

Yüklenici Değerlendirme Sürecinde Aralıklı Tip-2 Bulanık Topsis Yöntemi Uygulaması: Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerde (Kobi'ler) Bir Örnek Olay Çalışması

 AHMET ÇALIK ^a

Geliş Tarihi: 12.09.2018 | Kabul Tarihi: 30.04.2019

Öz: Bu çalışma, Küçük ve Orta Ölçekli İşletme (KOBİ)lerde en uygun yüklenicileri seçmede yardımcı olacak Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) çerçevesi geliştirmeyi amaçlamaktadır. Önerilen çerçeve, TOPSIS yöntemi ve bulanık mantık teorisinin bir kombinasyonunu kullanmaktadır ve üç aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak, değerlendirme kriterlerini belirlemek ve sonuçlandırmak için yüklenici seçimi ve teklif değerlendirmesi hakkında ayrıntılı bir literatür taraması derlenmiştir. Ardından belirsizliklerin üstesinden gelmek için aralık tip-2 bulanık kümeler ve dilsel değişkenler kullanılmış ve değerlendirme kriterlerinin ağırlıkları karar vericiler tarafından, aralık tip-2 bulanık sayılara dönüştürülen dilsel terimlere dayanarak elde edilmiştir. Son olarak aralık tip-2 bulanık TOPSIS yöntemi KOBİ'ler için yüklenici alternatiflerini sıralamak için kullanılmıştır. Ayrıca, Türkiye'deki bir KOBİ kuruluşunda yüklenici seçim sürecinden ilham alan bir örnek olay çalışması, önerilen yaklaşımın etkinliğini göstermek için kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Aralık tip-2 bulanık sayılar, Topsis, yüklenici seçimi, küçük ve orta ölçekli işletmeler.

^a KTO Karatay Üniversitesi, İİBF, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü
ahmetcalik51@gmail.com

Application of Interval Type-2 Fuzzy Topsis Method in Contractor Evaluation Process: A Case Study in Small and Medium Enterprises (SMEs)

Abstract: This study aims to develop a Multi-Criteria Decision Making (MCDM) framework to help select the most appropriate contractors in Small and Medium Sized Enterprises (SMEs). The proposed framework uses a combination of the TOPSIS method and the fuzzy logic theory and consists of three steps. First, a detailed literature review of contractor selection and tender evaluation is conducted to determine and finalize evaluation criteria. Then, interval type-2 fuzzy sets and linguistic variables are used to handle the uncertainties, and the weights of the evaluation criteria are obtained by the decision makers based on linguistic terms that are converted to interval type-2 fuzzy numbers. Finally, the interval type-2 fuzzy TOPSIS method is used to rank contractor alternatives for SMEs. In addition, an example of an SME inspired by the contractor selection process in the case study organizations in Turkey has been used to demonstrate the effectiveness of the proposed approach.

Keywords: Interval type-2 fuzzy numbers, Topsis, contractor selection, small and medium enterprises.

© Çalık, Ahmet. "Yüklenici Değerlendirme Sürecinde Aralıklı Tip-2 Bulanık Topsis Yöntemi Uygulaması: Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerde (Kobi'ler) Bir Örnek Olay Çalışması." *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 18 (2019), 481-501.

Giriş

Yüklenici seçim süreci projedeki her bir madde için farklı öncelikler ve hedefler olması nedeniyle çok karmaşıktır. Burada birçok karar verici için en önemli amaç, maliyet bakımından en önemli teklifi veren yükleniciyi belirleyebilmektir. Ancak, en düşük fiyata dayalı tekliflerin değerlendirilmesi, proje teslim sorunlarının önde gelen nedenlerinden birisidir (Wong vd., 2000). Son yıllarda, teklif sisteminin sürekli iyileştirilmesi ile teklif değerlendirme (yüklenici seçim) yöntemleri dikkat odağı olmuştur. İhale değerlendirmesi teklif vermenin kalbidir ve bilimsel karar alma süreci, ihale faaliyetlerinde önemli bir rol oynamaktadır (Bergman ve Lundberg, 2013).

Kamu ve özel projelerinde yüklenici seçimi aşaması için başlıca konular şunlardır: İlk olarak, değerlendirme kriterleri tek bir kriter yerine genellikle çoklu ve çok düzeyli hiyerarşilerde yapılandırılır. İkincisi, değerlendirme süreci genellikle öznel değerlendirmeler gerektirir, bu da niteliksel ve kesin olmayan verilerin kullanılmasına yol açar. Üçüncü olarak, diğer ilgili gruplarının özellikleri değerlendirme sürecinde dikkate alınmalıdır (Hsieh vd., 2004).

Geleneksel olarak, projelerde yüklenici seçiminde kullanılan yaklaşımlar tipik olarak en düşük teklif fiyatını kabul etme ilkesine dayanmaktadır (Russell ve Skibniewski, 1988). Özellikle kamu projelerinde bu yöntem kullanılmakta yükleniciler kamuya karşı sorumlu olmaları nedeniyle alacakları para karşılığı en iyi hizmeti/değeri vermeye çalışmaktadırlar. Fiyat gibi bir kriterin öznellikten uzak olması değerlendirme sürecinin bağımsız olmasını sağlamak ve günümüzde önemini hala korumaktadır (Aksay, 2008). Ancak yalnızca maliyetle ilgili hususları hesaba katarak bir projenin tamamlanması kalite sorunlarını beraberinde getirecektir.

Bunun gibi bir problemin üstesinden gelebilmek, yükleniciler arasında adil bir rekabeti garanti altına almak için, kurumlar çaba ve dikkat gerektiren değerlendirme ve seçim sürecinde

çok sayıda kriteri göz önünde bulundurmalıdırlar. Zaman, maliyet ve kalite özelliklerinin eşzamanlı olarak başarılmasını sağlamak için, seçilen kriterler ve yüklenicileri içeren bir değerlendirme metodolojisi yüklenici seçimi için önem arz etmektedir (T. ve R., 2000). Karar kalitesinin artırılmasında etkili bir değerlendirme metodolojisinin en uygun yükleniciyi seçebilmek için yanıt aranan sorulara cevap verebilmesi ve bu soruları genel sürece dahil edebilmesi gerekir. Bu çalışma, çoklu kriterler altında grup karar verme sürecini incelemekte ve yüklenici seçimi için çok kriterli bir çerçeve önermektedir.

