

Şehir İçi Ulaşımında Toplu Taşıma Araçlarının Seçiminin AHP Ve VIKOR Teknikleri İle Çok Kriterli Modellenmesi

Gülçin CANBULUT^{*,a}

^{*,a} Nuh Naci Yazgan Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, KAYSERİ, 38030, TÜRKİYE

MAKALE BİLGİSİ

Alınma: 03.05.2019
Kabul: 28.08.2019

Anahtar Kelimeler:

Kentsel ulaşım,
Çok kriterli karar
verme,
AHP,
VIKOR.

*Sorumlu Yazar:

e-mail

gcanbulut@nny.edu.tr

ÖZET

Toplu ulaşım problemlerinde doğru kaynakların doğru bir şekilde atanması günümüzde önem arz etmektedir. Toplu ulaşım araçlarının seçiminde baz alınan kriterlere en uygun aracın seçimi süreci; yerel yönetimler açısından önemli bir problem olarak görülmektedir. Yerli ürün kullanım şartının da gelmesi ile beraber; alternatiflerin değerlendirilmesi aşamasında kriterlerde de değişiklikler söz konusu olmaktadır. Bu çalışmada ele alınan kriterlere göre iki yerli; iki yabancı firma aracı AHP ve VIKOR teknikleri kullanılarak değerlendirilmektedir. Daha önce yapılmış olan farklı bir çalışma ile aynı sonuçlara ulaşılmış olması çalışmaların tutarlılığı açısından önemlidir. Sonuçlara göre firmalar için; yerlilik şartı önemli bir kriter olarak karşımıza çıkmaktadır

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2019.02.07>

Multi-Critical Selection of Public Transport Vehicles Selection by AHP and VIKOR Techniques

ARTICLE INFO

Received: 03.05.2019
Accepted: 28.08.2019

Keywords:

Urban Transport,
Multicriteria decision
making,
AHP,
VIKOR

ABSTRACT

There is an importance about the right allocation of the right resources in public transportation today. The process of selecting the most appropriate vehicle for the criteria used in the selection of public transportation vehicles is seen as an important problem for local administrations. Along with the introduction of the domestic product, there are also changes in the criteria for the evaluation of alternatives. Two domestic are evaluated according to the criteria discussed in this study by using two foreign firm tools AHP and VIKOR techniques. The same results have been achieved with a different study which has been done before and it is important for the consistency of the studies. According to the results, the condition of locality is an important criterion for firms.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2019.02.07>

*Corresponding

Authors

e-mail:

gcanbulut@nny.edu.tr

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde istihdam edilen kadın ve erkek sayısının artması ile birlikte; çalışanların bir yerden bir yere gitmek için yapmış oldukları ulaşım miktarları da artış göstermektedir. Dolayısıyla şehir içi ulaşım miktarı da bireylerin yapmış oldukları ulaşımın artması ile birlikte artmıştır. Yerel yönetimler; şehir içi ulaşım miktarının artması ile birlikte ortaya çıkan ulaşım sorununa çözüm bulmak amacıyla çeşitli projeler uygulamaya ve bu projelerin uygulanması için önemli derecede bütçeler ortaya koymaya başlamışlardır. Ulaşım projeleri büyük kaynaklar gerektirmekte ve dolayısıyla yerel yönetimlerin zarara uğramaması için bu kaynakların ciddi olarak planlanması gerekmektedir.

Yerel yönetimler; şehir içi ulaşım için çeşitli alternatifler ortaya koymakta ve hangi alternatifin doğru alternatif olduğuna karar vermeye çalışmaktadırlar. Bu alternatiflerden birisi de raylı sistemlerdir. Ülkemizde İstanbul, Ankara, Bursa, Eskişehir olmak üzere toplam 11 ilde raylı sistemler; ulaşım için kullanılmaktadır. Yerli üretim ve yabancı üretim olmak üzere; hangi ilimizde hangi firmanın üretimi olan raylı sistemlerin kullanıldığı bilgisi Tablo 1.'de verilmektedir [1].

