



Q-ROF TOPSIS VE Q-ROF COCOSO YÖNTEMLERİYLE PETROL İSTASYONU YER SEÇİMİ

Birsen İrem KUVVETLİ^{1*},

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Osmaniye

Anahtar Kelimeler

Çok Kriterli Karar Verme,
TOPSIS,
CoCoSo,
Q-Seviyeli Ortoper Bulanık
Kümeler,
Yer Seçimi.

Öz

Petrol ve petrol ürünleri dünya ekonomisindeki önemini korumaktadır. Bu sebepten dolayı, petrol ihtiyacını karşılamak adına petrol istasyonu kurulmasına ya da varolan istasyonların iyileştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, bir petrol istasyonu için tesis yeri seçimi problemi incelenmiştir. Tesis yeri seçimi problemleri, literatürde sıklıkla çok kriterli karar verme yöntemleri ile çözülmektedir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, karar vericilerin yanıtlarındaki belirsizliği çalışmaya doğru şekilde aktarabilmek adına bulanık küme temelli yaklaşımlar tercih edildiği görülmüştür. Bu nedenle, bu çalışmada daha objektif bir sıralama yaklaşımı ortaya koyabilmek için q-seviyeli bulanık küme temelli yöntemler kullanılmıştır. Önerilen yaklaşımda, q-Rung Orthopair Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution (q-ROF TOPSIS) ve q-Rung Orthopair Fuzzy Combined Compromise Solution (q-ROF CoCoSo) yöntemleri kullanılmıştır. Adana ilinde bir petrol istasyonu kurulumu için yer seçimi problemine çözüm aramak üzere önerilen yaklaşım değerlendirilmiştir. Çalışma için hem literatürde bulunan hem de özgün olan on kriter belirlenmiştir. Kriterlerin ağırlıklandırılması sonrası, farklı istasyon tiplerine sahip 5 aday lokasyonun sıralanması için 3 uzmanın görüşüne başvurulmuştur. Çalışma sonuçları yorumlanmış, duyarlılık analizi yapılarak parametrelerin sonuca etkisi incelenmiş ve çalışma tamamlanmıştır.

GAS STATION LOCATION SELECTION USING Q-ROF TOPSIS AND Q-ROF COCOSO METHODS

Keywords

Multi- Criteria Decision
Making,
TOPSIS,
CoCoSo,
Q-Rung Orthopair Fuzzy Sets,
Location Selection.

Abstract

Petroleum and petroleum products maintain their importance in the world economy. Therefore, there is a need to establish new petrol stations or to improve the existing ones in order to meet the need for oil. In this study, the location selection problem for a petrol station is investigated. Location selection problems are solved by Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods. When the studies in the literature are examined, it is seen that fuzzy set-based approaches are preferred in order to clarify the uncertainty in the answers of the decision makers. Therefore, in this study, q-level fuzzy set-based methods are used to present a more objective ranking approach. In the proposed approach, q-Rung Orthopair Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution (q-ROF TOPSIS) and q-Rung Orthopair Fuzzy Combined Compromise Solution (q-ROF CoCoSo) methods were used. The proposed approach is evaluated to solve the site selection problem for a petrol station installation in Adana. Ten criteria, both found in the literature and original, were determined for the study. After weighting the criteria, 3 expert opinions were consulted to rank 5 candidate locations with different station types. The results of the study were interpreted, sensitivity analysis was conducted and the effect of the parameters on the result was examined.

Alıntı / Cite

Kuvvetli, B.I., (2023). Q-ROF TOPSIS ve Q-ROF CoCoSo Yöntemleriyle Petrol İstasyonu Yer Seçimi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 11(4), 1294-1309.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

B.İ. Kuvvetli, 0000-0002-7730-098X

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	31.01.2023
Revizyon Tarihi / Revision Date	22.08.2023
Kabul Tarihi / Accepted Date	24.08.2023
Yayın Tarihi / Published Date	30.12.2023

* İlgili yazar/Corresponding author: birsenselamoglu@osmaniye.edu.tr, +90 328 827 10 00 (3295)

GAS STATION LOCATION SELECTION USING Q-ROF TOPSIS AND Q-ROF COCOSO METHODS

Birsen İrem KUVVETLİ^{1†},

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Osmaniye

Highlights (At least 3 and maximum 4 sentences)

- Two methods have been used for gas station selection problem.
- 10 criteria are used one of which is original and the rest is from the literature.
- The problem is solved using q-ROF TOPSIS and q-ROF CoCoSo method.
- Alternatives with different station types were evaluated.

Graphical Abstract (If applicable)

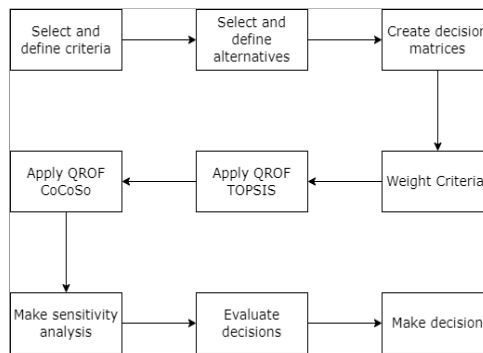


Figure. Overview of the study

Purpose and Scope

Petrol stations are one of the important points for mobility. While the conversion to electric vehicles is ongoing, the use of fossil fuels also continues, and for this reason, location selection for gas station was investigated in this study. With a suitable selection approach for decision makers, gas station location selection was carried out for the Adana region.

Design/methodology/approach

The aim of the study is to determine the ideal location selection points for gas stations. Since the site selection problem is a problem that is considered depending on many criteria, multi-criteria decision-making approaches have been chosen as the ideal method. In this context, q-ROF TOPSIS and q-ROF CoCoSo methods were used to choose the ideal location. Q-ROF based methods are chosen because they provide the flexibility to express a wider information range.

Findings

In order to find a location for the gas station, 10 criteria were determined to be considered and 5 alternative locations were selected by the experts in Adana. Accessibility was chosen as the most critical criterion. Population density, proximity to electric vehicle stations, cost and contract duration criteria were found to be important as well. Waste rate – proximity to agricultural lands and additional service are the criteria with the lowest weight. When the ranking of alternatives is evaluated, locations A2 and A5 were chosen as the most successful alternatives according to both q-ROF TOPSIS and q-ROF CoCoSo methods.

Research limitations/implications (if applicable)

It may be possible to try different multi-criteria decision-making methods in the future. The investigated problem can be generalized for different criteria and finally the efficiency of the decision can be increased with more decision makers.

Practical implications (if applicable)

The approach used in this study can be easily adapted to many real-life petrol station location problems. Thus, it is possible for decision makers to use a fast and effective decision-making approach to choose the most appropriate alternatives.

Originality

As far as I know, this is the first study in the literature that uses q-ROF based approaches to solve the gas station location selection problem. In addition to that, adding a new criterion also contributes to the literature of the problem. In this study, alternatives with different station installation types were considered. Finally, studies on the literature on q-ROF TOPSIS and q-ROF CoCoSo methods are limited.

[†] İlgili yazar/Corresponding author: birsenselamoglu@osmaniye.edu.tr, +90 328 827 10 00 (3295)

1. Giriş (Introduction)

Yer seçim problemleri günümüzde hala önemini koruyan problemlerden biridir. Rekabetin arttığı günümüzde yer seçim kararının doğru yapılması maliyetleri düşürme ve kârı artırma açısından kritik bir öneme sahiptir (Mokhtarian, 2011; Otay ve Atik, 2020). Petrol istasyonu yer seçim problemi de hala güncelliğini ve önemini koruyan problemlerdendir. Dünya ekonomisinin petrol ve petrol ürünlerine olan ihtiyacı, artan nüfus, trafik, çevresel faktörler ve sürdürülebilirlik konuları problemin güncelliğini korumasının sebepleri arasında sayılabilir.

Dünyada artan karbon emisyonu ve sebep olduğu olumsuz etkileri azaltmak amacı ile hazırlanan Yeşil Mutabakat protokolü 2030 yılına kadar karbon emisyonunu %55 oranında azaltmayı hedeflemektedir (European Green Deal, 2019). Bu bağlamda fosil yakıtlı araçların da yerini elektrikli araçlara bıraktığı bilinmektedir. 2035 yılına kadar fosil yakıt kullanan araçlardan kaynaklanan karbon emisyonunun sıfırlanması hedeflenmektedir (Yıldızhan vd., 2022).

Günümüzde fosil yakıtlı araçların kullanımının azaltılmaya devam edilmesine karşın hâlâ, halihazırda trafikte olan pek çok araç bu tür yakıtlar kullanmaktadır. Elektrikli araçlara geçiş adaptasyonu sürecinde mevcut ihtiyacı karşılamaya yönelik olarak yeni petrol istasyonu tesislerinin kurulumu gerekecektir. Ancak kurulacak petrol istasyon tesisleri için yer seçimi yaparken, standart seçim kriterlerinin dışında, şarjlı sisteme geçme durumunda karşılaşılabilecek olası durumlar da göz önüne alınarak yer seçim kriterlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Tamamen elektrikli araçlara geçiş hedefi olmasına karşın, bu süreçte hibrit araç sayısındaki artışlar da göz önüne alınmalıdır. Hibrit araçlarda elektriğin yanısıra fosil yakıtlar kullanıldığı bilinmektedir. Bu sebeple de yine petrol istasyonlarına ihtiyaç duyulacağı söylenebilir. Aday yerlere belirli mesafedeki elektrikli araç istasyonlarının varlığı, o bölgelerdeki elektrikli araç, hibrit araç ve fosil yakıtlı araç kullanma yoğunlukları ile mecburiyet gereği işletme türünde değişime gidilmesi gerekirse, başka bir deyişle elektrikli araçlar için de servis sağlanması gerekir ise, seçilen yerin altyapı, çevresel ve yasal koşullar itibari ile bu değişime uygunluğu dikkate alınması gereken bazı kriterlerden sayılabilir.

