

TCDD İLTİSAK HATLARI PROJELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE UZLAŞIK ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİ UYGULAMASI

Osman KILIÇ, Hakan ÇERÇİOĞLU

Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara
kilicosman36@gmail.com, cercioglu@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 03.03.2015; Kabul/Accepted: 30.12.2015)

ÖZET

Karar vermenin zor ve riskli olduğu en önemli alanlardan birisi yatırım kararlarıdır. Karar vericiler projeleri değerlendirirken birden fazla alternatifi ve değerlendirme kriterini dikkate alarak en uygun alternatifi seçmek durumundadır. Bu çalışmada, Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demir Yollarının (TCDD) yük taşıma kapasitesi yüksek olan Organize Sanayi Bölgesi (OSB), fabrika, tesis vb. 78 yere planladığı demiryolu bağlantısı (iltisak hattı) için bir önceliklendirme yapılmıştır. Demiryolu bağlantılarının değerlendirilmesinde kullanılan kriterler; CRITIC (CRiteria Importance Through Intercriteria Correlation), Standart Sapma (Standard Deviation-SD) ve Ortalama Ağırlık (Mean Weight- MW) gibi üç farklı kriter ağırlıklandırma yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır. Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) metotlarından TOPSIS ve VIKOR yöntemi uygulanarak bu 78 yer için altı farklı öncelik sırası belirlenmiştir. Belirlenen sıralamalar bir veri birleştirme yöntemi olarak bilinen Borda Sayım Metodu ile birleştirilerek bütünleşik tek bir sıralama elde edilmiştir. ÇÖKV yöntemleriyle elde edilen sıralamalar, Spearman Sıralama Korelasyon Katsayısı (SSKK) yöntemine göre bütünleşik sıralamayla karşılaştırılmıştır. MW yöntemiyle kriterlerin ağırlıklandırıldığı VIKOR sıralamasının bütünleşik sıralamaya en yakın sıralama olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: TOPSIS, VIKOR, kriter ağırlıklandırma, borda sayım yöntemi, spearman sıralama korelasyon katsayısı (SSKK)

APPLICATION OF COMPROMISE MULTIPLE CRITERIA DECISION MAKING METHODS FOR EVALUATION OF TCDD'S RAILWAY LINES PROJECTS

ABSTRACT

Investment decisions are one of the most important decision-making areas that are difficult and risky. Decision-makers should take multiple alternatives and evaluation criteria into account for project evaluation for choosing the optimum alternative. In this study, there have been made a prioritization application for 78 alternative railway line connection project planned by the Republic of Turkey State Railways (TCDD) to nodes like Organized Industrial Zone (OSB), factory, plant etc. that are carrying high load capacity. The criteria used in the evaluation of the rail lines were weighted by three different criteria weighting methods such as CRITIC (CRiteria Importance Through Intercriteria Correlation), Standard Deviation (SD) and Mean Weight (MW). Six different priority orders are determined for 78 railway line project by the application of TOPSIS and VIKOR Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods. After the application of Borda Count Data Fusion Technique, an integrated ranking has been obtained by combining all the rankings derived. The rankings, which are obtained by MCDM method, were compared the integrated ranking method using Spearman's Rank Correlation Coefficient (SRCC). Ranking of VIKOR, which the criterias were weighted by MW method, has been determined that it was closest ranking to the integrated rankings

Keywords: TOPSIS, VIKOR, criteria weighting, borda count method, spearman's rank correlation coefficient (SRCC)

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Karar verme, günümüzde çok zor ve karmaşık bir duruma gelmiştir. Karar vermenin zor ve riskli olduğu en önemli alanlardan birisi de yatırım kararlarıdır. Yatırımcı, doğru karar vermesi açısından elinde birden fazla alternatifinin olması ve bu alternatifleri de doğru ve kabul edilebilir yöntemlere göre sıralaması gerekmektedir. Bu yöntemlerden birisi de Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleridir. ÇKKV, Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) ve Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) olmak üzere iki kategoriye ayrılmaktadır [1]. ÇAKV yöntemlerinde daha çok bir matematiksel programlama yöntemi kullanılarak alternatifler değerlendirilir. ÇÖKV yöntemlerinde ise bazı ölçütler kullanılarak alternatifler gruplanabilir, seçilebilir veya sıralanabilir. Son yıllarda literatürde ÇKKV yöntemi kullanılarak yer seçimi problemlerinde Choudhary ve Shankar [2], Garcia ve ark. [3], Guo ve Zhao [4]; Araç, malzeme-ekipman seçimi problemlerinde Yılmaz ve Dağdeviren [5], Girubha ve Vinodh [6], Kabak ve Uyar [7]; Personel seçimi problemlerinde Dağdeviren [8], Dursun ve Karsak [9], Kazan ve ark. [10]; Tedarikçi seçimi problemlerinde Dağdeviren ve Eraslan [11], Arıkan ve Küçükçe [12], Junior ve ark. [13], Karsak ve Dursun [14] çalışma yapmıştır. Bu çalışmalar incelendiğinde, çalışmada kullanılan ÇKKV yönteminin yanı sıra seçilen kriter ağırlıklandırma yönteminin de çok önemli olduğu görülmektedir. ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalarda daha çok karar vericilerin tercihlerine göre kriterlerin ağırlıklandırıldığı subjektif yöntemler ile karar vericilerin yargılarını dikkate almayan Entropi [15], CRITIC [16], SD [16, 17], MW [16, 17] vb. objektif yöntemler kullanılmaktadır. Yatırım projelerinin seçiminde de ÇKKV ve kriter ağırlıklandırma yöntemleri beraber kullanılabilir. Yatırım kararının doğru verilmesi açısından projelerin farklı kriterlere göre değerlendirilmesi önem arz etmektedir. ÇKKV yöntemleri de alternatif projelerin değerlendirilmesi açısından uygun yöntemlerdir. Literatürde projelerin seçimi ile ilgili son yıllarda yapılan bazı çalışmalar, bu çalışmalarda kullanılan ÇKKV ve kriter ağırlıklandırma yöntemleri Tablo1'de verilmiştir. Proje veya yatırım projesi seçimi ile ilgili ÇKKV

yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalar incelendiğinde az sayıda alternatifin kullanıldığı, kriter ağırlıklandırma yöntemi olarak genelde bir yöntemin kullanıldığı ve projelerin sıralanmasında veri birleştirme yöntemlerinin kullanılmadığı görülmektedir. Proje alternatiflerinin çok sayıda olması durumunda ÇKKV yöntemleri sonucu elde edilen sıralamanın daha sağlıklı bir sonuç vermesi bakımından birden fazla kriter ağırlıklandırma yönteminin kullanılması ve elde edilen farklı sıralamaların birleştirilerek tek sıralama oluşturulması optimal sonuç alınması açısından önem arz etmektedir. Bu çalışmada demiryolu sektöründe yapılacak yatırımlar için uzlaşık ÇÖKV problemi ele alınmıştır. Uzlaşık çözüm için ÇÖKV yöntemlerinden olan TOPSIS ve VIKOR yöntemi kullanılmıştır. ÇÖKV metotlarından VIKOR ve TOPSIS ideal yakınlığı dikkate alan uzlaşık program temelli yöntemlerdir. VIKOR lineer normalizasyonu, TOPSIS vektör normalizasyonunu kullanır. VIKOR metodu, çoğunluk için maksimum grup faydayı ve karşıt görüştekiler için minimum pişmanlığı sağlayan ideale yakın bir çözüm belirler. TOPSIS yöntemi ise, uygulama sonucunda pozitif ideal çözümden en kısa öklid mesafesinde, negatif ideal çözümden ise en uzak öklid mesafesinde olan alternatifini belirler [27]. Bu çalışmada; TCDD'nin demiryoluyla yük taşıma miktarını artırmak amacıyla demiryolu bağlantısı planladığı organize sanayi bölgesi, fabrika, tesis vb. 78 yer için bir öncelik sırası belirleme çalışması yapılmıştır. Değerlendirme kriteri olarak projelere ait Net Bugünkü Değer (NBD), İç Karlılık Oranı (İKO), Fayda-Maliyet oranı (F/M), Ekonomik Fayda (EF) ve Proje Riski (PR) değerleri dikkate alınmıştır. Değerlendirmenin sağlıklı olması ve karar vericinin önyargılarından kaçınılması açısından CRITIC, SD, MW gibi üç objektif kriter ağırlıklandırma yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan kriterlerin bazılarının sıfır ve negatif değerler olması nedeniyle entropy metodu kullanılmamıştır. Her bir değerlendirme kriteri üç yöntemle ağırlıklandırıldıktan sonra ÇÖKV tekniklerinden ve uzlaşık temelli olan TOPSIS ve VIKOR yöntemine göre projelerin sıralamaları belirlenmiştir. Üç farklı kriter ağırlıklandırma yöntemi kullanıldığından altı farklı proje öncelik sıralaması elde edilmiştir. Bu sıralamalar Borda Sayım Metoduna göre

Tablo 1. Proje seçimi ile ilgili literatür taraması (Literature review about project selection)

Çalışma	Değerlendirilen Alternatif Sayısı	Kriter Ağırlıklandırma Yöntemi	Kullanılan ÇKKV Yöntemi
Salehi [18]	5	Üçgen bulanık sayı	Bulanık TOPSIS
Mojahed ve Dodangeh [19]	5	AHP	TOPSIS
Amiri [20]	5	AHP	Bulanık TOPSIS
Cristobal [21]	13	AHP	VIKOR
Santawy ve Ahmed [22]	8	Uzman Görüşü	VIKOR
Khamehchi ve ark. [23]	3	Entropi	TOPSIS
Beltran ve ark. [24]	4	AHP	AHP ve ANP
Kilic ve Kaya [25]	5	Bulanık AHP	Bulanık TOPSIS
Şengül ve ark. [26]	4	Bulanık Shannon entropi	Bulanık TOPSIS

birleştirilerek bütünlük tek sıralama elde edilmiştir. ÇÖKV yöntemleriyle elde edilen sıralamalar, SSKK yöntemine göre bütünlük sıralamaya karşılaştırılmıştır.

2. YÖNTEMLER (METHODS)

Bu bölümde; çalışmada kullanılan değerlendirme kriterleri, objektif kriter ağırlıklandırma yöntemleri, ÇÖKV tekniklerinden TOPSIS ve VIKOR yöntemleri, Borda Sayım Metodu ve SSKK hakkında bilgi verilmiştir.

2.1 Değerlendirme Kriterleri (Evaluation Criteria)

Bu çalışmada alternatifleri değerlendirmek için NBD, İKO, F/M, PR ve EF gibi 5 tane değerlendirme kriteri dikkate alınmıştır.

NBD(C₁): Bir projenin NBD'si, o projenin gelecekteki nakit giriş ve çıkışlarının bugünkü değerleri arasındaki farkın toplamı olarak tanımlanır.

İKO(C₂): İKO, projenin net bugünkü değerini sıfır yapan iskonto oranıdır.

F/M(C₃): F/M Oranı, bir projenin ekonomik ömrü boyunca sağlayacağı faydaların bugünkü değerinin, maliyetlerin bugünkü değerine oranıdır.

PR(C₄): PR; Öngörülemeden ancak projeyi engellemesi muhtemel olaylardır.

EF(C₅): EF, projenin mali getirisinin dışında elde edilen tasarruflardır.

2.2 Kriter Ağırlıklandırma Yöntemleri (Criteria Weighting Methods)

Kriter ağırlıklandırmada karar vericinin önyargılarını dikkate almayan objektif yöntemleri kullanmak daha gerçekçi sonuç vermektedir. Literatürde objektif kriter ağırlıklandırma yöntemlerinin ÇÖKV yöntemleriyle birlikte kullanıldığı az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan Diakoulaki ve ark. [16] ÇKKV problemlerinde kriterleri ağırlıklandırmak için CRITIC, SD ve MW yöntemini kullanmıştır. Deng ve ark. [17] Entropy, SD, CRITIC, MW yöntemini TOPSIS ile birlikte, Yılmaz ve Harmancioğlu [28] subjektif yöntem olan AHP ile Entropy, SD, CRITIC, MW gibi objektif yöntemleri SAW (Simple Additive Weighting), TOPSIS ve uzlaşık programlama ile birlikte, Çakır ve Perçin [29] ise CRITIC yöntemini SAW, TOPSIS ve VIKOR ile birlikte kullanmıştır. Bu çalışmada kullanılan kriterler ağırlıklandırma yöntemleri aşağıda açıklanmıştır.

CRITIC yöntemi

CRITIC metodu, kriter ağırlıklandırma işlemi için kriterlerin hem standart sapmasını hem de diğer kriterlerle arasındaki korelasyonu işleme dahil eden

objektif bir yöntem olup yöntemin algoritması aşağıda verilmiştir [16, 30];

Adım 1: Karar matrisi elemanları (x_{ij}) Eş. 1 ve Eş. 2 kullanılarak normalize (r_{ij}) edilir.

$$\text{Fayda kriteri için ; } r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (1)$$

$$\text{Maliyet kriteri için; } r_{ij} = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (2)$$

$i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n$

x_{ij}^{\max} : j kriterinin maksimum bileşeni,

x_{ij}^{\min} : j kriterinin minimum bileşeni

Adım 2: Kriterler arası ilişkinin derecesini belirlemek için korelasyon katsayıları (ρ_{jk}) Eş. 3 kullanılarak hesaplanır.

$$\rho_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)(r_{ik} - \bar{r}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)^2 \sum_{i=1}^m (r_{ik} - \bar{r}_k)^2}} \quad (j,k=1,2,\dots,n) \quad (3)$$

Adım 3: Kriterde bulunan toplam bilgi (C_j), Eş. 4'e göre, standart sapma (σ_j) ise Eş.5'e göre hesaplanmaktadır.

$$C_j = \sigma_j \sum_{k=1}^n (1 - \rho_{jk}) \quad j=1,2,\dots,n \quad (4)$$

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)^2}{m}} \quad (5)$$

Adım 4: Kriter ağırlıkları (w_j) Eş. 6'ya göre hesaplanır.

$$w_j = \frac{C_j}{\sum_{k=1}^n (C_k)} \quad (j=1,2,\dots,n) \quad (6)$$

SD yöntemi

SD metodu kriter ağırlıklandırma işlemi için kriterlerin standart sapmalarını dikkate almakta olup yöntemin algoritması aşağıda verilmiştir [16];

Adım 1: CRITIC yöntemindeki Adım 1' göre karar matrisinin normalizasyonu yapılır.