Tablo 1. İllerimizdeki Raylı Sistemler ve Araç Miktarları (*Rail Systems and Vehicle Quantities in Our Provinces*)

Şehir	Kullanılan Raylı Araç	Araç Miktarı
İstanbul	HRS, Metro, Tramvay	1045
Ankara	HRS, Metro	528
İzmir	HRS, Metro	154
Bursa	HRS	100
Eskişehir	Tramvay	24
Adana	HRS	36
Kayseri	HRS	38
Konya	Tramvay	60
Antalya	Tramvay	14
Samsun	Tramvay	21
Gaziantep	Tramvay	16

Toplam 2036 adet raylı ulaşım aracı

Raylı sistem araçlarından birisi olan tramvaylar, ülkemizde şehir içi ulaşım için yoğun olarak kullanılmaktadır. 1990'lı yıllardan beri 12 farklı ülkeden toplamda 14 marka tramvay aracı satın alınmıştır [2]. İthal edilen yabancı araçlardan kaynaklanan bir takım maliyetleri azaltabilmek amacıyla; Başbakanlık tarafından yayınlanan yerli ürünlerin kullanılmasına dair yönetmelik; ülkemizde

de tramvay aracı üretilebilmesi konusunda dönüm noktası olmuştur [3]. Bunun sonucu olarak; 2012 yılından sonra ülkemizde yapılan ihalelerde sadece yerli katkı değil aynı zamanda milli markalarımızın da üretilmesi ile şehirlerimizde milli markalarımız hizmet vermeye başlamıştır [4]. Bugün, yerli ve milli marka raylı araçlarımız ve hizmet vermiş oldukları iller Tablo 2.'de verilmiştir.

Tablo 2.Şehir içi Yerli Üretim Raylı Araçlarımız ve Hizmet Vermiş Oldukları İller (*Local Domestic Production Rail Vehicles and Provided Provinces*)

Şehir	Firma
İstanbul HRS	İstanbul Ulaşım
Bursa Tramvay	Durmazlar
Bursa HRS	Durmazlar
Kayseri Tramvay	Bozankaya
Kocaeli Tramvay	Durmazlar
Samsun Tramvay	Durmazlar

Şehir içi ulaşım için alınacak araçların seçimi konusunda; yerel yönetimler bir takım alternatifler ve birbirleriyle çelişen kriterler ile karşılaşmaktadır. Dolayısıyla alınacak olan araçların seçiminde; çok kriterli karar verme yöntemleri ile çözüme ulaşılması gerekmektedir.

Çok kriterli karar verme teknikleri; karar verme problemlerinde kriter sayısının çok olduğu durumlarda kullanılmakta ve araştırmacılar tarafından birçok alanda uygulanmaktadır. Bu tekniklerin sayısı gün geçtikçe artış göstermektedir. Yaygın olarak kullanılan tekniklerden bazıları şunlardır: WPM, WSM, ELECTRE, TOPSİS, PROMETHEE, ANP, SAW, VIKOR, DEMATEL, AHP,vb. Şehir için ulaşım konusunda çok kriterli karar verme yöntemleri ilişkin yapılan çalışmalardan bazılarına Tablo 3'te yer verilmiştir.

Tablo 3. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerine İlişkin Yapılan Çalışmalar (*Studies on Multi Criteria Decision Making Methods*)

Araştırmacı	Proje	Kullanılan Çok Kriterli Karar Verme Tekniği
M. Hamurcu, T.Eren [5]	Monoray Teknolojisi Seçimi	AHP, TOPSİS
M. Hamurcu, H. Alağaç ve T.Eren [6]	Farklı Güzergâhlara Ait Ulaşım Proje Alternatifleri Arasından Seçim	AHP, Hedef Programlama
M. Hamurcu, T.Eren [7]	Kent İçi Ulaşım Projelerinin Seçimi	AHP,VIKOR
Ü.	Toplu Taşıma Araç	Bulanık AHP