Petrol istasyonu kurulumu 5 farklı türde olabilir (Toksoy Erdoğan, 2012). Bu beş durum aşağıda sıralanmıştır:

- 1- Sıfırdan yeni istasyon kurulumu (New to Industry),
- 2- Eski bir istasyonu yıkarak, yeniden yapmak (Knock-down Rebuild)
- 3- Halihazırda kurulu olan eski istasyonu geliştirerek, genişleterek yenilemek (Redevelopment)
- 4- Eski bir istasyonu kısmî olarak yenileyerek kurulumu tamamlamak (Regeneration)
- 5- Kurumsal kimlik değişimi (Retail Visual Identity)

Çalışmadaki aday yerleşim yerlerinden biri eski istasyonun yenilenmesi şeklinde kuruluma (Redevelopment) uygun olup, diğer aday lokasyonlar, sıfırdan yeni istasyon kurma (New to Industry) şeklinde kuruluma yapılabilecek yerler içerisinde incelenmiştir. Yapılan literatür taraması sonuçlarına göre petrol istasyonu yer seçimi problemlerinin çözümünde q-seviyeli bulanık sayılardan faydalanılan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmanın temel katkısı farklı tiplere sahip petrol istasyonlarının yer seçimi problemi için hem bütüncül bir değerlendirme kriterleri kümesi oluşturmak, hem de q-seviyeli bulanık mantık tabanlı yöntemlerle uzman belirsizliklerinin daha iyi açıklanabildiği bir değerlendirme yöntemi oluşturmaktır.

Çalışmanın organizasyonu şu şekildedir; ikinci bölümde literatür taraması yapılmış ve alanla ilgili çalışmalar incelenmiştir. Üçüncü bölümde problem tanımı yapılmıştır. Q-seviyeli bulanık küme setleri kısaca anlatılmış ve problemin çözümü için takip edilmesi gereken q-ROF TOPSIS ve q-ROF CoCoSO yöntemlerinin adımları ile uygulamaya yer verilmiştir. Dördüncü bölümde iki yöntemin sonuçları incelenmiş ve duyarlılık analizi yapılarak her iki yöntemin de parametrelerindeki değişimin sonuca etkisi üzerinde inceleme yapılmıştır. Beşinci bölümde, çalışma değerlendirilmiş ve çalışmayı daha da ilerletmek adına gelecek çalışmalarda yapılabilecekler tartışılmıştır.

2. Literatür Araştırması (Literature Research)

Tesis yeri seçimi problemi işletmeler için kritik öneme sahip karar problemlerinden birisidir ve bu kararın verilme aşamasında pek çok kriter göz önünde bulundurulur (Karande ve Chatterjee, 2018). Farklı sektörlerde uygulanabilirliği olan bu problemin doğası gereği, problem çözümünde yaygın olarak Çok Kriterli Karar Verme teknikleri kullanılmaktadır (Kumar ve ark., 2010).

Literatürde yer alan farklı sektörlerde ait bazı tesis yeri seçimi problemlerine ve kullanılan Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerine bakılacak olursa; üretim yeri seçim problemlerinde AHP-TOPSIS-PROMETHEE (Yeşilkaya, 2018), Tip-2 Nötrosofik BWM-CODAS (Deveci ve ark., 2021) yöntemleri ile problem çözümünü gerçekleştirmişlerdir. Enerji sektöründen çalışmalar incelendiğinde aralık değerli Pisagor Bulanık Entropi-TOPSIS (Şeker ve Aydın, 2020), BWM- Gri İlişkisel Analiz- Vikor ve Monte Carlo Simülasyonu (Kannan ve ark., 2020), SWARA- WASPAS-

COPRAS- EDAS- WSM (Xuan ve ark., 2022) yöntemleri ile problemlere çözüm bulunduğu, sağlık sektöründeki çalışmalarda CBS Tabanlı AHP ve Bulanık AHP (Tripathi ve ark., 2021), Hiyerarşik Tabakalı BWM-CoCoSo-WASPAS (Torkayesh ve Simic, 2022) yöntemleri ile, atık ve geri dönüşüm sektöründe ise sezgisel bulanık ÇKKV tabanlı CODAS (Karagöz ve ark., 2020), tip-2 bulanık ARAS (Karagöz ve ark., 2021) yöntemleri ile problem çözümü sağlandığı görülmüştür. Elektrikli araç istasyon yer seçimi problemi ile ilgili bazı çalışmalarda SAW-TOPSIS-GRAPROMTHEE II (Abdullah ve ark., 2022), dilsel Entropi ağırlıklandırma (LEW) ve bulanık aksiyomatik tasarım (FAD) (Feng ve ark., 2021), gri DEMATEL ve belirsiz dilsel MULTIMOORA (Liu ve ark., 2019) yöntemleri ile problem çözümü sağlanmıştır. Literatürdeki farklı çalışmalarda problem içeriğine göre farklı türde ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı görülmüştür.

Çalışmanın ana konusu olan petrol istasyonu yer seçim problemi için yapılan geçmiş çalışmalardan bazıları şu şekildedir. Mokhtarian (2011) çok kriterli yer seçim problemi için sol ve sağ skorlar kullanarak yeni bir bulanık ağırlıklı ortalama yöntemi geliştirmiş ve petrol istasyonu yer seçim problemi için bu yöntemi uygulamıştır. Semih ve Seyhan (2011) çalışmasında AHP yöntemini kullanarak, istasyon sayısı, sosyal, nicel ve nitel kriterleri değerlendirerek petrol istasyon yer seçim problemini çözmüştür. Çalışmada çok detaylı bir şekilde kriter analizi yapılmıştır. MirHassani ve Ebrazi (2013) petrol istasyonu yeri seçimi problemi için esnek karışık tamsayılı doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir. Model, büyük problemleri kabul edilebilir sürelerde optimum olarak çözebilmiştir. Njoku ve Alagbe (2015) çok boyutlu Coğrafik Bilgi Sistem bazlı bir yöntem geliştirerek ve belli kriterleri göz önüne alarak 113 petrol istasyonunun değerlendirilmesini gerçekleştirmişlerdir. Alavipoor vd. (2016) Coğrafik Bilgi Sistemi bazlı bir çok kriterli karar verme yöntemi geliştirmişlerdir. Gerçek hayat problemlerindeki belirsizlik durumunu göz önüne alarak, AHP ve bulanık küme teorisi kullanarak problem çözümünü gerçekleştirmişlerdir. Gamma bulanık operatörünün kullanımının çalışmaları için uygun olduğunu belirtmiştir. Li vd. (2017) petrol istasyonu projesi için sosyal ve çevresel faktörleri göz önünde bulundurarak, çok amaçlı optimizasyon ve bulanık değerlendirme kullanarak bir bütünlük çok amaçlı karar verme yöntemi geliştirmişlerdir. Çok amaçlı kısmında, yatırım maliyeti, doldurma maliyeti ve bekleme süresi gibi durumlar dikkate alınmıştır. Fakhari vd. (2019) kirlilik oranı, maliyet, nüfus, elektrik kullanımı gibi kriterleri göz önüne alarak, İran'da 25 şehirdeki benzin istasyonu yerleşimini Z- sayıda veri zarflama analizi yardımı ile optimum olarak bulmayı hedeflemişlerdir. Ayrıca Z-sayıları bazlı bulanık veri zarflama analizi ile bahsi geçen kriterleri göz önüne alarak elde edilen sonuçları doğrulamışlardır. Ayyıldız ve Gümüş (2020), yeni bir Küresel Bulanık AHP ile Bütünlük Bulanık WASPAS yöntemi geliştirerek, gerçek bir petrol istasyon yer seçimi problemini çözmüşlerdir. Otay ve Atik (2021) gerçek bir petrol tesis yerleşimi problemini çözmek üzere, Küresel Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses yöntemi ve Küresel Bulanık WASPAS yöntemlerini önermiştir.

İlgili literatür incelendiğinde farklı çok kriterli karar verme yaklaşımları kullanılabildiği gibi bulanık tabanlı yöntemler de tercih edilmiştir. Bu çalışmada ise, önceki çalışmalardan farklı olarak q-seviyeli bulanık mantık tabanlı q-ROF TOPSIS ve q-ROF CoCoSo yöntemleri ile petrol istasyonu yer seçimine odaklanılmıştır. Q-seviyeli bulanık sayılar, belirsizliğe sahip durumları sezgisel ve pisagoryan bulanık sayılara göre daha iyi açıklayabildiği için seçilmiştir (Zhu ve ark., 2022). Böylece uzman görüşlerindeki belirsizliğin daha iyi yansıtılabildiği bir petrol istasyonu yer seçimi yaklaşımı ortaya konulmuştur. TOPSIS yönteminin seçilme nedeni pozitif ve negatif ideal çözümlere yakınlığa odaklı bir sıralama yapması iken CoCoSo yönteminin seçilme nedeni farklı değerlendirme stratejileriyle ortak bir çözüm bulabilme yeteneğidir.

3. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

Alternatif lokasyonlar arasından bir tesisin kurulacağı yerin seçimi problemi Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri ile çözülür. Bu kapsamda, petrol istasyonu için kuruluş yer seçimi problemi de bir ÇKKV problemi olarak adlandırılır. Burada seçimler nicel ya da nitel olabilir. Bu çalışmada, klasik yöntemlerin dilsel açıdan yetersizliğini gidermek adına q-seviyeli ortoper bulanık kümeler kullanılmıştır. Burada amaç, karar vericilerin değerlendirmelerindeki belirsizliği karara yansıtma ve yanlılığı ortadan kaldırmaya çalışmaktır.

Bulanık küme setleri ilk olarak Zadeh (1965) tarafından literatüre eklenmiştir. Bulanık küme setleri, net olarak durum tanımlanamayan koşullar için geliştirilmiştir. Net durumlarda, bir nesnenin bir kümeye dahil olup olmaması 0 ve 1 değerleri ile ifade edilebilirken; havanın sıcak ya da soğuk olması veya bir yiyeceğin acı olup olmaması gibi göreceli durumlarda küme aidiyeti ile ilgili kesin çıkarım yapmak mümkün olmamaktadır (Mokhtarian, 2011). Bulanık kümeler üyelik fonksiyonu üzerinden ifade edilir. Burada, her bir nesne $[0,1]$ aralığında üyelik derecesi adı verilen bir değer alır (Mokhtarian, 2011). Atanassov (1986), üye olmama derecesi ve belirsizlik durumunu da hesaplayan fonksiyonları içeren sezgisel bulanık küme kavramını ortaya atmıştır. Sonrasında Yager (2017) kendi çalışması olan Pisagor bulanık kümeleri sezgisel bulanık kümeler ile genişleterek, Q-seviyeli ortoper bulanık küme setlerini (Q-ROFs) tanımlamıştır.

Bu çalışmada, q-ROF Topsis ve q-ROF CoCoSo yöntemleri ile petrol istasyon yer seçimi problemi çözülecektir.

Çalışmada, 5 aday yerleşim yeri arasından en uygun olanı, çalışmaya katılan 3 karar vericinin belirlenen 10 kriteri değerlendirerek verdiği yanıtlar üzerinden yapılan hesaplamalar ile seçilerek tamamlanmıştır.

3.1. Q- Seviyeli Ortoper Bulanık Kümeler (Q-rung Orthoper Fuzzy Sets)

Klasik bulanık küme yaklaşımlarında hem yalnızca üyelik değerleri baz alınmaktadır hem de matematiksel operatörler için varsayımlar oluşmaktadır. Bu nedenle, klasik bulanık kümelerin farklı genişletmeleri (tip-2 bulanık sayılar, sezgisel bulanık sayılar vb.) oluşmuştur (Bustince ve ark., 2015).

Sezgisel, Pisagoryan ve q-seviyeli bulanık yaklaşımların klasik bulanık kümelere göre kullanımlarındaki en önemli avantaj üye olma ve olmama durumlarını aynı anda göz önüne almalarıdır. Buna ek olarak q-seviyeli bulanık sayılarda üye olma ve olmama arasındaki ilişkilerin q. seviyede ele alınmasından ötürü sezgisel ve pisagoryan bulanık sayılara göre belirsizliğin daha iyi açıklanabildiği değerlendirilmiştir (Zhu ve ark., 2022).

Yager (2017) tarafından literatüre katılan q-seviyeli ortoper bulanık kümelerin gösterimi Eşitlik (1) ile verilmiştir.

$$A = \{x, \mu_A(x), \nu_A(x) | x \in X\} \quad (1)$$

Burada $\mu_A(x)$ üye olma derecesini, $\nu_A(x)$ ise üye olmama derecesini göstermektedir. Her iki değer de [0,1] aralığında değer almaktadır ve Eşitlik (2)'yi sağlamaktadır.

$$(\mu_A(x))^q + (\nu_A(x))^q \leq 1 \quad (2)$$

Üye olma ve üye olmama değerlerinin toplamının 1'den küçük olma durumu söz konusudur. Buradan da belirsizlik ya da tereddüt değeri denilen değer ortaya çıkmaktadır. Bu değer Eşitlik (3) ile hesaplanmaktadır.

$$\pi_A(x) = (1 - (\mu_A(x))^q - (\nu_A(x))^q)^{1/q} \quad (3)$$

Eşitliklerde yer alan q değeri bulanık gösterim açısından kritik öneme sahiptir. Burada, q değeri 1 olduğunda sayı sezgisel bulanık sayı olurken, 2 olduğunda pisagoryan bulanık sayı halini almaktadır (Zhu ve ark., 2022). q-ROF bulanık sayılarda bu nedenle q değeri 3 ve üzerinde değerlendirilir.

3.2.1. Uygulama Adımları (Implementation Steps)

Problem q-ROF TOPSIS ve q-ROF CoCoSo yöntemleri ile çözülmüş, çıkan sonuçlar karşılaştırılarak yorumlanmıştır. 5 aday lokasyon için lokasyonlar kümesi $L = \{L_1, L_2, L_3, L_4, L_5\}$ olarak verilmiş olsun. 10 adet kriter için tanımlanan kriterler kümesi $K = \{K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7, K_8, K_9, K_{10}\}$ olarak tanımlanmıştır. Çalışmanın adımları aşağıda açıklanmıştır. Çalışmada kullanılan dilsel değişkenlere karşılık gelen q-ROF sayı değerleri tablosu Deveci vd. (2022) çalışmalarından adapte edilerek hazırlanmış ve Tablo 1'de verilmiştir. Adım 1, 2 ve 3 ortak adımlar olup, devamında yöntem bazında farklı adımlarla ilerlenerek iki ayrı uygulama da tamamlanmıştır.

Tablo 1. Dilsel İfadeler (Linguistic Terms) (Deveci vd., 2022)

Dilsel İfade	Değer	Üye olma (μ)	Üye olmama (ν)
Baskın düzeyde düşük	9	0.15	0.95
Çok düşük	8	0.25	0.85
Düşük	7	0.35	0.75
Orta- Düşük	6	0.45	0.65
Orta	5	0.55	0.55
Orta-Yüksek	4	0.65	0.45
Yüksek	3	0.75	0.35
Çok yüksek	2	0.85	0.25
Baskın düzeyde yüksek	1	0.95	0.15

Adım 1. Karar verici ağırlıklarının hesaplanması

Çalışmada 3 uzman görüşüne başvurulmuştur. Uzmanların farklı deneyim ve uzmanlık alanına sahip olmaları dolayısı ile, her birinin verdiği kararların sonuca yansımalarının aynı olmaması daha yansız bir karara ulaşmamızı sağlayabilir (Pınar ve Boran, 2020; Wang ve Li, 2018). Her bir karar verici değeri $KV_i = [\mu_i, v_i, \pi_i]$ olarak verilir ve her birinin etki değeri Eşitlik 4 ile hesaplanır.

$$\lambda_i = \frac{(1 + \mu_i^q - v_i^q)}{\sum_{i=1}^t (1 + \mu_i^q - v_i^q)} \quad \text{ve} \quad \sum_{i=1}^t \lambda_i = 1 \quad (4)$$

Adım 2. Karar verici değerlendirmelerinin, karar verici ağırlıkları ile normalize edilmesi

Bu adımda her bir lokasyona ait kriter değerlendirmesi yapan karar vericilerin kendi ağırlıklarını da yansıtarak hesaplanan normalize edilmiş değerler tablosu Eşitlik 5'te verilen q-ROFWA operatörü (Liu ve Wang, 2018) ile hesaplanmıştır.

$$q - ROFWA(\alpha_1, \dots, \alpha_t) = \left\langle \left(1 - \prod_{i=1}^t (1 - \mu_i^q)^{\lambda_i}\right)^{\frac{1}{q}}, \prod_{i=1}^t v_i^{\lambda_i} \right\rangle \quad (5)$$

Adım 3. Kriter ağırlıklarının belirlenmesi

Bu aşamada, karar vericilerin her bir kriter için yaptığı değerlendirmeler her bir karar vericinin ağırlığı da dikkate alınarak q-ROF sayılarına çevrilir ve kriter ağırlıkları hesaplanır. Ağırlık hesaplama formülasyonu (Pınar ve Boran, 2020) Eşitlik 6'da verilmiştir.

$$W = \frac{\sum_{i=1}^t \lambda_i (1 + \mu_i^q - v_i^q)}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^t \lambda_i (1 + \mu_i^q - v_i^q)} \quad (6)$$

Burada, n kriter sayısını gösterir ve $W = [w_1, w_2, w_3, \dots, w_n]$ dir.

İlk üç aşama ile hesaplanan veriler, q-ROF TOPSIS ve q-ROF CoCoSo ile kullanılacaktır.

3.2.1.1. q-ROF TOPSIS Uygulaması (q-ROF TOPSIS Implementation)

İlk üç adım tamamlandıktan sonra problem öncelikle q-ROF TOPSIS kullanılarak çözülmüştür.