Dolayısıyla, teklif değerlendirme süreci, kişisel yargılar ve insani tercihlerini kesin bir sayısal değerle modellemek yetersiz olduğu için çoklu bir grup karar verme sürecidir. Daha gerçekçi bir yaklaşım, sayısal değerler yerine dilsel değerlendirmeler kullanmak olabilir. Değerlendirme sürecinde kriterlerin ağırlıkları ve değerlendirmeler, çok karmaşık veya yanlış tanımlanmış durumlarla başa çıkmada faydalı olan dilsel değişkenler aracılığıyla değerlendirilmelidir. Bu nedenle, dilsel değişkenleri kullanan ve çoklu kriterleri, birden çok karar vericiyi ve aynı zamanda belirsiz ve kesin olmayan verileri eş zamanlı olarak değerlendirmenin avantajına sahip olan bulanık küme teorisi temelli bir çerçeve önerilmiştir.

Bulanık kümelerin bir uzantısı olarak, Zadeh (1975), üyelik fonksiyonları kendileri tip-1 bulanık kümeleri olan tip-2 bulanık kümeleri tanıtmıştır. Tip-2 bulanık kümeleri daha fazla belirsizliği temsil edebilmesi (Mendel vd., 2006), bulanık bir küme için tam üyelik fonksiyonunun belirlenmesinin zor olduğu durumlarda yararlı olması (Mendel vd., 2006) nedeniyle dilsel değerlendirmelerin kullanımıyla ilgili belirsizlikleri modelleyebilir.

Tip-2 bulanık kümeleri, çoklu grup karar verme problemlerinde değişkenliğin etkisini en aza indirmek için yararlıdır. Karar verme problemlerinde tip-2 bulanık kümelerin kullanılması, tip-1 bulanık kümelerin kullanılmasına göre belirsizliği ele alabilmek için karar vericilere esneklik sağlayacaktır. Teklif

değerlendirme sürecinde en uygun yüklenicinin seçimi dikkatli bir şekilde ve maliyetle sınırlı olmamak kaydıyla bir dizi kritere dayanarak yapılmalıdır. Dolayısıyla aynı zamanda belirsizlikleri de içeren bir karar problemidir. Bu çalışmada, teklif değerlendirme sürecine dâhil olan belirsizliği daha iyi yansıtabilmek aralıklı tip-2 bulanık kümelere dayalı çok kriterli grup karar verme problemini ele almak için aralık tip-2 bulanık TOPSIS yöntemi sunulmuştur.

Bu çalışmada önerilen değerlendirme prosedürü üç ana adımdan oluşmaktadır. Öncelikle, kullanıcılar için en önemli kriter olarak kabul edilen seçim (değerlendirme) kriterlerini tanımlamak. Daha sonra değerlendirme kriterleri hiyerarşisini oluşturduktan sonra, kriterlerin ağırlığını hesaplamak. Son olarak, nihai sıralama sonuçlarına ulaşmak için aralık tip-2 bulanık TOPSIS yöntemini yürütmektir.

Çalışmanın ilerleyen bölümleri şu şekilde sunulmuştur: İkinci bölüm, yüklenici seçimi ve aralık tipi-2 bulanık TOPSIS yöntemi hakkında literatür taraması içermektedir. Üçüncü bölümde, uygulanan aralık tip-2 bulanık tabanlı TOPSIS yöntemi hakkında bilgi verilmektedir. Dördüncü bölümde, Türkiye’de yüklenici seçim süreci için gerçek bir örnek olay uygulaması içermektedir. Son olarak, beşinci bölümde elde edilen sonuçlar ve gelecekteki çalışmalar için öneriler yer almaktadır.

1. Literatür Araştırması

Projelerin etkinliği ve verimliliği genellikle bir yüklenicinin başarılı seçimi ile ilişkilidir. Yüklenici seçimi, genellikle inşaat projelerinin başarısını sağlamak için ele alınmıştır. Her inşaat projesi için kritik aşama projenin uygulanmasıdır. Bu aşama yüklenici firmanın seçimi ile bağlantılıdır. Doğru yüklenicinin seçimi, projede yer alan işlerin başarılı bir şekilde tamamlanmasını etkilemektedir. Yüklenici seçimi genellikle, yetenekli yüklenicilerin sağlaması gereken bir takım kriterleri içeren bir kontrol listesine dayanmaktadır.

Çeşitli araştırmacılar bir yüklenicinin değerlendirmesi için

farklı modeller öne sürmüşlerdir. Hafızah vd. (2017) bir örnek olay çalışmasında dokuz ana kriter, 22 alt kriter ve 34 alt-alt kriteri dikkate almışlar ve AHP yöntemini kullanarak teknik ihale değerlendirilmesini önermişlerdir. Krishna Rao vd. (2018) bulanık küme teorisini kullanarak teklif fiyatı hariç 15 seçim kriterini kapsayan yüklenici değerlendirilmesini incelemişlerdir. Dey vd. (2007) petrol ve gaz endüstrisi risk yönetiminde en önemli risklerden birisinin yetersiz ihale uygulamaları olduğuna işaret etmiştir. Arslan (2012) yüklenici seçiminde ana ve alt kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için bir anket gerçekleştirmiştir. Ek olarak, yüklenicilere etkili bir yol seçmek için web tabanlı bir sistem önermiştir. Bergman ve Lundberg (2013) kalite ve fiyatı tek bir noktada birleştirerek iki tedarikçi değerlendirme yöntemini önermiştir. En düşük fiyat kriterinin tedariklerin üçte birinden fazlasında kullanıldığını tespit ederken, hem fiyat hem de kalite kriterlerini içeren puanlama kurallarına dayalı tedarikçi seçimi, tedariklerin yarısından fazlasında kullanıldığı sonucuna ulaşmışlardır. Falagario vd. (2012) İtalya'daki bir örnek olay çalışması ile teklif verenleri sıralamak için çapraz-etkinlik veri zarflama analizi yaklaşımını benimsemişlerdir. Kolis vd. (2017) Çek Cumhuriyeti'nde 2011-2013 yılları arasında 1292 inşaat çalışmasını incelemişler ve yüklenici değerlendirilmesi için hiyerarşik yapı geliştirmişlerdir. Jiang vd. (2011) yüklenicileri teknik koşulları, iş koşulları ve fiyat koşulları kriterlerini dikkate alarak entegre bir değerlendirme için AHP yöntemini kullanmışlardır. Samuel (2018) çok kriterli bir karar modeliyle ihale değerlendirilmesinde risk değerlendirmelerini dikkate alan bir araç geliştirmiştir. Sarkis vd. (2012) inşaat çevresi (yaşam alanları) için sürdürülebilirliğin ekonomik/ticari, sosyal ve çevresel üçlü-alt çizgi yönlerini dikkate alarak alt yüklenici seçimi ve takım oluşumu için bir karar modeli ve çerçeve tanıtmışlardır. AHP ve ANP yaklaşımını kullanarak inşaat çevresinde yüklenici seçimine odaklanmışlardır. Turner (1988) bir doğrusal programlama modeli kullanarak tekliflerin değerlendirilmesi için algoritma geliştirmiştir. Model, sözleşme maliyeti