Şengül, M. Eren ve S.E. Shiraz [8]	Seçimi	
Ş. Gür, M. Hamurcu ve T. Eren [9]	Monoray Projelerinin Seçimi	AHP ve 0-1 Hedef Programlama

Literatürde bu konuda yapılan çalışmalar incelendiği zaman; AHP ve TOPSİS yöntemlerinin diğer yöntemlere nazaran daha çok araştırıldığı görülmektedir. Bu çalışmada literatürde yer alan diğer çalışmalardan farklı olarak; kriterlerin ağırlıklandırılması amacıyla AHP tekniği; alternatiflerin değerlendirilmesinde ise VIKOR karar verme tekniği kullanılmıştır.

2. YÖNTEM (METHOD)

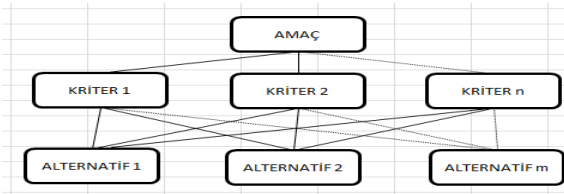
Bu çalışmada; literatürde karşılaşılan diğer çalışmalardan farklı olan analitik hiyerarşi prosesi ve VIKOR yöntemleri bütünlük bir şekilde kullanılmıştır.

2.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi (Analytic Hierarchy Process Method)

Analitik hiyerarşi prosesi; karar verme problemlerinin çözümünde kullanılmak üzere Thomas L. Saaty tarafından ortaya atılan bir tekniktir. AHP ile analiz yaparken; hem subjektif hem objektif verileri kullanılabilir. Ardından değerlendirmelerin doğruluğunu analiz etmek amacıyla tutarlılık testleri yapılmaktadır. Özellikle çok sayıda kriter açısından alternatiflerin değerlendirilmesi sırasında karar vericiye önemli ölçüde katkı sağlayabilmektedir [10]. Bir karar verme probleminin değerlendirilmesi sırasında AHP yönteminin kullanılarak çözümlenebilmesi için gerçekleştirilmesi gereken adımlar şu şekildedir:

- **Hiyerarşik yapının oluşturulması:**

Amacın en üst noktada yer aldığı; alt basamaklarda ise kriterlerin ve probleme ait alternatiflerin bulunduğu hiyerarşik yapı oluşturulur. Şekil 1.'de n kriterli; m alternatife sahip bir problem için örnek hiyerarşik yapı bulunmaktadır.



Şekil 1. Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi için Hiyerarşik Yapı (Hierarchical Structure for Analytical Hierarchy Process Method)

- **İkili karşılaştırması matrislerinin elde edilmesi:**

Hiyerarşik yapının oluşturulmasının ardından ikinci aşama ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasıdır. İkili karşılaştırma matrisleri; kriterlerin ikili olarak karşılaştırılması ile oluşan matrislerdir. n adet kriterin olması halinde $n * n$ boyutlu bir matris elde edilmektedir. Bu matrisin değerleri; i. kriterin j. kriterine göre ne kadar önemli olduğunun göstergesidir. Bu matris oluşturulurken; Tablo 4'de yer alan önem ölçeği kullanılır.

Tablo 4. Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi için Önem Ölçeği (Importance Scale for Analytical Hierarchy Process Method)

Ölçek	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	İki kriter amaca eşit derecede katkı sağlar.
3	Az derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine göre çok az derecede tercih ettirir.
5	Kuvvetli derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine göre kuvvetli derecede tercih ettirir.
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir kriter güçlü bir şekilde tercih edilir ve uygulamada baskınlığı rahatlıkla görülür.
9	Aşırı derecede önemli	Bir kriterin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük güvenilirliğe sahiptir.
2,4,6,8	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere; diğer değerler arasına düşen değerlerdir.