Adım 4. Normalize edilmiş karar matrisi, ağırlıklarla işleme girerek yeniden güncellenecektir. Bu hesaplama (Pınar ve Boran, 2020) Eşitlik 7'de verilmiştir. Yeni oluşan matris elemanları yine q-ROF sayıları ile ifade edilmektedir.

$$(w_i \alpha_t) = \left\langle \left(1 - (1 - \mu_t^q)^{w_i}\right)^{\frac{1}{q}}, v_t^{w_i} \right\rangle, \pi_{Aj} = \left\langle (1 - \mu_{Aj}^q - v_{Aj}^q) \right\rangle^{1/q} \quad (7)$$

Adım 5 ve Adım 6. q-ROF pozitif ve negatif ideal çözümler bulunmuş ve ardından Pınar ve Boran (2020) pozitif ve negatif ideal çözüme yakınlığın hesaplaması ile ilgili geliştirdikleri formül kullanılmıştır. Burada q-ROFPIS kâr maksimizasyonu ile ilgilenirken, q-ROFNIS kâr minimizasyonu ile ilgilenir (Pınar, 2021).

Adım 7. q-ROF TOPSIS uygulamasının son aşamasında ideal çözüme göreceli yakınlıklar hesaplanarak, hesaplama sonucu çıkan değerler sıralanmış ve en yüksek değere sahip aday yerleşim yeri bulunmuştur. Hesaplama formülü Eşitlik 8'de verilmiştir (Pınar ve Boran, 2020).

$$C_{i^*} = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad \text{ve} \quad 0 \leq C_{i^*} \leq 1 \quad (8)$$

Bu hesaplamada S_i^+ ve S_i^- değerleri her bir aday seçeneğin q-ROFPIS ve q-ROFNIS ideal çözümleri ile arasındaki uzaklığı belirleyen değerlerdir.

3.2.1.2. q-ROF CoCoSo Uygulaması (q-ROF CoCoSo Implementation)

İlk üç adım uygulandıktan sonra çalışma önce q-ROF TOPSIS ile çözülmüştür. Çalışmanın son kısmında yer seçim problemi q-ROF CoCoSo ile çözümlenerek sonuçlar yorumlanacaktır. q-ROF CoCoSo yönteminin adımları Peng ve Huang (2020)'ın çalışmasından alınmıştır.

Adım 4. Adım 2'de oluşturulan normalize edilmiş matrisle ait skor fonksiyon matris değerleri (Peng ve Huang, 2020) Eşitlik 9 kullanılarak hesaplanır.

$$r_{ij} = \mu_{ij}^q - v_{ij}^q - \ln(1 + \pi_{ij}^q) \quad (9)$$

Adım 5. Elde edilen skor fonksiyon matrisi Eşitlik 10 ile normalize edilir.

$$r'_{ij} = \begin{cases} \frac{r_{ij} - r_j^-}{r_j^+ - r_j^-}, & r_j^- = \min r_{ij} \\ \frac{r_j^+ - r_{ij}}{r_j^+ - r_j^-}, & r_j^+ = \max r_{ij} \end{cases} \quad (10)$$

Adım 6. Ağırlıklandırılmış karşılaştırılabilir dizisinin toplamı ve ağırlıklandırılmış karşılaştırılabilir dizisinin güç ağırlığı değerleri S_i ve P_i , Eşitlik 11 ve Eşitlik 12 ile hesaplanabilir. Ağırlık değerleri Adım 3'te hesaplanmıştır.

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j * r'_{ij} \quad (11)$$

$$P_i = \sum_{j=1}^n (r'_{ij})^{w_j} \quad (12)$$

Adım 7 ve Adım 8. Son iki adımda adaylar için göreceli ağırlıklar hesaplanır ve her bir aday için değerlendirme kriteri hesaplanarak seçim için en uygun aday belirlenir. Hesaplamalar Eşitlik 13- 16 olarak verilmiştir.

$$k_{ia} = \frac{P_i + S_i}{\sum_{i=1}^m (P_i + S_i)} \quad (13)$$

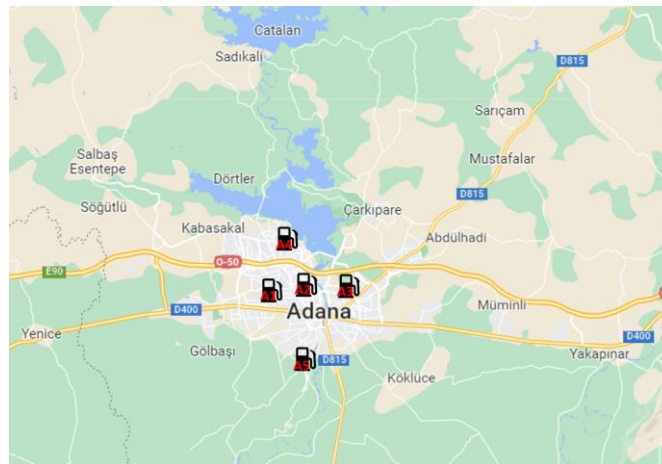
$$k_{ib} = \frac{S_i}{\min S_i} + \frac{P_i}{\min P_i} \quad (14)$$

$$k_{ic} = \frac{\lambda S_i + (1 - \lambda) P_i}{\lambda \max S_i + (1 - \lambda) \max P_i}, 0 \leq \lambda \leq 1 \quad (15)$$

$$k_i = \sqrt[3]{k_{ia} * k_{ib} * k_{ic}} + \frac{k_{ia} + k_{ib} + k_{ic}}{3} \quad (16)$$

3.3. Problem tanımı ve Uygulama (Problem definition and Application)

Orta ölçekli bir petrol firması Adana şehrinde yeni bir istasyon kurmak istemektedir. Bu amaçla seçilen 5 aday lokasyon 3 karar verici tarafından değerlendirilmiştir. Karar vericiler, aday yerleri 10 kriter üzerinden değerlendirmiştir. Şekil 1'de aday lokasyonlar harita üzerinde görülmektedir. Bu lokasyonlardan, A1, A2, A3 veya A4'ün seçilmesi durumunda sıfırdan kurulum olacaktır ancak, A5 seçilirse varolan bir istasyonun geliştirilerek ve genişletilerek yenilenmesi gerçekleşecektir. Çünkü A5 lokasyonunda halihazırda eski bir istasyon bulunmaktadır.



Şekil11. Petrol İstasyonu için Aday Lokasyonlar (Candidate Locations for Gas Station)

Çalışmada varolan 9 kriter literatür çalışmaları incelenerek belirlenmiştir. Literatürde varolan kriterlere ilişkin veriler Tablo 2'de verilmiştir. Bunun yanı sıra çalışmaya yeni bir kriter de eklenmiştir. Bu kriter, sözleşme süresi

olup, karar verme aşamasında kısa olan sözleşmeler, elektrikli araç istasyonu gibi yeni nesil istasyonlara dönüşme potansiyeli olmayan petrol istasyonlarının kalıcılığını tehdit eden bir unsur olarak algılanabilmektedir.

Tablo 2. Kriter- Literatür Çalışması Tablosu (Criteria – Literature Study Table)

Kriter	İlgili Literatür Çalışması
Görünürlük	Toksoy Erdoğan, 2012; Erbaş ve ark., 2018
Elektrikli Araç İstasyonuna Yakınlık	Erbaş ve ark., 2018
Ulaşılabilirlik	Toksoy Erdoğan, 2012
Ek servis	Toksoy Erdoğan, 2012; Zhao ve Li, 2016;
Trafik durumu	Mokhtarian, 2011; Zhao ve Li, 2016; Otay ve Atik, 2021; Feng ve ark.,2021
Atık oranı- tarım arazilerine yakınlık	Zhao ve Li, 2016; Feng ve ark.,2021
Nüfus yoğunluğu	Toksoy Erdoğan, 2012; Zhao ve Li, 2016; Erbaş ve ark., 2018
Rakiplerin etkinliği	Toksoy Erdoğan, 2012
Maliyet	Toksoy Erdoğan, 2012; Zhao ve Li, 2016; Feng ve ark., 2021

Çalışmada kullanılan kriterler Tablo 3’de verilmiştir. Kriterler görünürlük gibi en çok olması istenen kriterleri içerebildiği gibi maliyet gibi en az olması istenen kriterleri de içermektedir. Bu nedenle, karar vericilerin değerlendirme yaparken negatif yönlü kriterler için (örneğin maliyet gibi) en düşük olana en iyi puanı vermeleri istenmiştir. Bu nedenle bütün analizler kriterlerin pozitif yönlü olduğu düşünülerek yapılmıştır.