ve ihale sözleşmesinin türüne uygunluk gibi sözleşme risklerini içermektedir. Watt vd. (2010) bir anket çalışması gerçekleştirmiş ve yüklenici değerlendirmesinde geçmiş performans, teknik uzmanlık ve maliyetin en önemli kriterler olduğu sonucuna varmıştır. Vahdani vd. (2013) bulanık grup karar verme problemlerinin çözümü için yeni uzlaşık çözüm yöntemini önermiş ve inşaat sektöründe yüklenici seçimi problemi için yöntemin uygulanabilirliğini göstermiştir. Cheaitou vd. (2018) kamu kuruluşlarına en uygun inşaat yüklenicilerini seçmede yardımcı olacak bir karar verme çerçevesi geliştirmişlerdir. Önerilen çerçeve, ÇKKV araçları ve bulanık mantık teorisinin bir kombinasyonunu kullanmaktadır ve üç aşamadan oluşmaktadır.

Son yıllarda, çeşitli ÇKKV problemleri için aralık tip-2 bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Grup karar verme problemlerini ele almak için aralık tip-2 bulanık TOPSIS yöntemi ilk olarak Chen ve Lee (2010a) tarafından sunulmuştur. Deveci vd. (2017) Kuzey Amerika'da beş havalimanından birine rota açmayı planlayan Türkiye'de faaliyet gösteren bir havayolu şirketinin destinasyon problemi için bir metodoloji oluşturmuşlar ve aralık tip-2 bulanık TOPSIS yöntemini bu problemi çözmek için kullanmışlardır. Cengiz Toklu (2018) bir otomotiv şirketi için aralık tip-2 bulanık TOPSIS yöntemini kullanarak en uygun kalibrasyon tedarikçisini seçmek için bir yaklaşım önermiştir. Baykasoğlu ve Gölcük (2017) aralık tip-2 TOPSIS yöntemini aralık tip-2 DEMATEL yöntemi ile birleştirilerek SWOT tabanlı strateji seçim problemi için önerilen modelin uygulanabilirliği göstermiştir. Büyüközkan vd. (2016) uygun bilgi yönetim aracını değerlendirmek ve seçmek için aralık tip-2 bulanık TOPSIS yöntemine dayanan bir grup karar çerçevesi önermiştir. Erdoğan ve Kaya (2016) Türkiye'deki nükleer santral yer seçimi problemini aralık tip-2 bulanık kümelere dayanan, AHP ve TOPSIS'den oluşan birleşik bulanık ÇKKV yöntemini önermiştir. Görener vd. (2017) lider bir küresel havacılık şirketinde tedarikçi performans değerlendirmesi için aralık tip-2 bulanık AHP ve aralık tip-2 bulanık TOPSIS yönteminin kullanıldığını

hibrit bir metodoloji önermiştir. Liao (2015) malzeme seçimi için aralık tip-2 bulanık sayılar arasındaki uzaklığı hesaplamaya dayalı iki yeni aralık tip-2 bulanık TOPSIS yöntemini önermiştir. Mousakhani vd. (2017) grup kararına ve TOPSIS yöntemine dayanan yeni bir aralık tip-2 bulanık değerlendirme modeli geliştirmişlerdir. Değerlendirme sürecinde potansiyel alternatifleri önceliklendirmek için bulanık Hamming mesafe ölçümüne dayalı yeni bir sıralama endeksini önererek akü endüstrisi için yeşil tedarikçi seçimine odaklanmışlardır. Qin vd. (2015) prospeksiyon teorisine dayalı aralık tip-2 bulanık ortamı karşılamak için VIKOR yöntemini genişletmişler ve aralık tip-2 bulanık TOPSIS yöntemi ile karşılaştırmalı bir analiz sunmuşlardır. Wu vd. (2018) karmaşık ve belirsiz ortamlarda büyük ölçekli grup karar verme problemlerini çözmek için yeni bir aralık tip-2 bulanık TOPSIS modelini önermişlerdir. İlk olarak, büyük ölçekli karar vericilerin karmaşıklığını aralarındaki sosyal bağlantılara göre azaltmak için bir sosyal ağ analizi topluluğu algılama yöntemi uygulanmış daha sonra en iyi alternatifi elde etmek için aralık tip-2 bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Zamri ve Abdullah (2013) pozitif ve negatif bulanık sayıları dikkate alan yeni bir dilsel değişken önermiş, bu yeni dilsel değişkenler aralık tip-2 entropi ağırlığına uygulamışlar ve bu ağırlığı aralık tip-2 TOPSIS yönteminde kullanmışlardır.

2. Araştırma Metodolojisi

Bu bölümde başlangıçta önerilen çerçevede kullanılan yöntemin teorik alt yapısını açıklanmaktadır.

2.1. Aralık Tip-2 Bulanık Kümeler

Tip-2 bulanık küme kavramı ilk olarak Zadeh (1965) tarafından önerilen klasik tip-1 bulanık kümelerin bir uzantısı ve genişletilmiş versiyonu olarak sunulmuştur. Tip-2 bulanık kümelerinin ana özelliği, üyelik fonksiyonlarının bulanık olmasıdır. Bu da, üyelik değerlerinin $[0,1]$ arasındaki değerleri alabilen bir fonksiyon olduğu anlamına gelir. Tip-2 bulanık kümeler, bulanık bir kümenin tam üyelik fonksiyonunun tanımlanamadığı durumlar için özellikle yararlıdır; Bu nedenle, bu kümeler

belirsizliklerin üstesinden gelmede oldukça etkilidir. Tip-2 bulanık kümeleri kullanarak, belirsizlik içeren ortamlarda tip-1 bulanık kümelere göre daha iyi sonuçlar elde edebiliriz (Erdoğan ve Kaya, 2016). Tip-2 bulanık kümeler için bazı kavramlar ve a temel tanımları ilgili makalelerde bulabilirsiniz şöyle bulabilirsiniz (Çalık ve Paksoy, 2017; Celik ve Akyuz, 2018; Mendel vd., 2006).