Eğer hiyerarşik yapıda n adet kriter bulunuyorsa; toplamda $\frac{n*(n-1)}{2}$ adet karşılaştırma yapılması gerekmektedir. Bu karşılaştırmalar matris şeklinde gösterilir. Tablo 4.'de yer alan ölçek değerleri kullanılarak Tablo 5.'de gösterildiği gibi ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur [11].

Tablo 5. Kriterler için Oluşturulan İkili Karşılaştırma Matrisi (Created Binary Comparison Matrix for Criteria)

i	j			
	Kriter 1	Kriter 2	...	Kriter n
Kriter 1	c_{11}	c_{12}		c_{1n}
Kriter 2	c_{21}	c_{22}		c_{2n}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Kriter n	c_{n1}	c_{n2}		c_{nn}

• **Öz vektör değeri ve tutarlılık oranının hesaplanması:**

Kriterler arasındaki ilişki matrislerinin oluşturulmasının ardından; her bir kriter için öz vektör değeri eşitlik (1)'de gösterildiği gibi hesaplanır:

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (1)$$

Ardından tutarlılık oranının hesaplanması gerekmektedir. Tutarlılık analizinde sadece amaç; "A, B'den daha önemli; B de C'den daha önemli ise; A, C'den daha önemlidir." şeklinde bir tutarlılığı değil, aynı zamanda "A, B'den iki kat önemli; B de C'den üç kat önemli ise; A, C'den 6 kat önemlidir." şeklinde oransal bir tutarlılığı da sağlamaktır.

Tutarlılık oranı; tutarlılık göstergesine (CI) bağlı bir değer olup; kriterlerin ikili karşılaştırmalarının yapılması esnasında; karşılaştırmaların tutarlı olup olmadığını gösterir. Bu değer (CR); 0.10'dan küçük olması istenen bir durumdur; aksi takdirde yapılan karşılaştırmaların tutarlı olduğunu söylemek mümkün değildir ve ikili karşılaştırma matrislerinin yeniden incelenmesi gerekmektedir.

Tutarlılık göstergesinin hesaplanabilmesi için maksimum özdeğerin bilinmesi gerekmektedir. Bu değer ise eşitlik (2)'de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır. Toplam değer sayısı (E_i) kriter sayısına bölünerek hesaplanmaktadır.

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (2)$$

Tutarlılık göstergesinin (CI) hesaplanmasında da maksimum özdeğerden yararlanılır ve eşitlik (3)'de gösterildiği gibi elde edilir:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

Eşitlik (3) kullanılarak elde edilen tutarlılık göstergesi; rassallık indeksine (RI) bölünerek tutarlılık oranı (CR) elde edilir.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4)$$

Bu eşitlikte kullanılan rassallık indeksi (RI) değeri Tablo 6'da gösterilmektedir.

Tablo 6. Rassallık İndeksi (RI) değerleri (Randomness Index (RI) values)

N	RI	n	RI
1	0	7	1.41
2	0	8	1.45
3	0,58	9	1.49
4	0,90	10	1.51
5	1.12	11	1.48
6	1.24	12	1.56

• **Önem ağırlıklarının bulunması ve alternatiflerin sıralanması**

Alternatiflerin değerlendirilmesi işlemi için de; kriterlerin değerlendirilmesi için bahsedilmiş olan adımların tamamı uygulanır. Her kriter için alternatiflerin önem ağırlıkları ile kriter önem ağırlıklarının matrisel olarak çarpılması ile elde edilen puan; o alternatif için elde edilecek olan puandır ve alternatiflerin puanlarına göre büyükten küçüğe doğru sıralama yapılır. Elde edilen bu sıralamada; en üst sırada yer alan alternatif; en iyi alternatif olarak belirlenir.