Adım 2: Standart sapma Eş.5'e göre, kriter ağırlıkları ise Eş. 7'ye göre hesaplanır.

$$w_j = \frac{\sigma_j}{\sum_{k=1}^n \sigma_k} \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

MW yöntemi

MW metodu bütün kriterlerin eşit ağırlığa sahip olduğu varsayımını işleme dahil etmektedir. bu yöntemde göre kriter ağırlıkları Eş. 8'e göre hesaplanmaktadır [16].

$$w_j = \frac{1}{m} \quad (8)$$

2.3 TOPSIS Yöntemi (The TOPSIS Method)

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), Hwang ve Yoon [1] tarafından geliştirilmiş çok nitelikli karar verme yöntemlerinden birisidir. TOPSIS yönteminin temel prensibi seçilen alternatifin pozitif ideal çözüme en yakın mesafede, negatif ideal çözüme ise en uzak mesafede olmasıdır [27]. Pozitif ideal çözüm, ele alınan problemle ilgili toplam faydayı maksimize ederken aynı zamanda toplam maliyeti minimize eden çözümdür. Tersine olarak, negatif ideal çözüm faydayı minimize ederken toplam maliyeti maksimize eden çözümdür [31]. TOPSIS yöntemi kompleks algoritmalar ve karmaşık matematiksel modeller içermeyen oldukça basit bir yöntemdir. Anlaşılmasının kolay olması ve sonuçlarının yorumlanmasında zorlanılmaması nedeniyle hemen hemen birçok alanda TOPSIS tekniğinden faydalanılmaktadır [32].

TOPSIS yönteminin adımları aşağıda tanımlanmıştır [27];

Adım 1: Karar matrisi elemanları (f_{ij}) kullanılarak Eş. 9'a göre normalize karar matrisi (r_{ij}) hesaplanır.

$$r_{ij} = \frac{f_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^J f_{ij}^2}} \quad (9)$$

$$j = 1, \dots, J; \quad i = 1, \dots, n;$$

Adım 2: Ağırlıklı normalize karar matrisi (v_{ij}) Eş. 10'a göre hesaplanır.

$$v_{ij} = w_i r_{ij} \quad j = 1, \dots, J; \quad i = 1, \dots, n; \quad (10)$$

Adım 3: İdeal (A^*) ve negatif ideal (A^-) çözüm setinin bulunması Eş. 11 ve Eş.12'ye göre hesaplanır.

$$A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\} = \left\{ \left(\max_i v_{ij} \mid i \in I' \right), \left(\min_i v_{ij} \mid i \in I'' \right) \right\} \quad (11)$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} = \left\{ \left(\min_i v_{ij} \mid i \in I' \right), \left(\max_i v_{ij} \mid i \in I'' \right) \right\} \quad (12)$$

Her iki formülde de I' fayda, I'' ise maliyet kriterini göstermektedir.

Adım 4: Karar noktalarına ilişkin sapma değerleri olan ideal ayırım (D_j^*) ve negatif ideal ayırım (D_j^-) ölçüsünün hesaplanması Eş. 13 ve Eş. 14'e göre hesaplanır.

$$D_j^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (13)$$

$$D_j^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (14)$$

Adım 5: İdeal çözüme görelî yakınlık değeri (C_j^*) Eş. 15'e göre hesaplanır.

$$C_j^* = \frac{D_j^-}{D_j^- + D_j^*} \quad (15)$$

Adım 6: Alternatifler C_j^* değerlerine göre sıralanır.

2.4 VIKOR Yöntemi (The VIKOR Method)

VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemi çok kriterli karmaşık sistemlerin optimizasyonu için geliştirilmiş bir tekniktir. Bu yöntem birbiri ile çelişen kriterler altında alternatiflerin sıralamasını belirleyerek en uygun alternatifleri belirler. Yöntemin temelinde, alternatifler ışığında ve değerlendirme kriterleri kapsamında bir uzlaşık çözümün tespit edilmesi vardır. Bu uzlaşık çözüm, ideal çözüme en yakın çözüm olarak ortaya çıkmaktadır. VIKOR, temeli "ideal çözüme yakınlık" ölçümüne dayanan çok kriterli karar sıralama indeksi olarak da tanımlanır [27]. VIKOR yöntemi, alternatifler arasında uzlaşık çözüm bularak birbiriyle çelişen kriterlerin varlığında, karar vericinin nihai bir çözüme ulaşmasına yardımcı olmaktadır.

VIKOR yöntemi Opricovic [33] tarafından çok kriterli karar verme problemlerinde uygulanabilir bir teknik olarak sunulmuş olup yöntemin algoritması aşağıda verilmiştir [27];

Adım 1: Her bir kriter için en iyi (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) değerler belirlenir. Kriter i "fayda" kriteri ise Eş.16'ya göre hesaplanır.

$$f_i^* = \max_j f_{ij}, \quad f_i^- = \min_j f_{ij} \quad (16)$$

Adım 2: Her bir alternatif için ortalama grup fayda değeri (S_j) ve en büyük pişmanlık değeri (R_j) Eş.17 ve 18'e göre hesaplanır.

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-) \quad (17)$$

$$R_j = \max_i \left[w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-) \right] \quad (18)$$

Adım 3: Her bir alternatif için Q_j değeri Eş.19'a göre hesaplanır.

$$Q_j = v(S_j - S^*) / (S^- - S^*) + (1-v)(R_j - R^*) / (R^- - R^*) \quad (19)$$

Burada;

$$S^* = \min_j S_j, \quad S^- = \max_j S_j, \quad R^* = \min_j R_j, \quad R^- = \max_j R_j.$$

v değeri kriterlerin çoğunluğunun ağırlığını (maksimum grup faydasını) göstermektedir. $v=0,5$ 'tir.

Adım 4: Elde edilen Q, S ve R değerleri küçükten büyüğe sıralanır. Üç sıralama listesi oluşturulur.

Adım 5: Elde edilen sonucun geçerli olması için aşağıdaki iki koşul sağlanmalıdır. Ancak bu şekilde, minimum Q değerine sahip alternatif (A_1), en iyi olarak nitelendirilebilir.

Koşul 1 (C1)- Kabul edilebilir avantaj: En iyi ve en iyiye en yakın seçenek arasında belirgin bir fark olduğunun kanıtlanmasını içeren koşuldur ve Eş.20-21'ya göre hesaplanır. J : Alternatif sayısı.