3.2. Aralık Tip-2 Bulanık TOPSIS

TOPSIS yöntemi ilk olarak Hwang ve Yoon (1981) tarafından önerilen alternatifler arasındaki mesafeleri dikkate alan bir ÇKKV yöntemidir. Yöntem, seçilen en iyi alternatifin pozitif ideal çözüme en kısa mesafeye ve negatif ideal çözüme en uzak mesafeye sahip olması gerektiği mantığına dayanmaktadır. Bu alt bölümde, Chen ve Lee (2010a) tarafından önerilen aralık tip-2 bulanık TOPSIS yöntemi, aralık tip-2 bulanık kümeler temelinde ÇKKV problemleri için sunulmuştur.

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ alternatifler kümesi, $F = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$ kriterler kümesi ve k uzman $D = \{D_1, D_2, \dots, D_k\}$ olduğu varsayalım. Kriterler kümesi F_1 and F_2 olmak üzere iki kümeye ayrılalım. Burada F_1 fayda kriterleri kümesini, F_2 maliyet kriterleri kümesini göstermektedir ve $F_1 \cap F_2 = \emptyset$ ve $F_1 \cup F_2 = F$.

Adım 1: p . karar verici için karar matrisi Y_p ve ortalama karar matrisi \bar{Y} , aşağıdaki gibi oluşturulur:

$$Y_p = (f_{ij}^p)_{m \times n} = \begin{matrix} & \begin{matrix} x_1 & x_2 & \dots & x_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} f_1 \\ f_2 \\ \vdots \\ f_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} \tilde{f}_{11}^p & \tilde{f}_{12}^p & \dots & \tilde{f}_{1n}^p \\ \tilde{f}_{21}^p & \tilde{f}_{22}^p & \dots & \tilde{f}_{2n}^p \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \tilde{f}_{m1}^p & \tilde{f}_{m2}^p & \dots & \tilde{f}_{mn}^p \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

$$\bar{Y} = (f_{ij}^p)_{m \times n} \quad (2)$$

burada $\tilde{f}_{ij}^p = \left(\frac{\tilde{f}_{ij}^1 \oplus \tilde{f}_{ij}^2 \oplus \dots \oplus \tilde{f}_{ij}^k}{k} \right)$, \tilde{f}_{ij} bir aralık tip-2 bulanık küme iken; $1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n, 1 \leq p \leq k$, and k karar verici sayısını göstermektedir.

Adım 2: p . karar verici için ağırlık matrisi W_p ve ortalama

ağırlık matrisi \bar{W} , aşağıdaki gibi oluşturulur::

$$W_p = (\tilde{w}_i^p)_{1 \times m} = \begin{bmatrix} f_1 & f_2 & \dots & f_m \\ \tilde{w}_1^p & \tilde{w}_2^p & \dots & \tilde{w}_m^p \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\bar{W} = (\tilde{w}_i)_{1 \times m} \quad (4)$$

burada $\tilde{w}_i = \left(\frac{\tilde{w}_i^1 \oplus \tilde{w}_i^2 \oplus \dots \oplus \tilde{w}_i^k}{k} \right)$, \tilde{w}_i bir aralık tip-2 bulanık küme iken $1 \leq i \leq m, 1 \leq p \leq k, k$ karar verici sayısını gösterir.

Adım 3: Ağırlıklandırılmış karar matrisi \bar{V}_w oluşturulur:

$$\bar{V}_w = (\tilde{v}_{ij})_{m \times n} = \begin{matrix} & x_1 & x_2 & \dots & x_n \\ \begin{matrix} f_1 \\ f_2 \\ \vdots \\ f_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} \tilde{v}_{11} & \tilde{v}_{12} & \dots & \tilde{v}_{1n} \\ \tilde{v}_{21} & \tilde{v}_{22} & \dots & \tilde{v}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \tilde{v}_{m1} & \tilde{v}_{m1} & \dots & \tilde{v}_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (5)$$

burada $\tilde{v}_{ij} = \tilde{w}_i \otimes f_{ij}, 1 \leq i \leq m$ ve $1 \leq j \leq n$.

Adım 4: Aralık tip-2 bulanık küme olan \tilde{v}_{ij} 'nin derecelendirme değeri $Rank(\tilde{v}_{ij})$ ve sıralı ağırlıklandırılmış karar matrisi \bar{V}_w^* hesaplanır.

$$\bar{V}_w^* = (Rank(\tilde{v}_{ij}))_{m \times n} \quad (6)$$

burada $1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n$.

Tanım: Aralık tip-2 bulanık küme olan \tilde{A}_i 'nin derecelendirme değeri $Rank(\tilde{A}_i)$ aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$Rank(\tilde{A}_i) = M_1(\tilde{A}_i^U) + M_1(\tilde{A}_i^L) + M_2(\tilde{A}_i^U) + M_2(\tilde{A}_i^L) + M_3(\tilde{A}_i^U) + M_3(\tilde{A}_i^L) - \frac{1}{4}(S_1(\tilde{A}_i^U) + S_1(\tilde{A}_i^L) + S_2(\tilde{A}_i^U) + S_2(\tilde{A}_i^L) + S_3(\tilde{A}_i^U) + S_3(\tilde{A}_i^L) + S_4(\tilde{A}_i^U) + S_4(\tilde{A}_i^L)) + H_1(\tilde{A}_i^U) + H_1(\tilde{A}_i^L) + H_2(\tilde{A}_i^U) + H_2(\tilde{A}_i^L)$$

burada (7)

$$\tilde{A}_i = (\tilde{A}_i^U, \tilde{A}_i^L) = \left((a_{i1}^U, a_{i2}^U, a_{i3}^U, a_{i4}^U; H_1(\tilde{A}_i^U), H_2(\tilde{A}_i^U)), (a_{i1}^L, a_{i2}^L, a_{i3}^L, a_{i4}^L; H_1(\tilde{A}_i^L), H_2(\tilde{A}_i^L)) \right)$$

bir aralık tip-2 bulanık kümedir. Detaylı bilgi için lütfen bakınız: (Chen ve Lee, 2010a; Erdoğan ve Kaya, 2016).