Tablo 3. Kriterler (Criteria)

Görünürlük	K1
Elektrikli Araç İstasyonuna Yakınlık	K2
Ulaşılabilirlik	K3
Ek servis	K4
Trafik durumu	K5
Atık oranı- Tarım arazilerine yakınlık	K6
Nüfus yoğunluğu	K7
Sözleşme süresi	K8
Rakiplerin etkinliği	K9
Maliyet	K10

Tablo 3’de verilen kriterlerden K1, istasyonun araçlar tarafından görünür olması ile ilgili olan kriterdir. İstasyonun araçlar tarafından fark edilir olması açısından önemlidir. K2 için o bölgede hibrit araçlar bulunduğu göstergesi olabileceği söylenebilir. K3, istasyona ulaşımın kolay olması ile ilgili olan kriterdir. Günümüzde, sürücülerin istasyon tercihlerinde hijyenik ortamlar, kafeler gibi servislerin önemli etkisi olduğu bilinmektedir. K4 bu amaçla eklenen kriterdir. K5 kriteri için, yoğun trafik ortamında istasyonun işlek olabileceği söylenebilir. Yine yoğun trafik ortamında hız da yapılamayacak olması fark edilirliliği arttıracaktır. K6, çevresel sorumluluğun önemli olduğunu belirten kriterdir. K7 potansiyel müşteri sayısı ile bağıntılı olan bir kriterdir. K8, yeni bir kriter olup, kısa olan sözleşmelerin elektrikli araç istasyonu gibi yeni nesil istasyonlara dönüşme potansiyeli olmayan petrol istasyonlarının kalıcılığını tehdit eden bir unsur olarak algılanabildiği baz alınarak oluşturulmuş bir kriterdir. Elektrikli araç kullanımının yaygınlaşması, elektrikli araç şarj istasyonlarına olan ihtiyacı arttıracaktır. Bu durumda gerekli alt yapı ve hazırlığa sahip petrol istasyonları elektrikli araç şarj istasyonlarına dönüşümünü sağlayarak varlığını sürdürebilecektir. Ancak bu koşullara sahip olmayan petrol istasyonlarının kalıcılıkları tehdit altında olacaktır. Uzun sözleşme süreleri dönüşüm için gerekli altyapıya sahip olmayan petrol istasyonlarının varlığını sürdürmeleri açısından risk taşımaktadır. K9 rakiplerle ilgili bir kriterdir ve K10 da kurulum ve işletme maliyetlerini kapsayan son kriter olarak belirlenmiştir.

Karar vericiler olarak sektörde 10 yıldan uzun deneyime sahip bir istasyon sahibi (KV1), yer seçimi için katkı sunmak üzere şehir planlama uzmanı (KV2) ve tesis yer seçimi konusunda deneyime sahip bir akademisyen (KV3) seçilmiştir. Karar vericiler farklı uzmanlık alanlarına sahip olduğundan değerlendirmeleri farklı olabilmektedir. Bu nedenle karar vericilerin de ağırlıklandırılarak değerlendirmenin nihâi hali ortaya konulmalıdır. Karar vericilerin ağırlıklarının belirlenmesi için dilsel değişkene ait sayısal değerleri deneyim sürelerine bağlı olarak sırasıyla 2,3 ve 4 olarak belirlenmiş olup, Eşitlik 4’e göre $q=3$ için $\lambda_i = [0.3842, 0.3314, 0.2844]$ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4 ve 5'te kriter ağırlıklarının ve alternatiflerin değerlendirilmesi için uzmanlar tarafından yapılan değerlendirme matrisleri sunulmuştur. Tablo 4'te karar vericilerin, her bir lokasyon için yaptığı değerlendirmeler dilsel değişken değeri olarak verilmiştir. Hesaplamalar yapılırken bu Tablo 4 üzerindeki değerler ile karar verici ağırlıkları kullanılmıştır. Tablo 5'te ise karar vericiler tarafından yapılan ve kriterlerin ağırlıklandırılmasını sağlayan değerler yer almaktadır.

Tablo 4. Karar Vericiler Tarafından Alternatiflerin Değerlendirilmesi (Evaluation of Alternatives by Decision Makers)

Kriterler	Alternatifler	KV1	KV2	KV3	Kriterler	Alternatifler	KV1	KV2	KV3
K1	A1	5	4	3	K6	A1	2	3	4
	A2	1	2	2		A2	4	5	7
	A3	2	3	2		A3	6	7	9
	A4	3	2	3		A4	6	5	7
	A5	6	4	3		A5	1	1	2
K2	A1	8	5	7	K7	A1	3	4	3
	A2	7	6	6		A2	1	2	1
	A3	6	4	4		A3	2	1	2
	A4	6	5	6		A4	4	3	4
	A5	8	6	7		A5	6	5	7
K3	A1	2	3	1	K8	A1	2	3	2
	A2	2	1	1		A2	6	7	5
	A3	3	2	3		A3	5	6	4
	A4	4	4	2		A4	6	5	6
	A5	3	3	1		A5	1	2	2
K4	A1	3	3	3	K9	A1	4	5	3
	A2	6	5	5		A2	2	4	3
	A3	6	4	6		A3	1	1	1
	A4	5	6	4		A4	3	4	3
	A5	2	2	1		A5	6	8	6
K5	A1	6	5	3	K10	A1	2	1	2
	A2	1	1	1		A2	3	5	4
	A3	1	3	1		A3	5	7	8
	A4	5	6	5		A4	4	6	4
	A5	3	7	1		A5	1	1	1

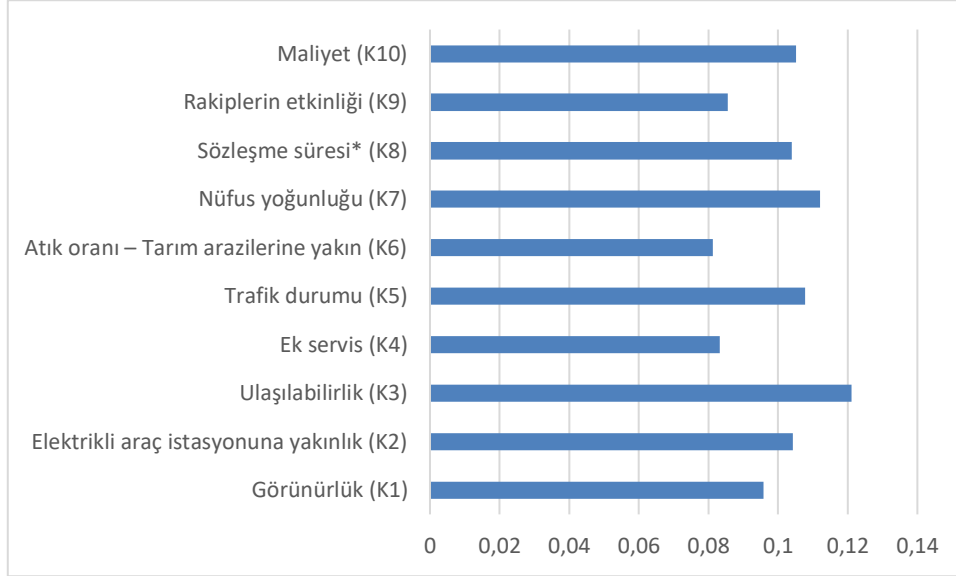
Tablo 5. Kriter ağırlıklarının belirlenmesi için karar matrisi (Decision Matrix for Evaluating Criteria Weights)

Kriterler	KV1	KV2	KV3
Görünürlük (K1)	1	4	5
Elektrikli araç istasyonuna yakınlık (K2)	4	2	1
Ulaşılabilirlik (K3)	2	1	1
Ek servis (K4)	3	4	5
Trafik durumu (K5)	1	3	3
Atık oranı - Tarım arazilerine yakın (K6)	5	3	4
Nüfus yoğunluğu (K7)	1	3	2
Sözleşme süresi * (K8)	1	3	4
Rakiplerin etkinliği (K9)	4	5	2
Maliyet (K10)	2	3	2

4. Hesaplama Sonuçları (Computational Results)

4.1. Kriter Ağırlıklarının Değerlendirilmesi (Evaluation of Criteria Weights)

Kriter ağırlıkları Şekil 2 ve Tablo 6'da görülmekte olup, en önemli kriterin ulaşılabilirlik (K3) olduğu görülmektedir. Bunun dışında, nüfus yoğunluğu (K7), elektrikli araç istasyonlarına yakınlık (K2), maliyet (K10) ve sözleşme süresi (K8) en yüksek ağırlığa sahip alternatifler olarak belirlenmiştir. Atık oranı – tarım arazilerine yakınlık (K6) ve ek servis (K4) ise en düşük ağırlığa sahip olan kriterlerdir.



Şekil 2. Kriter Ağırlıkları (Criteria Weights)

Tablo 6. Kriter Ağırlıkları (Criteria Weights)

Kriter	Ağırlık	Önem Sırası
Görünürlük (K1)	0.0958	7
Elektrikli araç istasyonuna yakınlık (K2)	0.1043	5
Ulaşılabilirlik (K3)	0.1211	1
Ek servis (K4)	0.0832	9
Trafik durumu (K5)	0.1077	3
Atık oranı- Tarım arazilerine yakın (K6)	0.0812	10
Nüfus yoğunluğu (K7)	0.1120	2
Sözleşme süresi (K8)	0.1039	6
Rakiplerin etkinliği (K9)	0.0856	8
Maliyet (K10)	0.1052	4

4.2. q-ROF TOPSIS Yöntemi Sonuçları (Results of q-ROF TOPSIS Method)

Tablo 7'de görülen yöntem sonuçlarına göre sıralama sonucunda en uygun alternatif sıralaması A5-A2-A1-A3-A4 şeklinde gerçekleşmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde, A5 ve A2 alternatiflerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Bu nedenle, duyarlılık analizi sonucunda en doğru alternatifin bulunması ya da diğer yöntemlerden elde edilecek sonuçlarla doğrulama yapılması ideal alternatifin seçiminde önemli olabilir. Diğer alternatif sıralamaları göz önüne alındığında özellikle A4'ün diğerlerine göre daha düşük sıralamaya sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 7. q-ROF TOPSIS yöntemi sonuçları (Results of q-ROF TOPSIS method)

	S*	S-	C _i *	Sıralama
A1	0.0805	0.0780	0.4921	3
A2	0.0728	0.0857	0.5405	2
A3	0.0846	0.0739	0.4663	4
A4	0.1207	0.0378	0.2384	5
A5	0.0725	0.0860	0.5426	1

