Referans Nokta Yaklaşımı	Tam Çarpım Yön.	Çoklu-MOORA
T1	1	1	2	1
T2	2	2	1	2
T3	3	3	3	3
T4	5	5	5	5
T5	4	4	4	4

4. 4. Hedef Programlama Yönteminin Uygulanması

Aşağıda çözüm aşamasında kullanılacak olan parametreler, değişkenler ve kısıtlar tanımlanmıştır. Problemin çözümünde LINGO 15 yazılımı kullanılmıştır. Parametre olarak tedarikçiler; $T1=x_1$, $T2=x_2$, $T3=x_3$, $T4=x_4$ ve $T5=x_5$ olarak, Kısıtlar; $K1=d_1$, $K2=d_2$, $K3=d_3$, $K4=d_4$, $K5=d_5$, $K6=d_6$, $K7=d_7$, $K8=d_8$, $K9=d_9$, $K10=d_{10}$, $K11=d_{11}$, $K12=d_{12}$, $K13=d_{13}$, $K14=d_{14}$ ve $K15=d_{15}$ olarak tanımlanmıştır.

Karar değişkenleri; d_i^+ : i. hedefin pozitif sapması ve d_i^- : i. hedefin negatif sapması olarak belirlenmiştir.

Matematiksel Modelde, Bulanık AHP’den elde edilen ağırlıklar amaç fonksiyonuna dahil edilmiştir.

$$\min=0.053*d_1^++0.074*d_2^++0.019*d_3^++0.038*d_4^++0.015*d_5^++0.106*d_6^++0.050*d_7^++0.072*d_8^++0.154*d_9^++0.111*d_{10}^++0.064*d_{11}^++0.105*d_{12}^++0.112*d_{13}^++0.024*d_{14}^++0.000*d_{15}^-;$$

Maksimizasyon amaçlı kriterler için belirlenen hedef 5 olarak alınırken, minimizasyon amaçlı hedefler için belirlenen hedef 1 olarak kabul edilmiştir. Buna göre oluşturulan modele her bir kısıt (kriter) dahil edilmiştir. Aşağıda 1. Kısıt için ayrıntı verilmiştir. Diğer kısıtlarda

burada gösterildiği şekilde hesaplanmıştır. Burada tedarikçileri simgeleyen x_1, x_2, x_3, x_4 ve x_5 'in önündeki çarpan değerler tedarikçi puanlandırma matrisinden (Tablo 6'dan) elde edilen değerlerdir.

1. Teklif verme hızı kısıtı: Tedarikçi puanlaması yapılırken oluşturulan matristen elde edilen katsayılarla oluşturulmuştur. Maxmizasyonu sağlayan kısıt olduğu için belirlenen hedef 5'dir