Adım 5: Pozitif ideal çözüm $x^+ = \{\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_m^+\}$ ve negatif ideal çözüm $x^- = \{\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_m^-\}$, hesaplanır:

$$\tilde{v}_i^+ = \begin{cases} \max_{1 \leq j \leq n} \{Rank(\tilde{v}_{ij})\}, & \text{if } f_i \in F_1 \\ \min_{1 \leq j \leq n} \{Rank(\tilde{v}_{ij})\}, & \text{if } f_i \in F_2 \end{cases} \quad (8)$$

ve

$$\tilde{v}_i^- = \begin{cases} \min_{1 \leq j \leq n} \{Rank(\tilde{v}_{ij})\}, & \text{if } f_i \in F_1 \\ \max_{1 \leq j \leq n} \{Rank(\tilde{v}_{ij})\}, & \text{if } f_i \in F_2 \end{cases} \quad (9)$$

Adım 6: Her bir alternatif x_j ve pozitif ideal çözüm x^+ arasındaki mesafe $d^+(x_j)$ aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$d^+(x_j) = \sqrt{\sum_{i=1}^m (Rank(\tilde{v}_{ij}) - \tilde{v}_i^+)^2} \quad (10)$$

burada $1 \leq j \leq n$. Her bir alternatif x_j ve negatif ideal çözüm x^- arasındaki mesafe $d^-(x_j)$ aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$d^-(x_j) = \sqrt{\sum_{i=1}^m (Rank(\tilde{v}_{ij}) - \tilde{v}_i^-)^2} \quad (11)$$

Adım 7: x_j 'ye ait yakınlık katsayısı $C(x_j)$ pozitif ideal çözüm x^+ 'ye göre aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$C(x_j) = \frac{d^-(x_j)}{d^-(x_j) + d^+(x_j)} \quad (12)$$

burada $1 \leq j \leq n$.

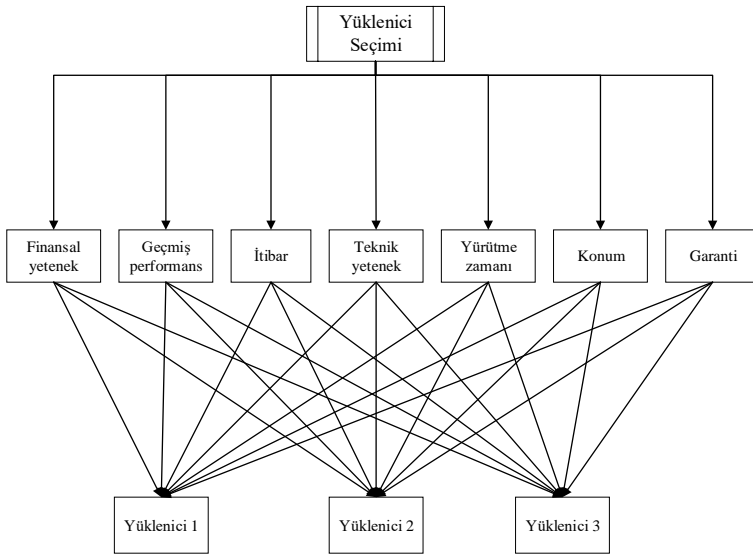
Adım 8: $1 \leq j \leq n$ iken alternatiflere ait yakınlık katsayıları büyükten küçüğe doğru sıralanır. En büyük $C(x_j)$ katsayısına sahip olan alternatif daha öncelikli olur.

3. Örnek Olay

Bu bölümde, deri ve deri ürünleri sektöründe faaliyet gösteren bir şirkette yüklenici seçim problemi için önerilen çerçevenin geçerliliğini ve uygulanabilirliğini göstermek için gerçek bir örnek çalışma sunulmuştur. Bu şirket çoğunlukla siparişe dayalı bavul, el çantası, cüzdan, okul çantası, evrak çantası üretimi yapmaktadır. İşletme standart ürünlerle birlikte isteğe bağlı olarak bazı özel/nitelikli ürünleri de üretebilmektedir. Ele alınan şirket, Türkiye'nin KOBİ üreticilerinden (bavul, el çantası, cüzdan, okul çantası, evrak çantası, vb.) birisidir. Şirket, ilk olarak kendi bölgesinde dağıtım yaparken, ülkedeki büyüme daha geniş alanlara açılmasına sebep olmuş, depo operasyonlarında kullanabileceği, sevk zamanlarının kısaltılması ve müşteri

sipariş sürelerinin azaltılmasına yardımcı olacak lojistik alanında düşük maliyetli ve iyi uzmanlık hizmetinden yararlanmak için yeni bir depo kurmaya karar vermiştir.

Yüklenici seçimi için önemli kriterleri belirlemek amacıyla, öncelikle literatür araştırması sonucunda belirlenen kriterler kamu ve özel sektörlerden alanında tecrübeye sahip uygulayıcıları ve yöneticilere iletilmiş ve görüşmeler sonucunda kriter listesine son hali verilmiştir. Seçilen uzmanlar karar verme konusunda yetkin ve yaklaşık on iki yıllık bir iş tecrübesine sahiptir. Görüşmelere dayanarak, yüklenici seçiminin sadece yedi ana kriterden oluşacak yüklenici seçim kriterleri belirlenerek çözüm aşaması için son versiyonu elde edilmiştir. Şekil 2'de gösterildiği gibi yapısal bir hiyerarşi oluşturulmuştur. Şekil 2, üç seviyeyi kapsamaktadır: Hedef, değerlendirme kriterleri ve en uygun yükleniciyi belirlemek için alternatifler. Mevcut araştırma için öncelikli amaç, ihale seçimini değerlendirmektir. Bir sonraki aşamada, her boyutun altındaki kriterler kontrol yer almaktadır. Son düzeyde, ise araştırmada değerlendirmeye alınacak alternatifler arasında en etkili yüklenici (üç yüklenici) seçimi yer almaktadır. Alternatiflerin belirlenmesinde şirket öncelikle çalışabileceği aday yüklenici şirketleri belirlemiş ve şirketler ön teklif formları istenmiştir. Ön teklif formları firma bilgi formu; firma bilgileri, personel bilgileri, yönetim personeli, çalıştıkları firmalar, geçmiş proje başarıları, teslim süresi, garanti süresi ve fiyat teklifi alanlarını içermekteydi. Teklif formları ve şirket yöneticileri ile görüşmeler sonucunda değerlendirme alınacak üç yüklenici belirlenmiştir.