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq DQ \quad (20)$$

$$DQ = (1/J - 1) \quad (21)$$

Koşul 2 (C2) -(Kabul edilebilir istikrar) : En iyi Q değerine sahip A_1 alternatifi, S ve R değerlerinden en az bir tanesinde en iyi skoru elde etmiş olmalıdır. Bu iki koşuldan birinin sağlanamaması halinde aşağıda belirtilen uzlaşık çözüm seti önerilmektedir.

- Koşul 2 sağlanmıyorsa A_1 ve A_2 alternatifleri,

- Koşul 1 sağlanmıyorsa A_1, A_2, \dots, A_M alternatifleri,

A_M alternatifi maksimum M için aşağıdaki Eş.22 ilişkisinin sağlanması sonucu elde edilir.

$$Q(A_M) - Q(A_1) < DQ \quad (22)$$

Q değerine göre yapılan uzlaşık sıralamaya göre minimum Q değerine sahip alternatif en iyi alternatif olarak seçilir.

2.5 Borda Sayım Metodu (Borda Count Method)

Bir sosyal seçim fonksiyonu olan Borda Sayım Metodunda, verilen puan sayısı aday sayısına göre belirlenir. En çok oy toplayan adaya aday sayısı kadar puan (n), ikinci sıradaki adaya ($n-1$), en sondaki adaya da 1 puan verilmektedir.

ÇÖKV yöntemleriyle birlikte Borda Sayım Metodunu Pourjavad [34] üretim hatlarının sıralanmasında, Çakır ve Perçin [29] lojistik firmalarında performans ölçümünde Chitsaz ve Banihabib [35] sel yönetimi alternatiflerinin sıralanmasında kullanmıştır.

2.6 SSKK Yöntemi (The SRCC Method)

SSKK, sıralamalı ölçekle ölçülen iki değişken arasındaki ilişkiyi açıklar. Katsayı hesaplanırken, verilerin kendi değerleri üzerinden değil de verilerin sıra sayıları üzerinden yapılır. Bu katsayı -1 ile +1 arasında değişken değerler almaktadır. İlişki olmadığı durumda katsayı sıfıra yaklaşırken, kuvvetli bir ilişki olması durumunda bulunan değer mutlak değer olarak 1'e yaklaşmaktadır. İlişki katsayısının işaretinin pozitif olması aynı yönlü ilişkiyi, negatif olması ters yönlü ilişkiyi göstermektedir.

SSKK (r_s) Eş.23'ye göre hesaplanır.

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)} \quad (23)$$

d : X ve Y değişkenlerinin sıralamaları arasındaki fark
 n : Örneklem büyüklüğü

3. UYGULAMA (APPLICATION)

TCDD iltisak hattı yapılabilecek yerlerin belirlenmesi kapsamında "İltisak Hattı Yapılacak Yerlerin Araştırılması Genel Değerlendirme Raporu [36]" hazırlanmıştır. Bu raporda [36], demiryolu bağlantısı yapılabilecek 78 OSB, fabrika, tesis, vb. kurum, kuruluş veya şirket tespit edilmiştir. Bu çalışmanın amacı da bu iltisak hatlarının yapılma önceliğinin belirlemektir.

3.1 Değerlendirme Kriterleri (Evaluation Criteria)

Bu çalışmada kullanılan kriterler ve bu kriterlere ilişkin bilgiler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Kriter tipleri ve ölçü birimleri (Types of criterion and units of measurement)

Kriter Adı	Kullanım Tipi	Ölçü Birimi
NBD (C1)	Maksimum	Milyon TL
İKO (C2)	Maksimum	Yüzde (%)
F/M (C3)	Maksimum	Oran
PR (C4)	Minimum	Ölçü (1-5)
EF (C2)	Maksimum	Milyon TL

Projelerin değerlendirilmesinde kullanılan kriter değerleri Tablo 3’te verilmiştir.

3.2 Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması (Calculation of Criteria Weights)

Eş. 6-13 kullanılarak CRITIC, SD, MW yöntemlerine göre elde edilen kriter ağırlıkları Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Kriter Ağırlıkları (Criteria weights)

Yöntem	C1	C2	C3	C4	C5
CRITIC	0,16	0,11	0,11	0,46	0,16
SD	0,20	0,15	0,15	0,36	0,14
MW	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20

3.3 Uygulama Sonuçları (Application Results)

Eş. 1-8 kullanılarak CRITIC, SD ve MW yöntemlerine göre kriter ağırlıkları hesaplandıktan sonra Eş. 9-15 kullanılarak TOPSIS yöntemi ile üç sıralama ve Eş. 16-22 kullanılarak VIKOR yöntemi ile de üç sıralama olmak üzere toplam altı sıralama elde edilmiştir. VIKOR yönteminin 6.adımında sağlanması gereken iki koşul da sağlanmıştır. Bu altı sıralamanın bütünleştirilerek daha rasyonel tek bir sıralama elde edilmesi için Borda Sayım Metodu kullanılmıştır. Borda Sayım Metoduna göre ilk önce elde edilen tüm sıralamalar için ilk sıradaki projeye 78 puan en sondaki projeye ise 1 puan verilmiştir. Daha sonra elde edilen altı sıralamanın puanları toplanarak tek bir puan elde edilmiştir. Toplam puanlara göre en yüksek puan alan proje ilk sırada en az puan alan proje ise son sırada yer almıştır. TOPSIS ve VIKOR değerleri, sıralamaları ve Borda puanları ile bütünlük sıralama Tablo 5’te verilmiştir. Toplam Borda puanına göre ilk sırada 455 puanla P25, son sırada ise 10 puanla P78 projesi yer almaktadır.

Tablo 3. Kriter değerleri (Values for criteria)