4.3. q-ROF CoCoSo Yöntemi Sonuçları (Results of q-ROF CoCoSo Method)

Q-ROF CoCoSo yönteminin sonuçları Tablo 8'de görülmektedir. Yöntemin uygulanması sonucunda en uygun alternatif sıralaması A2-A5-A3-A4-A1 şeklinde gerçekleşmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde, A2 ve A5 alternatiflerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Yine, diğer metod için de geçerli olduğu gibi duyarlılık analizi sonucunda en doğru alternatifin bulunması ya da diğer yöntemlerden de elde edilecek sonuçlarla doğrulama yapılması ideal alternatifin seçiminde önemli olabilir. Diğer alternatif sıralamaları göz önüne alındığında A1 ve A4'ün diğerlerine göre daha düşük sıralamaya sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 8. q-ROF CoCoSo yöntemi sonuçları (Results of q-ROF CoCoSo method)

	S_i	P_i	$k1_i$	$k2_i$	$k3_i$	k_i	Sıralama
A1	0.698687	9.632347	0.19609	2	0.823378	1.692549	5
A2	0.848561	9.82408	0.202574	2.234415	1	1.913465	1
A3	0.818583	9.789336	0.201346	2.1879	0.964671	1.869797	3
A4	0.72982	9.673612	0.197465	2.048844	0.860067	1.738817	4
A5	0.846375	9.823669	0.202525	2.231242	0.997423	1.910447	2

4.4. Yöntemlerin Kıyaslanması (Comparison of Methods)

Tablo 7 ve Tablo 8'de ortaya konulan sonuçlar incelendiğinde iki yöntemin sonuçlarında benzerlikler ve farklılıklar görülmektedir. Her iki yaklaşım da en iyi çözümü ayırt etme konusunda benzer yaklaşımlar sergilemişlerdir. q-ROF TOPSIS yönteminde göreceli yakınlıklara bakıldığında A2 ve A5 alternatiflerinin 0.5405 ve 0.5426 değerlerini aldıkları görülmektedir. q-ROF CoCoSo yönteminde de benzer şekilde göreceli ağırlıklara göre yine A2 ve A5 alternatiflerinin 1.9134 ve 1.9104 değerlerini aldıkları görülmektedir. Buna göre her iki yöntem için de en iyi çözümü belirleme konusunda benzer yaklaşım sergiledikleri yorumlanabilir. Küçük farklılıklara göre sıralamalar q-ROF TOPSIS için A5 ve A2 şeklinde olurken, q-ROF CoCoSo için A2 ve A5 olmuştur. Buna göre, en iyi alternatifin A2 ve A5 olduğu söylenebilir. Benzer yorumlar A3 ve A4'ün sıralamasında da yapılabilir. Her iki yöntem de A3 alternatifini A4 alternatifine göre daha önemli olarak sıralamıştır. Yöntemler arasındaki en önemli farklılık A1'in sıralamasındadır. q-ROF TOPSIS yöntemi en iyi ve en kötü çözümlere uzaklık odaklı hesaplama yaparken, q-ROF CoCoSo yöntemi farklı ağırlıklandırma yaklaşımlarına göre oluşturulan değerlendirme puanları bazlı bir yaklaşım sergilemektedir. Bu nedenle, kriter ağırlıkların etkisinden dolayı A1 alternatifinin iki yöntemde farklı sıralamalar aldığı görülebilir.

4.5. Duyarlılık Analizi (Sensitivity Analysis)

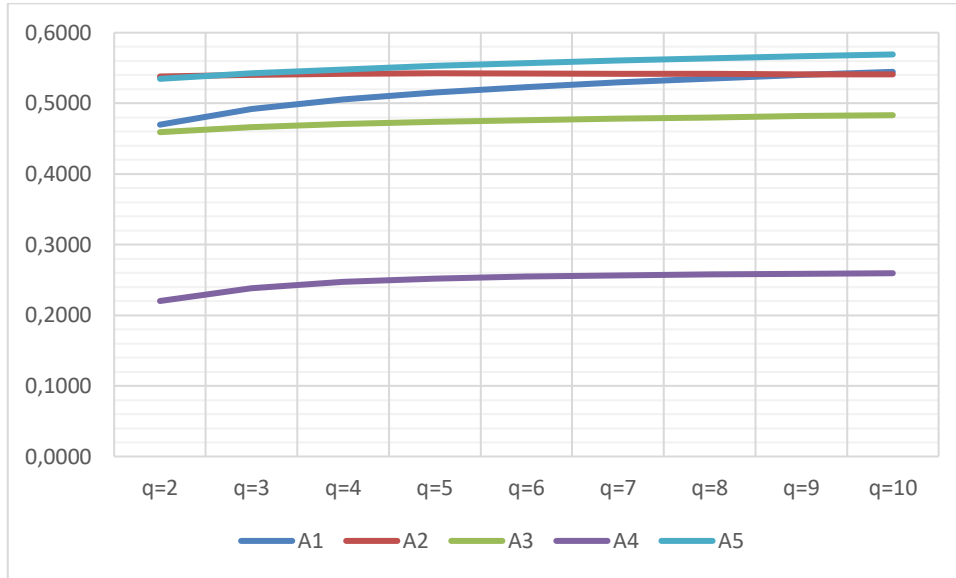
Q-ROF TOPSIS yönteminde seçilen q değeri sonuç üzerinde etkili olabilmektedir. Bu nedenle farklı q değerlerinin değerlendirilmesi ve yöntemin belirlediği sıralamalar üzerindeki etkisi tartışılmalıdır. Tablo 9'da görülebileceği üzere q değerinin neredeyse tüm değerlerinde A2 ve A5 alternatiflerinin en iyi iki alternatif olduğu görülmektedir. q için belirlenen parametre değerlerinin 2 dışındaki tüm değerleri için ise en iyi alternatif A5 olmaktadır. Bu durum, parametre seçiminin q-ROF TOPSIS yöntemiyle yapılan uygulamada sonuç üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Pınar ve Boran (2020), p değerini 1 almıştır. Bu çalışmada da p değeri 1 olarak kabul edilmiştir.

Tablo 9. q-ROF TOPSIS yöntemi için duyarlılık analizi sonuçları (Sensitivity analysis results of q-ROF TOPSIS)

	q değeri								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A1	0.4698	0.4921	0.5056	0.5153	0.5230	0.5296	0.5352	0.5402	0.5446
A2	0.5380	0.5405	0.5417	0.5422	0.5422	0.5420	0.5416	0.5412	0.5408
A3	0.4592	0.4663	0.4706	0.4738	0.4763	0.4784	0.4802	0.4818	0.4832
A4	0.2202	0.2384	0.2474	0.2522	0.2549	0.2567	0.2579	0.2587	0.2595
A5	0.5347	0.5426	0.5482	0.5527	0.5567	0.5603	0.5636	0.5665	0.5692

Q-ROF TOPSIS yöntemi için alternatiflerin farklı q değerlerine göre sıralama puanlarındaki değişim Şekil 3'te görülmektedir. Buna göre A1 için farklı q değerlerine göre sıralama puanının arttığı, diğer alternatifler için görece

sabit kaldığı görülmektedir.



Şekil 3. q-ROF TOPSIS için alternatiflerin q değerlerine göre nihai sıralamalarının değişimi (Changes in the order of candidates based on q value for q-ROF TOPSIS)

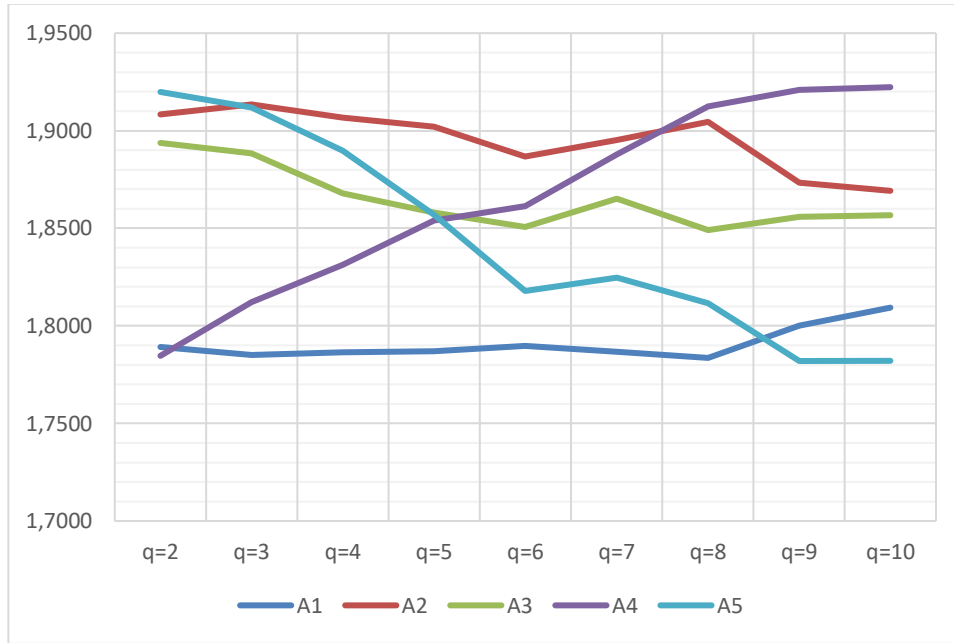
q-ROF CoCoSo yönteminin q ve λ olmak üzere iki kullanıcı tanımlı parametresi bulunmaktadır. Yapılan duyarlılık analizi sonuçlarına göre Tablo 10 incelendiğinde λ parametresinin sonuç üzerinde etkisi olmadığı net bir şekilde görülmektedir. Hesap değerleri λ değerlerine bağlı değişse de sıralama üzerinde bir etkisi bulunmamaktadır. q değerleri ise sonuç üzerinde sınırlı düzeyde etkilidir. $q=2$ değerini aldığı anda, en iyi iki alternatif A5 ve A2 olmaktadır. Buna ek olarak q , 3 ile 5 arasında değiştiğinde en iyi iki alternatif A2 ve A5 olmakta iken 6 ve sonrasında A2 ve A4 olmaktadır. Buna göre sonuç üzerinde q değerinin bir etkisi bulunmakla birlikte en iyi alternatiflerin A2-A5-A4 olarak sıralanması sıklıkla değişmemektedir. Çalışmada $q = 3$ ve $\lambda = 1$ olarak alınmıştır.