Şekil 1. Deri endüstrisi için ihale değerlendirme kriterleri çerçevesi

Daha sonra, kriterlerin amaca olan önemini belirleyebilmek için kriterlerin değerlendirmeleri üç karar verici (KV1, KV2 ve KV3) ile görüşülmüştür. Bu karar vericiler doğrudan şirketin yönetim ve finansal süreçlerine dâhildirler, dolayısıyla karar vericilere kriterlerin önemini ve yüklenici seçimini belirleyebilmeleri için bir anket verilmiştir. Kriterlerin önem değerleri, insan değerlendirmelerinin öznelliğini dikkate almak için yamuksal aralık tip-2 bulanık sayılar kullanılarak tanımlanmıştır. Aralık tip-2 bulanık sayılar, ilgili üyelik fonksiyonları ve bunlarla ilişkili dilsel değişkenler, Tablo 1'de gösterilmiştir. Karar vericilerin değerlendirme kriterleri için elde edilen değerlendirme matrisi Tablo 3'de sunulmuştur. Daha sonra, karar vericiler alternatif yüklenicileri Tablo 2'deki dilsel değişkenleri kullanarak karar kriterlerine göre değerlendirmişler ve bu değerlendirmeler Tablo 4'teki gibi elde edilmiştir.

Tablo 1. Kriterlerin ağırlıkları için dilsel değişkenler ve karşılık gelen aralık tip-2 bulanık sayılar (Chen ve Lee, 2010b)

Dilsel değişkenler	Aralık tip-2 bulanık sayılar
Çok Düşük (ÇD)	$((0, 0, 0, 0.1; 1, 1), (0, 0, 0, 0.05; 0.9, 0.9))$

Düşük (D)	((0, 0.1, 0.1, 0.3; 1, 1), (0.05, 0.1, 0.1, 0.2; 0.9, 0.9))
Biraz Düşük (BD)	((0.1, 0.3, 0.3, 0.5; 1, 1), (0.2, 0.3, 0.3, 0.4; 0.9, 0.9))
Orta (O)	((0.3, 0.5, 0.5, 0.7; 1, 1), (0.4, 0.5, 0.5, 0.6; 0.9, 0.9))
Biraz Yüksek (BY)	((0.5, 0.7, 0.7, 0.9; 1, 1), (0.6, 0.7, 0.7, 0.8; 0.9, 0.9))
Yüksek (Y)	((0.7, 0.9, 0.9, 1; 1, 1), (0.8, 0.9, 0.9, 0.95; 0.9, 0.9))
Çok Yüksek (ÇY)	((0.9, 1, 1, 1; 1, 1), (0.95, 1, 1, 1; 0.9, 0.9))

Tablo 2. Alternatiflerin değerlendirilmesi için dilsel değişkenler (Erdoğan ve Kaya, 2016)

Dilsel değişkenler	Aralık tip-2 bulanık sayılar
Çok Kötü (ÇK)	((0, 0, 0, 1; 1, 1), (0, 0, 0, 0.5; 0.9, 0.9))
Kötü (K)	((0, 1, 1, 3; 1, 1), (0.5, 1, 1, 2; 0.9, 0.9))
Biraz Kötü (BK)	((1, 3, 3, 5; 1, 1), (2, 3, 3, 4; 0.9, 0.9))
Orta (O)	((3, 5, 5, 7; 1, 1), (4, 5, 5, 6; 0.9, 0.9))
Biraz İyi (Bİ)	((5, 7, 7, 9; 1, 1), (6, 7, 7, 8; 0.9, 0.9))
İyi (İ)	((7, 9, 9, 10; 1, 1), (8, 9, 9, 9.5; 0.9, 0.9))
Çok İyi (Çİ)	((9, 10, 10, 10; 1, 1), (9.5, 10, 10, 10; 0.9, 0.9))

Tablo 3. Karar vericiler tarafından yedi kriter için dilsel değerlendirmeler

Kriter	Karar Vericiler		
	KV1	KV2	KV3
Finansal yetenek	Y	BY	O
Geçmiş performans	BY	BY	BD
İtibar	O	D	BD
Teknik yetenek	ÇY	Y	BY
Yürütme zamanı	BY	O	BD
Konum	BD	BD	D
Garanti	O	BD	O

Tablo 4. Kriterler açısından üç alternatif için dilsel değerlendirmeler

	Yükleniciler	Karar Vericiler		
		K1	K2	K3
Finansal yetenek	Y1	ÇK	K	BK
	Y2	O	O	O
	Y3	ÇK	K	K
Geçmiş performans	Y1	O	O	Bİ
	Y2	İ	İ	Çİ
	Y3	K	BK	K
İtibar	Y1	O	O	İ
	Y2	İ	İ	Bİ
	Y3	K	K	ÇK
Teknik yetenek	Y1	K	K	K
	Y2	O	O	İ
	Y3	ÇK	BK	K
Yürütme zamanı	Y1	K	O	K
	Y2	İ	Bİ	İ
	Y3	ÇK	BK	K
Konum	Y1	O	O	Bİ
	Y2	Çİ	Bİ	İ
	Y3	BK	K	K
Garanti	Y1	BK	K	K
	Y2	O	BK	O
	Y3	ÇK	K	ÇK

Kriterlerin ağırlıkları Eşitlik (4) kullanılarak hesaplanmış ve bu değerler Tablo 5’de gösterilmiştir.

Tablo 5. Kriterlerin ağırlıkları

Kriter	Ağırlıklar
Finansal yetenek	((0.5, 0.7, 0.7, 0.87; 1, 1), (0.6, 0.7, 0.7, 0.78; 0.9, 0.9))

Geçmiş performans	((0.37, 0.57, 0.57, 0.77; 1, 1), (0.47, 0.57, 0.57, 0.67; 0.9, 0.9))
İtibar	((0.13, 0.3, 0.3, 0.5; 1, 1), (0.22, 0.3, 0.3, 0.4; 0.9, 0.9))
Teknik yetenek	((0.7, 0.87, 0.87, 0.97; 1, 1), (0.78, 0.87, 0.87, 0.92; 0.9, 0.9))
Yürütme zamanı	((0.3, 0.5, 0.5, 0.7; 1, 1), (0.4, 0.5, 0.5, 0.6; 0.9, 0.9))
Konum	((0.07, 0.23, 0.23, 0.43; 1, 1), (0.15, 0.23, 0.23, 0.33; 0.9, 0.9))
Garanti	((0.23, 0.43, 0.43, 0.63; 1, 1), (0.33, 0.43, 0.43, 0.53; 0.9, 0.9))

Kriter ağırlıklarından elde edilen sonuçlarına göre, en önemli kriter “teknik yetenek” olarak belirlenirken ve en önemsiz kriter “konum” olarak elde edilmiştir. Kriter ağırlıkları hesaplandıktan sonra, alternatifleri sıralamak için aralıklı tip-2 bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Öncelikle eşitlik (2) yardımıyla ortalama karar matrisi oluşturulmuş, daha sonra elde edilen kriter ağırlıkları, aralık tip-2 bulanık TOPSIS yönteminden elde edilen normleştirilmiş karar matrisi ile çarpılmış ve ağırlıklandırılmış karar matrisi (Eşitlik 5) elde edilmiştir. Tablo 6, yakınlık katsayıları ile alternatiflerin son sıralamasını göstermektedir.