Proje	C1	C2	C3	C4	C5	Proje	C1	C2	C3	C4	C5
P1	75.30	0.07	1.33	5	54.16	P40	- 56.19	0.02	0.60	4	2.83
P2	108.51	0.18	2.96	5	13.56	P41	- 27.35	-0.02	0.14	3	- 0.06
P3	195.51	3.09	47.55	5	3.86	P42	- 69.22	-0.01	0.29	4	- 0.35
P4	51.64	0.11	1.79	5	7.86	P43	-119.36	-0.03	0.09	4	- 1.61
P5	53.05	0.11	1.82	5	12.00	P44	- 91.23	-0.03	0.05	4	- 0.78
P6	176.27	0.15	2.47	5	17.99	P45	10.87	0.09	1.57	2	1.31
P7	- 14.81	0.04	0.90	5	11.56	P46	- 6.48	0.03	0.79	2	2.27
P8	84.42	0.09	1.60	5	20.44	P47	- 12.43	0.03	0.72	3	2.63
P9	26.74	0.07	1.25	5	13.47	P48	- 32.66	0.02	0.64	4	1.80
P10	- 0.46	0.05	1.00	5	12.51	P49	- 96.31	0.01	0.53	4	3.88
P11	0.63	0.05	1.01	2	5.57	P50	- 63.52	0.00	0.33	3	4.28
P12	20.86	0.08	1.39	2	7.28	P51	- 41.22	-0.01	0.30	4	0.53
P13	14.68	0.09	1.53	2	4.29	P52	- 67.96	-0.01	0.29	4	1.66
P14	5.56	0.06	1.17	2	3.69	P53	-130.87	0.01	0.45	3	0.24
P15	- 19.70	0.04	0.89	3	11.69	P54	- 88.11	0.00	0.37	3	4.27
P16	- 79.29	0.01	0.54	4	12.82	P55	- 7.52	0.04	0.85	3	2.03
P17	9.42	0.09	1.60	2	2.61	P56	45.93	0.11	1.92	3	2.96
P18	3.27	0.06	1.07	3	2.35	P57	- 4.25	0.03	0.69	4	1.42
P19	- 23.39	0.04	0.81	4	7.67	P58	46.01	0.08	1.41	1	0.29
P20	- 33.79	0.02	0.58	2	3.93	P59	92.41	0.09	1.49	3	3.79
P21	- 60.99	0.01	0.46	2	6.83	P60	-100.06	0.03	0.75	4	12.05
P22	- 30.39	0.01	0.46	2	1.98	P61	- 91.81	0.02	0.64	4	9.35
P23	- 40.49	0.00	0.42	2	2.14	P62	- 52.65	0.03	0.75	2	7.24
P24	- 28.04	0.01	0.50	2	1.59	P63	-143.01	0.02	0.60	4	24.80
P25	48.77	0.69	10.75	2	5.81	P64	- 12.40	0.02	0.62	2	0.72
P26	- 30.59	-0.01	0.26	3	2.97	P65	- 42.13	-0.01	0.31	3	3.10
P27	1.45	0.06	1.08	2	1.62	P66	- 97.56	0.02	0.60	4	9.32
P28	2.71	0.06	1.10	2	4.27	P67	- 29.17	0.00	0.41	2	0.47
P29	- 35.52	0.01	0.51	2	2.84	P68	-256.01	-0.01	0.25	4	9.29
P30	-117.95	-0.01	0.28	2	5.16	P69	- 92.95	-0.02	0.18	4	1.07
P31	- 94.99	0.00	0.34	2	3.39	P70	- 66.80	0.03	0.74	4	-17.96
P32	- 63.04	-0.02	0.18	4	0.07	P71	- 2.19	0.05	0.94	3	2.88
P33	55.29	0.19	3.05	3	11.41	P72	228.20	0.17	2.72	3	5.56
P34	28.17	0.12	1.93	5	8.00	P73	- 4.12	0.04	0.90	3	0.12
P35	- 35.50	0.03	0.74	2	12.28	P74	- 4.54	0.04	0.89	3	3.18
P36	- 17.11	0.02	0.62	2	2.38	P75	- 45.76	0.02	0.56	4	0.38
P37	- 47.29	0.00	0.38	3	3.20	P76	- 60.13	0.00	0.41	4	3.37
P38	- 14.98	-0.01	0.25	3	- 1.29	P77	- 96.46	-0.01	0.25	5	1.76
P39	- 26.70	0.00	0.41	5	1.68	P78	-124.92	-0.01	0.31	5	0.33

3.4 Sıralama Sonuçlarının Karşılaştırması (Comparison of Ranking Results)

ÇÖKV yöntemleriyle elde edilen sıralamaların optimum olduğu söylenemez. ÇÖKV yöntemleriyle elde edilen sıralamaları birleştiren bütünlük yöntemin daha iyi sonuç verdiği düşünülmektedir. Bu çalışmada çok sayıda alternatif olduğundan ÇÖKV yöntemleriyle elde edilen sıralama sonuçları

bütünlük sıralamayla elde edilen sonuçlarla da farklılık gösterir. Bu durumda bu çalışma için Borda Sayım Metoduna göre elde edilen sıralamaya en yakın ÇÖKV yöntemini bulmak için korelasyon yapılmıştır. SSKK, sıralama şeklinde verilen değişkenlerin arasındaki ilişkinin derecesini belirttiğinden korelasyon için bu yöntem kullanılmıştır. SSKK yöntemine göre Eş.23 kullanılarak hesaplanan korelasyon Tablo 6'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre

Tablo 5. TOPSIS ve VIKOR değerleri, sıralamaları ve puanları ile Borda sayım metoduna göre bütünlük sıralama (TOPSIS and VIKOR values, standings and scores - Integrated ranking by Borda count method)