$$\begin{aligned}
 &3x_1+3x_2+4x_3+1x_4+4x_5-d1^++d1^-=5.000; \\
 &5x_1+4x_2+4x_3+2x_4+3x_5-d2^++d2^-=5.000; \\
 &4x_1+4x_2+4x_3+1x_4+4x_5-d3^++d3^-=5.000; \\
 &5x_1+4x_2+5x_3+2x_4+4x_5-d4^++d4^-=5.000; \\
 &5x_1+4x_2+5x_3+2x_4+3x_5-d5^++d5^-=5.000; \\
 &5x_1+3x_2+4x_3+1x_4+2x_5-d6^++d6^-=5.000; \\
 &4x_1+4x_2+4x_3+1x_4+3x_5-d7^++d7^-=5.000; \\
 &4x_1+3x_2+1x_3+2x_4+2x_5-d8^++d8^-=5.000; \\
 &5x_1+5x_2+4x_3+1x_4+4x_5-d9^++d9^-=5.000; \\
 &3x_1+4x_2+4x_3+1x_4+5x_5-d10^++d10^-=5.000; \\
 &4x_1+1x_2+3x_3+3x_4+4x_5-d11^++d11^-=1.000; \\
 &4x_1+4x_2+4x_3+2x_4+5x_5-d12^++d12^-=5.000; \\
 &5x_1+5x_2+5x_3+2x_4+5x_5-d13^++d13^-=5.000; \\
 &4x_1+4x_2+4x_3+3x_4+3x_5-d14^++d14^-=5.000; \\
 &4x_1+4x_2+4x_3+3x_4+4x_5-d15PLUS+d15MINUS=5.000; \\
 &x_1+x_2+x_3+x_4+x_5=1; \\
 &d1^+ \geq 0; \\
 &d1^- \geq 0; \\
 &d2^+ \geq 0; \\
 &d2^- \geq 0; \\
 &d3^+ \geq 0; \\
 &d3^- \geq 0; \\
 &d4^+ \geq 0; \\
 &d4^- \geq 0; \\
 &d5^+ \geq 0; \\
 &d5^- \geq 0; \\
 &d6^+ \geq 0; \\
 &d6^- \geq 0; \\
 &d7^+ \geq 0; \\
 &d7^- \geq 0; \\
 &d8^+ \geq 0; \\
 &d8^- \geq 0; \\
 &d9^+ \geq 0; \\
 &d9^- \geq 0; \\
 &d10^+ \geq 0; \\
 &d10^- \geq 0; \\
 &d11^+ \geq 0; \\
 &d11^- \geq 0; \\
 &d12^+ \geq 0; \\
 &d12^- \geq 0; \\
 &d13^+ \geq 0; \\
 &d13^- \geq 0; \\
 &d14^+ \geq 0; \\
 &d14^- \geq 0; \\
 &d15^+ \geq 0; \\
 &d15^- > 0;
 \end{aligned}$$

$xi \in \{0,1\}$

Modelin Lingo'da çözümü sonucunda x_1 'in en iyi tedarikçi olduğu sonucuna varılmıştır.

4. Sonuç

Müşteri isteklerinin hızlı değiştiği rekabet ortamında, işletmelerin varlıklarını sürdürebilmek için başarımlarını artırmaları bir zorunluluk haline gelmiştir. Başarım artırmada en önemli bileşenlerden biri de işletmelerin sahip olduğu tedarik zincirleridir. Bu sebeple tedarik zincirini oluşturan unsurların başarısı, doğrudan işletmelerin başarısını etkilemektedir. Tedarik zincirinin en önemli halkalarından biri olan tedarikçilerin seçimi de, dinamik süreçler ve artan tedarikçi sayısı nedeniyle önemli bir karar problemi haline gelmiştir. Çünkü doğru tedarikçi seçimi, işletmelerin rekabet yeteneğini artırma ve maliyetleri azaltmada, önemli bir etkiye sahiptir. Bu bağlamda da tedarikçi seçimi yapılırken işletmelerin doğru kriterleri kullanması, problemlerini net bir şekilde ifade etmesi ve kişiye bağlı, sezgiye dayalı yöntemler yerine bilimsel yöntemlerden faydalanması önemlidir.

Bu amaçla çalışmada mevcut bir karar problemini çözmek için, çok kriterli karar verme tekniklerinden bulanık-AHP, MOORA, COPRAS ve hedef programlama yöntemleri kullanılmıştır. Traktör üretimi yapan bir işletmede önce tedarikçileri değerlendirmede kullanılacak kriterler belirlenerek, bunların önem seviyeleri (ağırlıkları) bulanık AHP ile tespit edilmiştir. Bir sonraki adımda da işletmedeki uzmanlarla belirlenen alternatif tedarikçiler MOORA yöntemleri, COPRAS ve Hedef programlama kullanılarak değerlendirilmiştir.