Tablo 6. Üç alternatifin yakınlık katsayıları $C(x_j)$

Yükleniciler	$C(x_j)$	Sıralama
Yüklenici 1	0.561	3
Yüklenici 2	1	1
Yüklenici 3	0.710	2

Tablo 6'ya göre, yüklenici seçimi için alternatifler **Yüklenici 2 > Yüklenici 3 > Yüklenici 1** olarak sıralanmıştır. İkinci yüklenici, şirketin deposunu inşa etmek için en iyi alternatif olarak belirlenmiştir. Şirket yöneticileri, lojistik maliyetini en aza indirmek için en iyi yüklenicinin ikincisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Sonuç

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de deri ve deri ürünleri sektöründe yer alan bir şirketin yeni depo kurulması aşamasında çalışacağı yüklenicinin seçiminde aralıklı tip-2 bulanık TOPSIS’

yönteminin tanıtılmasıdır. Önerilen yöntemin sonuçlarını değerlendirmek için Türkiye’de gerçek bir örnek olay çalışması gösterilmiştir. Önerilen yaklaşım üç temel aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, kriterler ve dilsel değişkenler literatür taraması ve uzman görüşleri kullanılarak tanımlanmıştır. Alternatif yükleniciler, geçmişte şirketin çalıştığı yükleniciler ve aday yüklenicilerin tekliflerine göre karar vericiler ve uzmanlar tarafından da belirlenmiştir. İkinci aşamada, bu seçilmiş kriterler, alternatifler ve dilsel değişkenler önerilen yöntem ile analiz edilmiştir. Son aşamada, alternatifler yakınlık katsayıları kullanılarak sıralanmıştır.

Bu çalışma, yüklenici seçimi ve teklif değerlendirme konularında çalışma yapmak isteyenlere yardımcı olabilecektir. Bununla birlikte, metodolojinin sınırlamaları bulunmaktadır. Metodolojinin doğruluğu, yüklenici seçiminin uygulanabilirliğini tam olarak garanti edemeyebilir. Yüklenici seçiminde yasal düzenlemeler, adayların tekliflerindeki eksiklikler ve işletmelerin kendi özel talepleri nedeniyle aday firmalar değerlendirmeye katılamayabilir. Bu çalışmanın sonucu sadece ele alınan sektör, uygulanan bölge ve şirketin büyüklüğüne bağlıdır. Yüklenici seçim problemleri için diğer şehirlere aktarılabilir.

Gelecekteki bir öneri olarak, en iyi yükleniciyi bulmak için farklı ÇKKV yöntemleri uygulanabilir veya sonuçları kontrol etmek için sıradan bulanık kümelerin farklı uzantısı ele alınabilir. Yüklenici seçiminde sadece tek bit yöntem yerine bütünlük farklı bulanık karar verme teknikleri de gelecekte incelenebilir.

Kaynaklar

- Aksay, S., 2008. İnşaat Sözleşmeleri ve Yüklenici Seçim Kriterleri. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Arslan, G., 2012. Web-Based Contractor Evaluation System for Mass-Housing Projects in Turkey. J. Civ. Eng. Manag. 18, 323-334. doi:10.3846/13923730.2012.698892
- Baykasoğlu, A., Gölcük, İ., 2017. Development of an interval type-2 fuzzy sets based hierarchical MADM model by combining

- DEMATEL and TOPSIS. *Expert Syst. Appl.* 70, 37-51. doi:10.1016/J.ESWA.2016.11.001
- Bergman, M.A., Lundberg, S., 2013. Tender evaluation and supplier selection methods in public procurement. *J. Purch. Supply Manag.* 19, 73-83. doi:10.1016/J.PURSUP.2013.02.003
- Büyüközkan, G., Parlak, I.B., Tolga, A.C., 2016. Evaluation of Knowledge Management Tools by Using An Interval Type-2 Fuzzy TOPSIS Method. *Int. J. Comput. Intell. Syst.* 9, 812-826. doi:10.1080/18756891.2016.1237182
- Çalık, A., Paksoy, T., 2017. Aralık Tip-2 Bulanık AHP Yöntemi ile Üçüncü Parti Tersine Lojistik (3PTL) Firma Seçimi. *Selçuk Üniversitesi Sos. Bilim. Mesl. Yüksekokulu Derg.* 20, 52-67.
- Celik, E., Akyuz, E., 2018. An interval type-2 fuzzy AHP and TOPSIS methods for decision-making problems in maritime transportation engineering: The case of ship loader. *Ocean Eng.* 155, 371-381. doi:10.1016/J.OCEANENG.2018.01.039
- Cengiz Toklu, M., 2018. Interval type-2 fuzzy TOPSIS method for calibration supplier selection problem: a case study in an automotive company. *Arab. J. Geosci.* 11, 341. doi:10.1007/s12517-018-3707-z
- Cheaitou, A., Larbi, R., Al Housani, B., 2018. Decision making framework for tender evaluation and contractor selection in public organizations with risk considerations. *Socioecon. Plann. Sci.* doi:10.1016/J.SEPS.2018.02.007
- Chen, S.M., Lee, L.W., 2010a. Fuzzy multiple attributes group decision-making based on the interval type-2 TOPSIS method. *Expert Syst. Appl.* 37, 2790-2798. doi:10.1016/j.eswa.2009.09.012
- Chen, S.M., Lee, L.W., 2010b. Fuzzy multiple attributes group decision-making based on the ranking values and the arithmetic operations of interval type-2 fuzzy sets. *Expert Syst. Appl.* 37, 824-833. doi:10.1016/j.eswa.2009.06.094
- Deveci, M., Demirel, N.Ç., Ahmetoğlu, E., 2017. Airline new route selection based on interval type-2 fuzzy MCDM: A case study of new route between Turkey- North American region destinations.