Proje	CRITIC						SD						MW						Toplam Borda Puanı	Borda Puanına göre sıralama
	TOPSIS			VIKOR			TOPSIS			VIKOR			TOPSIS			VIKOR				
	Değeri	Sıra	Borda Puanı	Değeri	Sıra	Borda Puanı	Değeri	Sıra	Borda Puanı	Değeri	Sıra	Borda Puanı	Değeri	Sıra	Borda Puanı	Değeri	Sıra	Borda Puanı		
P1	0,49	2	77	0,82	66	13	0,43	2	77	0,78	66	13	0,42	2	77	0,78	18	61	318	21
P2	0,38	7	72	0,89	69	10	0,36	6	73	0,84	68	11	0,32	7	72	0,85	40	39	277	31
P3	0,62	1	78	0,69	48	31	0,71	1	78	0,51	44	35	0,72	1	78	0,50	2	77	377	14
P4	0,32	18	61	0,92	72	7	0,31	12	67	0,89	71	8	0,27	12	67	0,90	61	18	228	43
P5	0,34	12	67	0,91	70	9	0,32	10	69	0,88	70	9	0,29	9	70	0,89	55	24	248	40
P6	0,42	4	75	0,86	67	12	0,41	4	75	0,80	67	12	0,36	3	76	0,82	35	44	294	25
P7	0,30	34	45	0,94	75	4	0,28	29	50	0,92	75	4	0,25	20	59	0,92	69	10	172	56
P8	0,39	6	73	0,89	68	11	0,36	7	72	0,85	69	10	0,33	6	73	0,86	44	35	274	33
P9	0,33	15	64	0,92	71	8	0,31	15	64	0,89	72	7	0,28	11	68	0,90	60	19	230	42
P10	0,31	27	52	0,93	74	5	0,29	23	56	0,91	74	5	0,26	15	64	0,92	66	13	195	52
P11	0,33	16	63	0,12	6	73	0,29	19	60	0,18	8	71	0,24	23	56	0,75	14	65	388	8
P12	0,34	11	68	0,10	3	76	0,31	14	65	0,16	3	76	0,26	16	63	0,72	6	73	421	3
P13	0,33	14	65	0,11	4	75	0,30	16	63	0,17	4	75	0,25	22	57	0,72	7	72	407	5
P14	0,32	20	59	0,12	9	70	0,29	21	58	0,18	7	72	0,24	26	53	0,74	12	67	379	11
P15	0,32	22	57	0,39	29	50	0,28	25	54	0,35	29	50	0,25	19	60	0,79	23	56	327	19
P16	0,28	47	32	0,68	47	32	0,24	52	27	0,66	47	32	0,23	33	46	0,88	52	27	196	51
P17	0,32	21	58	0,12	7	72	0,29	18	61	0,17	5	74	0,24	24	55	0,72	8	71	391	7
P18	0,30	36	43	0,40	30	49	0,28	28	51	0,36	30	49	0,23	29	50	0,80	26	53	295	24
P19	0,29	45	34	0,67	44	35	0,26	38	41	0,65	45	34	0,23	28	51	0,86	42	37	232	41
P20	0,30	31	48	0,13	15	64	0,26	37	42	0,20	16	63	0,22	42	37	0,79	22	57	311	23
P21	0,30	33	46	0,13	17	62	0,26	47	32	0,21	20	59	0,22	44	35	0,80	27	52	286	28
P22	0,30	37	42	0,14	19	60	0,26	41	38	0,21	19	60	0,21	47	32	0,80	28	51	283	29
P23	0,29	41	38	0,14	21	58	0,26	46	33	0,21	22	57	0,21	52	27	0,81	29	50	263	35
P24	0,30	38	41	0,14	20	59	0,26	39	40	0,21	17	62	0,21	46	33	0,80	25	54	289	27
P25	0,40	5	74	0,06	2	77	0,38	5	74	0,02	1	78	0,34	5	74	0,20	1	78	455	1
P26	0,28	48	31	0,41	36	43	0,25	49	30	0,38	36	43	0,21	48	31	0,86	41	38	216	44
P27	0,31	25	54	0,12	11	68	0,28	26	53	0,18	11	68	0,23	30	49	0,75	15	64	356	16
P28	0,32	19	60	0,12	8	71	0,29	22	57	0,18	9	70	0,24	25	54	0,75	13	66	378	13
P29	0,30	35	44	0,13	18	61	0,26	43	36	0,21	18	61	0,22	45	34	0,80	24	55	291	26
P30	0,27	54	25	0,16	24	55	0,22	66	13	0,24	25	54	0,18	68	11	0,84	38	41	199	50
P31	0,27	52	27	0,15	23	56	0,23	62	17	0,24	24	55	0,19	66	13	0,83	37	42	210	45
P32	0,23	68	11	0,70	58	21	0,21	68	11	0,69	58	21	0,19	67	12	0,93	70	9	85	68
P33	0,37	8	71	0,35	26	53	0,34	8	71	0,30	26	53	0,30	8	71	0,65	4	75	394	6
P34	0,31	26	53	0,93	73	6	0,30	17	62	0,90	73	6	0,26	13	66	0,91	63	16	209	46
P35	0,33	13	66	0,11	5	74	0,29	24	55	0,18	10	69	0,25	21	58	0,76	16	63	385	9
P36	0,31	30	49	0,13	13	66	0,27	32	47	0,20	13	66	0,22	38	41	0,79	20	59	328	18
P37	0,27	53	26	0,42	38	41	0,24	53	26	0,39	39	40	0,21	57	22	0,85	39	40	195	53
P38	0,27	51	28	0,42	39	40	0,25	48	31	0,38	37	42	0,21	53	26	0,86	46	33	200	49
P39	0,25	62	17	0,97	76	3	0,24	55	24	0,95	76	3	0,21	50	29	0,96	74	5	81	70

Tablo 5. (Devam) TOPSIS ve VIKOR değerleri, sıralamaları ve puanları ile Borda sayım metoduna göre bütünlük sıralama (TOPSIS and VIKOR values, standings and scores - Integrated ranking by Borda count method)

Proje	CRITIC						SD						MW						Toplam Borda Puanı	Borda Puanına göre sıralama
	TOPSIS			VIKOR			TOPSIS			VIKOR			TOPSIS			VIKOR				
	Değeri	Sıra	Borda Puanı	Değeri	Sıra	Borda Puanı	Değeri	Sıra	Borda Puanı	Değeri	Sıra	Borda Puanı	Değeri	Sıra	Borda Puanı	Değeri	Sıra	Borda Puanı		
P40	0,25	63	16	0,69	53	26	0,23	60	19	0,67	51	28	0,20	60	19	0,89	58	21	129	61
P41	0,27	56	23	0,42	40	39	0,25	50	29	0,39	40	39	0,21	58	21	0,87	48	31	182	54
P42	0,22	70	9	0,71	60	19	0,21	69	10	0,69	59	20	0,18	70	9	0,92	68	11	78	71
P43	0,19	76	3	0,73	63	16	0,17	76	3	0,72	63	16	0,15	77	2	0,96	73	6	46	74
P44	0,21	73	6	0,72	62	17	0,19	72	7	0,70	62	17	0,17	73	6	0,95	72	7	60	73
P45	0,32	23	56	0,12	10	69	0,29	20	59	0,17	6	73	0,24	27	52	0,72	9	70	379	12
P46	0,31	28	51	0,13	12	67	0,28	27	52	0,19	12	67	0,23	34	45	0,77	17	62	344	17
P47	0,29	44	35	0,40	34	45	0,27	36	43	0,37	34	45	0,22	36	43	0,82	36	43	254	37
P48	0,26	59	20	0,69	50	29	0,24	54	25	0,67	49	30	0,21	55	24	0,88	53	26	154	58
P49	0,23	69	10	0,71	59	20	0,20	70	9	0,69	60	19	0,18	69	10	0,91	65	14	82	69
P50	0,27	57	22	0,42	41	38	0,23	56	23	0,39	41	38	0,20	59	20	0,86	45	34	175	55
P51	0,24	65	14	0,70	55	24	0,23	57	22	0,67	52	27	0,20	62	17	0,91	64	15	119	63
P52	0,23	67	12	0,70	57	22	0,22	67	12	0,68	57	22	0,19	65	14	0,92	67	12	94	67
P53	0,21	72	7	0,45	43	36	0,18	75	4	0,43	43	36	0,15	75	4	0,89	56	23	110	66
P54	0,25	61	18	0,43	42	37	0,22	65	14	0,40	42	37	0,19	64	15	0,87	47	32	153	59
P55	0,29	43	36	0,40	33	46	0,27	34	45	0,37	33	46	0,23	35	44	0,82	33	46	263	36
P56	0,33	17	62	0,38	28	51	0,31	13	66	0,33	28	51	0,26	17	62	0,73	10	69	361	15
P57	0,27	49	30	0,68	46	33	0,26	42	37	0,65	46	33	0,22	39	40	0,87	50	29	202	47
P58	0,35	9	70	0,00	1	78	0,32	11	68	0,06	2	77	0,26	18	61	0,68	5	74	428	2
P59	0,35	10	69	0,37	27	52	0,34	9	70	0,31	27	52	0,28	10	69	0,74	11	68	380	10
P60	0,27	55	24	0,69	49	30	0,23	58	21	0,67	50	29	0,22	43	36	0,88	51	28	168	57
P61	0,26	58	21	0,69	51	28	0,22	63	16	0,68	54	25	0,21	51	28	0,89	54	25	143	60
P62	0,31	29	50	0,13	14	65	0,26	40	39	0,20	15	64	0,22	37	42	0,78	19	60	320	20
P63	0,32	24	55	0,68	45	34	0,26	45	34	0,66	48	31	0,26	14	65	0,87	49	30	249	38
P64	0,30	32	47	0,13	16	63	0,27	33	46	0,20	14	65	0,22	41	38	0,79	21	58	317	22
P65	0,27	50	29	0,41	37	42	0,25	51	28	0,38	38	41	0,21	54	25	0,86	43	36	201	48
P66	0,25	60	19	0,69	52	27	0,22	64	15	0,68	56	23	0,21	56	23	0,89	57	22	129	62
P67	0,29	42	37	0,14	22	57	0,26	44	35	0,21	21	58	0,21	49	30	0,81	30	49	266	34
P68	0,20	75	4	0,75	65	14	0,16	78	1	0,76	65	14	0,17	74	5	0,98	76	3	41	75
P69	0,22	71	8	0,71	61	18	0,20	71	8	0,70	61	18	0,17	72	7	0,93	71	8	67	72
P70	0,18	78	1	0,74	64	15	0,18	74	5	0,73	64	15	0,15	78	1	0,97	75	4	41	76
P71	0,30	39	40	0,40	31	48	0,27	30	49	0,36	31	48	0,23	31	48	0,81	31	48	281	30
P72	0,43	3	76	0,31	25	54	0,42	3	76	0,23	23	56	0,35	4	75	0,61	3	76	413	4
P73	0,28	46	33	0,41	35	44	0,27	35	44	0,37	35	44	0,22	40	39	0,82	34	45	249	39
P74	0,29	40	39	0,40	32	47	0,27	31	48	0,36	32	47	0,23	32	47	0,81	32	47	275	32
P75	0,24	66	13	0,70	56	23	0,23	59	20	0,68	53	26	0,20	63	16	0,90	59	20	118	64
P76	0,25	64	15	0,70	54	25	0,23	61	18	0,68	55	24	0,20	61	18	0,90	62	17	117	65
P77	0,21	74	5	0,99	77	2	0,19	73	6	0,98	77	2	0,17	71	8	0,99	77	2	25	77
P78	0,18	77	2	1,00	78	1	0,17	77	2	1,00	78	1	0,15	76	3	1,00	78	1	10	78