Tablo 10. q-rof CoCoSo yöntemi için duyarlılık analizi sonuçları (Sensitivity analysis results of q-ROF CoCoSo)

q=2	λ									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
A1	1.7893	1.7882	1.7869	1.7852	1.7828	1.7796	1.7747	1.7664	1.7495	1.6962
A2	1.9084	1.9083	1.9081	1.9080	1.9078	1.9075	1.9071	1.9064	1.9049	1.9005
A3	1.8938	1.8935	1.8932	1.8929	1.8924	1.8917	1.8907	1.8889	1.8854	1.8745
A4	1.7846	1.7835	1.7821	1.7803	1.7779	1.7746	1.7695	1.7609	1.7434	1.6881
A5	1.9199	1.9199	1.9199	1.9199	1.9199	1.9199	1.9199	1.9199	1.9199	1.9199
q=3	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
A1	1.7852	1.7841	1.7828	1.7811	1.7788	1.7755	1.7707	1.7625	1.7457	1.6925
A2	1.9135	1.9135	1.9135	1.9135	1.9135	1.9135	1.9135	1.9135	1.9135	1.9135
A3	1.8884	1.8882	1.8879	1.8875	1.8871	1.8864	1.8854	1.8838	1.8804	1.8698
A4	1.8121	1.8113	1.8102	1.8089	1.8070	1.8045	1.8006	1.7941	1.7808	1.7388
A5	1.9119	1.9119	1.9119	1.9119	1.9118	1.9118	1.9117	1.9116	1.9113	1.9104
q=4	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
A1	1.7865	1.7855	1.7842	1.7826	1.7804	1.7773	1.7727	1.7649	1.7490	1.6988
A2	1.9068	1.9068	1.9068	1.9068	1.9068	1.9068	1.9068	1.9068	1.9068	1.9068
A3	1.8680	1.8676	1.8672	1.8667	1.8660	1.8650	1.8636	1.8611	1.8561	1.8404
A4	1.8313	1.8307	1.8299	1.8288	1.8275	1.8255	1.8226	1.8177	1.8077	1.7764
A5	1.8898	1.8897	1.8895	1.8893	1.8890	1.8885	1.8879	1.8868	1.8845	1.8775
q=5	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
A1	1.7871	1.7861	1.7849	1.7833	1.7812	1.7783	1.7738	1.7663	1.7511	1.7035
A2	1.9022	1.9022	1.9022	1.9022	1.9022	1.9022	1.9022	1.9022	1.9022	1.9022

A3	1.8582	1.8578	1.8573	1.8567	1.8560	1.8549	1.8532	1.8504	1.8448	1.8274
A4	1.8540	1.8536	1.8531	1.8524	1.8515	1.8502	1.8483	1.8451	1.8387	1.8187
A5	1.8569	1.8565	1.8561	1.8555	1.8547	1.8536	1.8519	1.8491	1.8434	1.8258
q=6	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
A1	1.7898	1.7890	1.7879	1.7865	1.7847	1.7821	1.7783	1.7718	1.7587	1.7179
A2	1.8868	1.8868	1.8868	1.8868	1.8868	1.8868	1.8868	1.8868	1.8868	1.8868
A3	1.8508	1.8505	1.8501	1.8496	1.8489	1.8480	1.8466	1.8443	1.8395	1.8250
A4	1.8614	1.8612	1.8609	1.8605	1.8600	1.8593	1.8583	1.8566	1.8531	1.8423
A5	1.8179	1.8173	1.8166	1.8157	1.8145	1.8128	1.8102	1.8060	1.7973	1.7706
q=7	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
A1	1.7867	1.7858	1.7846	1.7832	1.7812	1.7784	1.7743	1.7673	1.7532	1.7096
A2	1.8952	1.8952	1.8952	1.8952	1.8952	1.8952	1.8952	1.8952	1.8952	1.8952
A3	1.8652	1.8649	1.8646	1.8642	1.8637	1.8629	1.8617	1.8598	1.8558	1.8438
A4	1.8878	1.8878	1.8877	1.8876	1.8874	1.8872	1.8869	1.8864	1.8853	1.8822
A5	1.8248	1.8242	1.8235	1.8226	1.8213	1.8196	1.8170	1.8126	1.8037	1.7764
q=8	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
A1	1.7836	1.7825	1.7812	1.7795	1.7773	1.7741	1.7694	1.7614	1.7454	1.6962
A2	1.9046	1.9045	1.9044	1.9043	1.9042	1.9040	1.9037	1.9032	1.9022	1.8991
A3	1.8491	1.8486	1.8479	1.8471	1.8461	1.8445	1.8423	1.8385	1.8308	1.8076
A4	1.9126	1.9126	1.9126	1.9126	1.9126	1.9126	1.9126	1.9126	1.9126	1.9126
A5	1.8116	1.8108	1.8098	1.8085	1.8068	1.8043	1.8007	1.7945	1.7822	1.7444
q=9	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
A1	1.8002	1.7992	1.7980	1.7964	1.7942	1.7912	1.7867	1.7792	1.7642	1.7187
A2	1.8734	1.8730	1.8725	1.8719	1.8711	1.8700	1.8683	1.8655	1.8598	1.8430
A3	1.8558	1.8553	1.8546	1.8537	1.8526	1.8510	1.8486	1.8446	1.8367	1.8128
A4	1.9208	1.9208	1.9208	1.9208	1.9208	1.9208	1.9208	1.9208	1.9208	1.9208
A5	1.7820	1.7809	1.7795	1.7777	1.7753	1.7720	1.7670	1.7587	1.7419	1.6911
q=10	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
A1	1.8093	1.8084	1.8072	1.8057	1.8037	1.8008	1.7966	1.7895	1.7753	1.7330
A2	1.8692	1.8688	1.8682	1.8675	1.8666	1.8653	1.8633	1.8601	1.8536	1.8344
A3	1.8567	1.8561	1.8554	1.8545	1.8534	1.8517	1.8493	1.8452	1.8370	1.8129
A4	1.9223	1.9223	1.9223	1.9223	1.9223	1.9223	1.9223	1.9223	1.9223	1.9223
A5	1.7821	1.7809	1.7795	1.7777	1.7752	1.7718	1.7666	1.7581	1.7409	1.6894

Şekil 4 incelendiğinde özellikle A5 ve A4'ün farklı q değerlerine göre sıralama puanlarının ters yönlü değiştiği gözlenmektedir. Ancak A2 alternatifi için q değerinden bağımsız sıralamanın genellikle yüksek olduğu söylenebilir.



Şekil 4. q-ROF CoCoSo için alternatiflerin q değerlerine göre nihai sıralamalarının değişimi (Changes in the order of candidates based on q value for q-ROF CoCoSo)

5. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Petrol istasyonları mobilite için önemli noktalardan birisidir. Özellikle artan elektrikli araç talebi ile birlikte düşen menziller petrol/yakıt istasyon seçimi problemi önemli bir problem haline getirmiştir. Halen elektrikli araçlara dönüşüm sürerken fosil yakıtların kullanımı sürmekte olup, bu çalışmada bu nedenle yakıt istasyon seçimi araştırılmıştır. Böylece karar vericilerin kullanabileceği bir seçim yaklaşımı ve uygulama sonucunda Adana bölgesi için istasyon yer seçimi gerçekleştirilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre 10 kriter önemli olabilecek kriterler olarak belirlenmiş ve buna göre Adana ilinde uzmanlar tarafından seçilen 5 alternatif nokta sıralanmıştır. Kriterler literatürden alındığı gibi, özgün kriterler de çalışmaya eklenmiştir. En önemli kriter olarak; ulaşılabilirlik (K3) kriteri belirlenmiş olup nüfus yoğunluğu (K7), elektrikli araç istasyonlarına yakınlık (K2), maliyet (K10) ve sözleşme süresi (K8) kriterleri de en yüksek ağırlığa sahip kriterler olarak belirlenmiştir. Atık oranı - tarım arazilerine yakınlık (K6) ve ek servis (K4) ise en düşük ağırlığa sahip kriterlerdir. Alternatiflerin sıralanması değerlendirildiğinde ise A2 ve A5 lokasyonları hem q-ROF TOPSIS hem de q-ROF CoCoSo yöntemlerine göre en başarılı alternatifler olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmada objektif değerlendirmeler için oluşturulan bulanık genişletmelerden q-ROF yaklaşımını içeren iki yöntem kullanılmıştır. Gelecekte farklı çok kriterli karar verme yöntemlerinin de denenmesi mümkün olabilir. İncelenen problem farklı kriterler için genelleştirilebilir ve son olarak daha fazla karar verici ile verilen kararın etkinliği artırılabilir.