Kaynakça

- [1] Dragan, S., Kovačević, I., Simić, S., “50 Years of Fuzzy Set Theory and Models for Supplier Assessment and Selection: A Literature Review”, Journal of Applied Logic, Volume 24, November 2017, 85-96.
- [2] Lu, D., “Fundamentals of Supply Chain Management”, Ventus Publishing, 2011, ISBN 978-87-7681-798-5.
- [3] Dickson, G. W., “An Analysis of Vendor Selection System and Decisions”, J. Purch. 2 (1) (1966) 5–17.
- [4] Madic, M., Markovic, D., Petrovic, G., Radovanovic, M., “Application of Copras Method for Supplier Selection”, The Fifth International Conference Transport and Logistics, 2014.
- [5] Pak, N., “Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Mobilya Sektöründe Tedarikçi Seçimi”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2015.
- [6] Ergül, Ö., “Gri İlişkisel Analiz ve MOORA Yöntemleriyle Tedarikçi Seçimi ve Bir İşletmede Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2015.
- [7] Tayyar, N., “Pet Şişe Tedarikçisi Seçiminde Bulanık AHP ve Bulanık TOPSİS Yaklaşımı”, Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 17, 351-371, 2012.
- [8] Durmaz E.B, Akagündüz, E., Şahin R., “Tedarikçi Seçim Probleminde Hedef Programlama ve MOORA Yöntemi: Uygulama Çalışması”, Gazi Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 19/3, 1021-1044, 2017.
- [9] Çakır, E., Kutlu Karabıyık, B., “Bütünleşik SWARA - COPRAS Yöntemi Kullanarak Bulut Depolama Hizmet Sağlayıcılarının Değerlendirilmesi” Bilişim Teknolojileri Dergisi, Cilt: 10, Sayı: 4, Ekim 2017.
- [10] Ömürbek, N., Eren, H., “Promethee, Moora ve Copras Yöntemleri ile Oran Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi: Bir Uygulama” Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt: 8, Sayı: 16, Eylül 2016, S.174-187.
- [11] Kundakçı, N., “Combined Multi-Criteria Decision Making Approach Based on MACBETH and Multi-MOORA Methods”, Dergipark, 4(1), 017-026, 2016.
- [12] Ozelik, G., Aydoğan, E. K., Gencer, C., “A Hybrid Moora-Fuzzy Algorithm for Special Education and Rehabilitation Center Selection”, Journal of Military and Information Science, Volume: 2, P: 53-62, 2014.
- [13] Özdağoğlu, A., “Çok Ölçütlü Karar Verme Modellerinde Normalizasyon Tekniklerinin Sonuçlara Etkisi: Copras Örneği”, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİFF Dergisi, 8(2), 229-252, 2013.
- [14] Uğur, L.O., “MOORA Optimizasyon Yaklaşımı ile İnşaat Proje Müdürü Seçimi: Çok Kriterli bir Karar Verme Uygulaması”, Politeknik dergisi, 20(3), 717-723, 2017.
- [15] Uygurtürk, H., “Bankaların İnternet Şubelerinin Bulanık Moora Yöntemi ile Değerlendirilmesi”, Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi, Cilt 11, Sayı 25, 2015.
- [16] Aksoy E., Ömürberk, N., Karaatlı, M., “AHP Temelli Multimooora ve COPRAS Yöntemi ile Türkiye Kömür İşletmeleri'nin Performans Değerlendirmesi”, Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 33, 1-28, 2015.
- [17] Aydın, Y., “Tedarikçi Seçim Probleminin Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme ve Hedef Programla Yöntemleri ile Çözümü: Savunma Sanayisinde bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, 2017.
- [18] Velasquez, M.; Hester, P. T., “An Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methods” International Journal of Operations Research Vol. 10, No. 2, 56-66 (2013).
- [19] Saaty R.W., “The Analytic Hierarchy process-what it is and how it is used”, Mathematical Modelling, Vol 9, Issue 3-5, 1987, pp 161-176.
- [20] Saaty T.L., “Decision Making with the Analytic Hierarchy Process,” Int. J. Serv. Sci., Vol. 1, No. 1, pp. 83–98, 2008.
- [21] Ajalli, M., Azimi, H., Balani, A. M., Rezaei, M., “Application of Fuzzy AHP and COPRAS to Solve the Supplier Selection Problems”, Vol 6, No 3 (2017), International Journal of Supply Chain Management (IJSCM).
- [22] Alağaç, H. M., Mermi, Ö. S., Kızıltaş, Ş., Eren, T., Hamurcu, M., “Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Hedef Programlama Yöntemi ile Reklam Stratejisi Seçimi: Mobilya Firması Örneği”, Published in 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science 29-30 September 2017.