Borda Sayım Metodu ile elde edilen bütünlük sıralamaya en yakın yöntemin MW yöntemiyle ağırlıklandırılmış VIKOR yöntemin olduğu belirlenmiştir. Bu yöntemin sıralaması ile bütünlük sıralama arasında korelasyon %96 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 6. Sıralamalar arasında korelasyon (The correlation between the rankings)

		Borda
CRITIC	TOPSIS	0,89
	VIKOR	0,76
SD	TOPSIS	0,85
	VIKOR	0,77
MW	TOPSIS	0,78
	VIKOR	0,96

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Yatırım kararı alınırken yatırımcılar çok dikkatli ve bilinçli davranmak zorundadır. Karar verici; yatırımın karlılığı, riski vb. kriterlere göre değerlendirme yapmalı ve en iyi yatırım projesinin seçilmesi veya alternatiflerin önceliğinin belirlenmesi için etkin proje değerlendirme yöntemlerini kullanmalıdır. Bu çalışmada, TCDD tarafından iltisak hattı düşünülen yerlerin öncelik sıralaması yapılmıştır. 78 iltisak hattı için kullanılan beş değerlendirme kriterinin ağırlığı objektif kriter ağırlıklandırma yöntemi olan CRITIC, SD ve MW'ye göre hesaplanmıştır. Daha sonra TOPSIS ve VIKOR metodu kullanılarak bu iltisak hatları için altı tane öncelik sıralaması yapılmıştır. Borda Sayım Metodu ile bu sıralamalar birleştirilerek bütünlük tek bir sıralama elde edilmiştir. ÇOKV yöntemleriyle elde edilen sıralamalar birbirinden farklı sonuçlar verebilmektedir. Bütünlük sıralama,

elde edilen tüm sıralamaları birleştirdiğinden daha iyi sonuç verdiği düşünülmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada Borda Sayım Metodu ile elde edilen sıralama optimal sıralama olarak kullanılabilir. Bütünleşik sıralamaya en yakın yöntemi bulmak için ÇÖKV yöntemleriyle elde edilen sıralamalar, SSKK yöntemine göre bütünleşik sıralamayla karşılaştırılmıştır. SSKK, sıralama şeklinde verilen değişkenlerin arasındaki ilişkinin derecesini hesaplamaktadır. Hesaplanan korelasyon sonucuna göre MW yöntemiyle ağırlıklandırılmış VIKOR sıralamasının bütünleşik sıralamaya en yakın sıralama olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, bu çalışma için bütünleşik yöntemden sonra ikinci olarak tercih edilebilecek yöntemin MW yöntemiyle ağırlıklandırılmış VIKOR yöntemi olduğunu göstermektedir. Kriter ağırlıklandırılmasında objektif yöntemlerin kullanılması, projelerin önem derecelerinin sıralanmasında uzlaşık ÇÖKV yöntemlerinin kullanılması ve bu sıralamalar ile bütünleşik bir sıralamanın elde edilmesi elde edilen sonucun daha gerçekçi olmasını sağlamıştır.