Bu çalışma, literatürde bilindiği kadarıyla petrol istasyon seçim problemi ile q-ROF bulanık sayı tabanlı yaklaşımların ele alındığı ilk çalışmadır. Ayrıca, incelenen çok kriterli karar verme yöntemlerine yeni kriter eklenmesi de problemin literatürüne katkı sağlamaktadır. Q-ROF TOPSIS ve q-ROF CoCoSo yöntemleriyle ilgili literatürde yapılan çalışmalar sınırlıdır. Çalışmada ortaya konulan kriterler benzer yer seçimi problemlerine adapte edilebilir, önerilen yaklaşım yer seçiminde karar vericilere destek sağlayabilir ve önerilen yöntemlerle ilgili farklı uygulamalara öncülük edebilir.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

Acknowledgement

Bu çalışma 41. YAEM konferansında özet bildiri olarak kabul edilmiş ve sözlü sunum olarak sunulmuştur. This study was accepted as an abstract and was presented as an oral presentation at 41st YAEM congress in Denizli, 2022.

Kaynaklar (References)

- Abdullah, H. M., Gastli, A., Ben-Brahim, L., & Mohammed, S. O., 2022. Integrated Multi-Criteria Model for Long-Term Placement of Electric Vehicle Chargers. *IEEE Access*, 10, 123452-123473.
- Alavipoor, F. S., Karimi, S., Balist, J., & Khakian, A. H., 2016. A geographic information system for gas power plant location using analytical hierarchy process and fuzzy logic. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 2(2), 197-207.
- Atanassov, K.T., 1986. Intuitionistic Fuzzy Sets. *Fuzzy Sets and Systems*, 20, 87-96.
- Ayyildiz, E., & Taskin Gumus, A., 2020. A novel spherical fuzzy AHP-integrated spherical WASPAS methodology for petrol station location selection problem: a real case study for İstanbul. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(29), 36109-36120.
- Bustince, H., Barrenechea, E., Fernández, J., Pagola, M., & Montero, J., 2015. The origin of fuzzy extensions. *Springer handbook of computational intelligence*, 89-112.
- Deveci, M., Simic, V., & Torkayesh, A. E., 2021. Remanufacturing facility location for automotive lithium-ion batteries: An integrated neutrosophic decision-making model. *Journal of Cleaner Production*, 317.
- Deveci, M., Pamucar, D., Cali, U., Kantar, E., Kölle, K., & Tande, J. O., 2022. Hybrid q-Rung Orthopair Fuzzy Sets Based CoCoSo Model for Floating Offshore Wind Farm Site Selection in Norway. *CSEE Journal of Power and Energy Systems*, 8(5), 1261-1280.
- Erbaş, M., Kabak, M., Özceylan, E., & Çetinkaya, C., 2018. Optimal siting of electric vehicle charging stations: A GIS-based fuzzy Multi-Criteria Decision Analysis. *Energy*, 163, 1017-1031.
- European Green Deal, 2019. https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/european-green-deal-communication_en.pdf. Erişim tarihi: 29.09.2022.
- Fakhari, F., Tavakkoli-Moghaddam, R., Tohidifard, M., & Ghaderi, S. F., 2019. Location Optimization of Gas Power Plants by a Z-Number Data Envelopment Analysis. In *Optimization of Complex Systems: Theory, Models, Algorithms and Applications* (pp. 926-936). Springer International Publishing.
- Feng, J., Xu, S. X., & Li, M., 2021. A novel multi-criteria decision-making method for selecting the site of an electric-vehicle charging station from a sustainable perspective. *Sustainable Cities and Society*, 65.
- Kannan, D., Moazzeni, S., Darmian, S. M. & Afrasiabi, A., 2020. A hybrid approach based on MCDM methods and Monte Carlo simulation for sustainable evaluation of potential solar sites in east of Iran. *Journal of Cleaner Production*, 279.
- Karagoz, S., Deveci, M., Simic, V., Aydin, N. & Bolukbas, U., 2020. A novel intuitionistic fuzzy MCDM-based CODAS approach for locating an authorized dismantling center: A case study of İstanbul. *Waste Management & Research*, 38(6), 1-13.
- Karagöz, S., Deveci, M., Simic, V. & Aydin, N., 2021. Interval type-2 fuzzy ARAS method for recycling facility location problems. *Applied Soft Computing*, 102.
- Karande, P. ve Chatterjee, P., 2018. Desirability function approach for selection of facility location: A case study. *IEOM Society International*, 1700-1708.
- Kumar, R., Athawale, V. M. ve Chakraborty, S., 2010. Facility location selection using the UTA method. *The IUP Journal of Operations Management*, 9(4), 21-34.
- Liu, H. C., Yang, M., Zhou, M., & Tian, G., 2018. An integrated multi-criteria decision making approach to location planning of electric vehicle charging stations. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 20(1), 362-373.
- Liu, P., & Wang, P., 2018. Some q-rung orthopair fuzzy aggregation operators and their applications to multiple-attribute decision making. *International Journal of Intelligent Systems*, 33(2), 259-280.
- Li, S., Su, B., St-Pierre, D. L., Sui, P. C., Zhang, G., & Xiao, J., 2017. Decision-making of compressed natural gas station siting for public transportation: Integration of multi-objective optimization, fuzzy evaluating, and radar charting. *Energy*, 140, 11-17.
- MirHassani, S. A., & Ebrazi, R., 2013. A flexible reformulation of the refueling station location problem. *Transportation Science*, 47(4), 617-628.
- Mokhtarian, M., 2011. A new fuzzy weighted average (FWA) method based on left and right scores: An application for determining a suitable location for a gas oil station. *Computers & Mathematics with Applications*, 61(10), 3136-3145.
- Njoku, C. G., & Alagbe, A. O., 2015. Site suitability assessment of petrol filling stations (PFSs) in Oyo Town, Oyo State, Nigeria: a geographic information systems (GIS) approach. *ISOR Journal of Environmental Science, Technology and Food Technology (ISOR-JESTFT)* e-ISSN, 2319-2402.
- Otay, I., Atik, S., 2021. Multi-criteria Oil Station Location Evaluation Using Spherical AHP&WASPAS: A Real-Life Case Study. In: Kahraman, C., Cevik Onar, S., Oztaysi, B., Sari, I., Cebi, S., Tolga, A. (ed.) *Intelligent and Fuzzy Techniques: Smart and Innovative Solutions. INFUS 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1197, içinde (s. 591-598) Springer, Cham.
- Peng, X., & Huang, H., 2020. Fuzzy decision making method based on CoCoSo with critic for financial risk evaluation. *Technological and Economic Development of Economy*, 26(4), 695.
- Pinar, A., Boran, F. E., 2020. A q-rung orthopair fuzzy multi-criteria group decision making method for supplier selection based on a novel distance measure. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, 11, 1749-1780.
- Pınar, A. 2021. Üçüncü Parti Lojistik Firma Seçiminde Q Seviyeli Bulanık TOPSIS Uygulaması. *Journal of the Turkish Operations Management (JTOM)*, 5(1), 588-597.
- Semih, T., Seyhan, S., 2011. A multi-criteria factor evaluation model for gas station site selection. *evaluation*, 2(1), 12-21.
- Şeker, S. ve Aydin, N., 2020. Hydrogen production facility location selection for Black Sea using entropy based TOPSIS under IVPF environment. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(32), 15855-15868.
- Toksoy Erdoğan, M., 2012. Çok Nitelikli Karar Verme Yöntemleri ve VIKOR Yöntemi ile bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Torkayesh, A. E. ve Simic, V., 2022. Stratified hybrid decision model with constrained attributes: Recycling facility location for urban healthcare plastic waste. *Sustainable Cities and Society*, 77.

- Tripathi, A. K., Agrawal, S. & Gupta, R. D., 202. Comparison of GIS-based AHP and fuzzy AHP methods for hospital site selection: A case study for Prayagraj City, India. *GeoJournal*, 87.
- Wang, R., Li, Y., 2018. A novel approach for green supplier selection under a q-rung orthopair fuzzy environment. *Symmetry*, 10(12), 687.
- Xuan, H. A., Trinh, V. V., Kuaanan, T. & Phoungthong, K., 2022. Use of hybrid MCDM methods for site location of solar-powered hydrogen production plants in Uzbekistan. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52.
- Yeşilkaya, M., 2018. Çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile kağıt fabrikası kuruluş yeri seçimi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(4), 31-44.
- Yıldızhan, D., Erenoğlu, AK, Erdiñç, O., 2022. Elektrikli Araç Entegrasyonunun Dağıtım Sistemine Etkilerinin İncelenmesi ve Şarj İstasyonu Altyapısının Tayin Edilmesi, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 10(4), 1232- 1242.
- Yager, R. R., Alajlan, N., 2017. Approximate Reasoning With Generalized Orthopair Fuzzy Sets. *Information Fusion*, 38, 65-73.
- Zadeh, L. A., 1965. Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353.
- Zhao, H., Li, N., 2016. Optimal siting of charging stations for electric vehicles based on fuzzy Delphi and hybrid multi-criteria decision-making approaches from an extended sustainability perspective. *Energies*, 9(4), 270.
- Zhu, H., Zhao, J., & Li, H. , 2022. Q-ROF-SIR methods and their applications to multiple attribute decision making. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, 1-13.