- J. Air Transp. Manag. 59, 83-99.
doi:10.1016/J.JAIRTRAMAN.2016.11.013
- Dey, P.K., Ogunlana, S.O., Van Thuyet, N., 2007. Risk management in oil and gas construction projects in Vietnam. *Int. J. Energy Sect. Manag.* 1, 175-194. doi:10.1108/17506220710761582
- Erdoğan, M., Kaya, İ., 2016. A combined fuzzy approach to determine the best region for a nuclear power plant in Turkey. *Appl. Soft Comput.* 39, 84-93. doi:10.1016/J.ASOC.2015.11.013
- Falagario, M., Sciancalepore, F., Costantino, N., Pietroforte, R., 2012. Using a DEA-cross efficiency approach in public procurement tenders. *Eur. J. Oper. Res.* 218, 523-529. doi:10.1016/J.EJOR.2011.10.031
- Görener, A., Ayvaz, B., Kuşakcı, A.O., Altınok, E., 2017. A hybrid type-2 fuzzy based supplier performance evaluation methodology: The Turkish Airlines technic case. *Appl. Soft Comput.* 56, 436-445. doi:10.1016/J.ASOC.2017.03.026
- Hafizah, N., Lamsali, H., Sathyamoorthy, D., 2017. TECHNICAL TENDER EVALUATION USING ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP), *Defence S and T Technical Bulletin*.
- Hsieh, T.-Y., Lu, S.-T., Tzeng, G.-H., 2004. Fuzzy MCDM approach for planning and design tenders selection in public office buildings. *Int. J. Proj. Manag.* 22, 573-584. doi:10.1016/J.IJPROMAN.2004.01.002
- Hwang, C.L., Yoon, K., 1981. Multiple attribute decision making: methods and applications, *Lecture notes in economics and mathematical systems*. Springer-Verlag.
- Jiang, T., Chen, X., Shu, D., 2011. An Improved Integrated Tender Evaluation Method Based On Analytic Hierarchy Process. *Intell. Autom. Soft Comput.* 17, 651-658. doi:10.1080/10798587.2011.10644200
- Kolis, K., Hajek, J., Vrbova, L., 2017. Hierarchical structure of criteria used for contractor selection for construction works. Empirical research from the Czech Republic, *International Journal of Procurement Management*. doi:10.1504/IJPM.2017.10005123

- Krishna Rao, M. V, Kumar, V.S.S., Rathish Kumar, P., 2018. Optimal Contractor Selection in Construction Industry: The Fuzzy Way. *J. Inst. Eng. Ser. A* 99, 67-78. doi:10.1007/s40030-018-0271-1
- Liao, T.W., 2015. Two interval type 2 fuzzy TOPSIS material selection methods. *Mater. Des.* 88, 1088-1099. doi:10.1016/J.MATDES.2015.09.113
- Mendel, J.M., John, R.I., Liu, F., 2006. Interval Type-2 Fuzzy Logic Systems Made Simple. *IEEE Trans. Fuzzy Syst.* 14, 808-821. doi:10.1109/TFUZZ.2006.879986
- Mousakhani, S., Nazari-Shirkouhi, S., Bozorgi-Amiri, A., 2017. A novel interval type-2 fuzzy evaluation model based group decision analysis for green supplier selection problems: A case study of battery industry. *J. Clean. Prod.* 168, 205-218. doi:10.1016/J.JCLEPRO.2017.08.154
- Qin, J., Liu, X., Pedrycz, W., 2015. An extended VIKOR method based on prospect theory for multiple attribute decision making under interval type-2 fuzzy environment. *Knowledge-Based Syst.* 86, 116-130. doi:10.1016/J.KNOSYS.2015.05.025
- Russell, J.S., Skibniewski, M.J., 1988. Decision criteria in contractor prequalification. *J. Manag. Eng.* 4, 148-164.
- Samuel, D., 2018. Risk-based tender evaluation using multicriteria decision analysis in Trinidad and Tobago. *Proc. Inst. Civ. Eng. - Manag. Procure. Law* 171, 58-69. doi:10.1680/jmapl.17.00047
- Sarkis, J., Meade, L.M., Presley, A.R., 2012. Incorporating sustainability into contractor evaluation and team formation in the built environment. *J. Clean. Prod.* 31, 40-53. doi:10.1016/J.JCLEPRO.2012.02.029
- T., A., R., M., 2000. Project Procurement System Selection Model. *J. Constr. Eng. Manag.* 126, 176-184. doi:10.1061/(ASCE)0733-9364(2000)126:3(176)
- Turner, I., 1988. An Independent System for the Evaluation of Contract Tenders. *J. Oper. Res. Soc.* 39, 551-561. doi:10.2307/2582860
- Vahdani, B., Mousavi, S.M., Hashemi, H., Mousakhani, M., Tavakkoli-

- Moghaddam, R., 2013. A new compromise solution method for fuzzy group decision-making problems with an application to the contractor selection. *Eng. Appl. Artif. Intell.* 26, 779-788. doi:10.1016/J.ENGAPPAL.2012.11.005
- Watt, D.J., Kayis, B., Willey, K., 2010. The relative importance of tender evaluation and contractor selection criteria. *Int. J. Proj. Manag.* 28, 51-60. doi:10.1016/J.IJPROMAN.2009.04.003
- Wong, C.H., Holt, G.D., Cooper, P.A., 2000. Lowest price or value? Investigation of UK construction clients' tender selection process. *Constr. Manag. Econ.* 18, 767-774. doi:10.1080/014461900433050
- Wu, T., Liu, X., Liu, F., 2018. An interval type-2 fuzzy TOPSIS model for large scale group decision making problems with social network information. *Inf. Sci. (Ny)*. 432, 392-410. doi:10.1016/J.INS.2017.12.006
- Zadeh, L.A., 1975. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning – I. *Inf. Sci. (Ny)*. 8, 199-249. doi:10.1016/0020-0255(75)90036-5
- Zadeh, L.A., 1965. Fuzzy sets. *Inf. Control* 8, 338-353. doi:10.1016/S0019-9958(65)90241-X
- Zamri, N., Abdullah, L., 2013. A New Linguistic Variable in Interval Type-2 Fuzzy Entropy Weight of a Decision Making Method. *Procedia Comput. Sci.* 24, 42-53. doi:10.1016/J.PROCS.2013.10.026