Bu uzlaşık çözüm ve bütünleşik yöntem farklı alanlardaki farklı karar verme problemlerine de başarıyla uygulanabilmektedir. TCDD de Borda Sayım Metodu kullanılarak elde edilen sıralamaya göre yatırım yaparak riski azaltabilecek ve kaynakları daha etkin kullanabilecektir. İleride yapılacak başka bir çalışmada bütünleşik yöntemle elde edilen sıralamaya göre bütçe kısıtı altında iltisak hatlarına kaynak tahsisi ile ilgili bir çalışmanın yapılması hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Hwang, C.L. ve Yoon, K. P., **Multiple Attribute Decision Making: Methods And Applications**, Springer-Verlag, Berlin, 1981.
2. Choudhary, D. ve Shankar, R., “An STEEP-Fuzzy AHP-TOPSIS Framework for Evaluation and Selection of Thermal Power Plant Location: A Case Study From India”, **Energy**, Cilt 42, 510-521, 2012.
3. García, J.L., Alvarado, A., Blanco, J., Jiménez, E., Maldonado, A.A., Cortés, G., “Multi-Attribute Evaluation and Selection Of Sites For Agricultural Product Warehouses Based On An Analytic Hierarchy Process”, **Computers And Electronics in Agriculture**, Cilt 100, 60–69, 2014.
4. Guo S. ve Zhao, H, “Optimal Site Selection of Electric Vehicle Charging Station by Using Fuzzy TOPSIS Based on Sustainability Perspective”, **Applied Energy**, Cilt 158, 390-402, 2015.
5. Yılmaz, B. ve Dağdeviren, M., “Ekipman Seçimi Probleminde Promethee ve Bulanık Promethee Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Analizi”, **Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, Cilt 25, No 4, 811-826, 2010.
6. Girubha,R.J. ve Vinodh, S., “Application Fuzzy VIKOR And Environmental Impact Analysis For Material Selection of an Automotive Component”, **Materials And Design**, Cilt 37, 478–486, 2012.
7. Kabak, M. ve Uyar, Ö.O., “Lojistik Sektöründe Ağır Ticari Araç Seçimi Problemine Çok Ölçütlü Bir Yaklaşım”, **Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, Cilt 28, No 1, 115-125, 2013.
8. Dağdeviren, M., “Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Personel Seçimi ve Bir Uygulama”, **Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, Cilt 22, No 4,791-799, 2007.
9. Dursun, M. ve Karsak E.E., “A Fuzzy MCDM Approach for Personnel Selection”, **Expert Systems With Applications**, Cilt 37, 4324–4330, 2010.
10. Kazan H., Özçelik, S. ve Hobikoğlu, E.H., “Election of Deputy Candidates for Nomination with AHP-Promethee Methods”, **Procedia-Social Behavioral Sciences**, Cilt 195, 603-613, 2015.
11. Dağdeviren, M. ve Eraslan, E., “PROMETHEE Sıralama Yöntemiyle Tedarikçi Seçimi”, **Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, Cilt 23, No 1, 69-75, 2008.
12. Arıkan, F. ve Küçükçe, Y.S., “Satın Alma Faaliyeti için Bir Tedarikçi Seçimi-Değerlendirme Problemi ve Çözümü”, **Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, Cilt 27, No 2, 255-264, 2012.
13. Junior, F.R.L., Osiro, L., Carpinetia,L.C.R., “A Comparison Between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Methods Tosupplier Selection”, **Applied Soft Computing**, Cilt 21, 194–209, 2014.
14. Karsak, E.E. ve Dursun, M., “An İntegrated Fuzzy MCDM Approach for Supplier Evaluation and Selection”, **Computers & Industrial Engineering**, Cilt 82, 82-93, 2015.
15. Shannon, C.E., “A Mathematical Theory of Communication”, **Bell Systems and Technology Journal**, Cilt 27, 379-423, 1948.
16. Diakoulaki D., Mavrotas G., Papayannakis, L., “Determining Objective Weights in Multiple Criteria Problems: The CRITIC Method”, **Computers& Operations Research**, Cilt 22,763-770, 1995.
17. Deng, H., Yeh, C. H. & Willis, R. J., “Inter-Company Comparison Using Modified TOPSIS with Objective Weights”, **Computers & Operations Research**, Cilt 27, 963-973, 2000.
18. Salehi, M., “Application of Fuzzy TOPSIS Technique for Evaluation Of Project”, **World Applied Sciences Journal**, Cilt 6, No 6, 776-783, 2009.

19. Mojahed, M. ve Dodangeh, J., "Different Criteria by Using Engineering Economy Techniques For Best Project Selection in one of the Sector of Telecommunication In Iran", **International Journal Of Engineering And Technology**, Cilt 1, No 2, 1793-8236, 2009.
20. Amiri, M., P., "Project Selection for Oil-Fields Development by Using the AHP and Fuzzy TOPSIS Methods", **Expert System With Applications**, Cilt 37, 6218-6224, 2010.
21. Cristóbal, J.R. S., "Multi-Criteria Decision-Making in The Selection of A Renewable Energy Project in Spain: The VIKOR Method", **Renewable Energy**, Cilt 36, 498-502, 2011.
22. El-Santawy, M.F. ve Ahmed, A. N., "A VIKOR Approach for Project Selection Problem", **Life Science Journal**, Cilt 9, No 4, 5878- 5880, 2012.
23. Khamchi, E., Yousefi, S.H., Sanaei, A., "Selection of the best Efficient Method for Natural Gas Storage At High Capacities Using TOPSIS Method", **Gas Processing Journal**, Cilt 1, No 1, 9-18, 2013.
24. Beltrán, A.P., González, F.C., Ferrando, J.P.P., Rubio, A.P., "An AHP (Analytic Hierarchy Process)/ANP (Analytic Network Process)-Based Multi-Criteria Decision Approach for The Selection of Solar-Thermal Power Plant Investment Projects", **Energy**, Cilt 66, 222-238, 2014.
25. Kilic, M. ve Kaya, İ., "Investment Project Evaluation by a Decision Making Methodology Based on Type-2 Fuzzy Sets", **Applied Soft Computing**, Cilt 27, 399-410, 2015.
26. Şengül, Ü., Eren, M., Shiraz, S.E., Gezder, V., Şengül, A.B., "Fuzzy TOPSIS Method for Ranking Renewable Energy Supply Systems in Turkey", **Renewable Energy**, Cilt 75, 617-625, 2015.
27. Opricovic, S. ve Tzeng, G. H., "Compromise Solution By MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS", **European Journal of Operational Research**, Cilt 156, 445- 455, 2004.
28. Yılmaz, B. ve Harmancıoğlu, N., "Multi-Criteria Decision Making for Water Resource Management: A Case Study of The Gediz River Basin, Turkey", **Water SA.**, Cilt 36, No 5, 563-576, 2010.
29. Çakır, S. ve Perçin, S., "Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Lojistik Firmalarında Performans Ölçümü", **Ege Akademik Bakış**, Cilt 13, No 4, 449-459, 2013.
30. Jahan, A., Mustapha, F., Sapuan, S.M., Ismail, Y. ve Bahraminasab, M., "A Framework Forweighting Of Criteria In Ranking Stage of Material Selection Process", **International Journal Of Advanced Manufacturing Technology**, Cilt 58, 411-420, 2012.
31. Yousefi, A. ve Hadi-Vencheh, A., "An Integrated Group Decision Making Model and Its Evaluation by DEA for Automobile Industry", **Expert Systems with Applications**, Cilt 37, 8543-8556, 2010.
32. Behzadian, M., Otaghsara, S.K., Yazdani, M., Ignatius, J., "A state-of-the-art survey of TOPSIS applications", **Expert Systems with Applications**, Cilt 39, 13051-13069, 2012.
33. Opricovic, S., *Multicriteria Optimization of Civil Engineering Systems*, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, 1998.
34. Pourjavad, E., "A MCDM Approach for Prioritizing Production Lines: A Case Study", **International Journal of Business and Management**, Cilt 6, No 10, 221-229, 2011.
35. Chitsaz, N., Banihabib, M.E., "Comparison of Different Multi Criteria Decision-Making Models in Prioritizing Flood Management Alternatives", **Water Resources Management**, Cilt 29, 2503-2525, 2015.
36. Pglobal Küresel Danışmanlık Ve Eğitim Hizmetleri, **İltisak Hattı Yapılacak Yerlerin Araştırılması Genel Değerlendirme Raporu**, Ankara, 2014.