2.2. VIKOR Yöntemi (VIKOR Method)

VIKOR yöntemi; çok kriterli karar verme problemlerinde kullanılan; birbirleri ile çelişen kriterler açısından alternatifleri değerlendirerek en uygun alternatifin seçimine karar veren bir yöntemdir. Yöntemin amacı, sıralama ve seçimde uzlaştırıcı çözümü bulabilmektir [12].

Çok kriterli ölçüm için uzlaşık sıralama, uzlaşık programlamada kullanılan toplama fonksiyonu olan L_p ölçütü kullanılarak yapılmaktadır. VIKOR yöntemi bir toplama fonksiyonu olan bu metrik ile işlemlerine başlamaktadır.

$$i = 1, 2, \dots, n \text{ ve } n \text{ kriter sayısını;} \quad (2)$$

$$A_1, A_2, \dots, A_n \text{ uygun alternatifleri;} \quad (2)$$

f_{ij} j. alternatifin i. kriter için performans skorunu ve

w_i , i. Kriterin ağırlığını ifade etmek üzere; L_p metrik formu Eşitlik (5) gösterildiği gibi elde edilir.

$$(3)$$

$$L_{p,j} = \left\{ \sum_{i=1}^n \left[\frac{w_i (f_i^* - f_{ij})}{f_i^* - f_i^-} \right]^p \right\}^{1/p}, 1 \leq p \leq \infty; j =$$

$$1, 2, \dots, j \quad (5) \quad (4)$$

VIKOR yönteminde izlenen adımlar aşağıda özetlenmiştir [13]:

Adım 1: Her bir kriter için ($i = 1, 2, \dots, n$) en iyi f_i^* ve en kötü f_i^- değerleri belirlenir.

$$f_i^* = \max_j f_{ij} \quad (6)$$

$$f_i^- = \min_j f_{ij} \quad (7)$$

Adım 2: $j = 1, 2, \dots, j$ için S_j ve R_j değerleri hesaplanır. S_j ve R_j değerleri, j . alternatif için ortalama ve en kötü grup sonuçlarını ifade etmektedir.

$$S_j = \sum_{i=1}^n \left[\frac{w_i(f_i^* - f_{ij})}{f_i^* - f_i^-} \right] \quad (8)$$

$$R_j = \max_i \left[\frac{w_i(f_i^* - f_{ij})}{f_i^* - f_i^-} \right] \quad (9)$$

Adım 3: Ardından her bir alternatif için sıralamada temel alınacak değerlerden birisi olan Q_j değerleri $j = 1, 2, \dots, j$ için belirlenir.

$$Q_j = q \frac{S_j - S^*}{S^- - S^*} + (1 - q) \frac{R_j - R^*}{R^- - R^*} \quad (10)$$

Burada

$$S^* = \min_j S_j, \quad (11)$$

$$S^- = \max_j S_j \quad (12)$$

$$R^* = \min_j R_j \quad (13)$$

$$R^- = \max_j R_j \quad (14)$$

olarak hesaplanmaktadır.

Adım 4: S, R ve Q değerleri baz alınarak alternatifler küçükten büyüğe doğru sıralanarak üç sıralama listesi oluşturulur.

Adım 5:

Koşul 1: Kabul edilebilir avantaj:

$$Q(\alpha'') - Q(\alpha') \geq DQ$$

α'' : Q değerine göre sıralanan listede en iyi ikinci alternatif

$$DQ = \frac{1}{j-1}; j: \text{alternatif sayısı olmak üzere}$$

Koşul 2: Karar vermedeki kabul edilebilir istikrar:

α' alternatifi aynı zamanda S ve/veya R 'ye göre sıralanan listede de en iyi alternatiftir. Buradaki uzlaşık çözüm; çoğunluk oyu ($q > 0.5$), konsensüs ($q = 0.5$) veya veto ($q < 0.5$) kararları arasında istikrarlıdır.

Yukarıda açıklanan iki koşulun sağlanması halinde en iyi Q minimum değerine göre sıralanan alternatif α ; uzlaşık çözüm olarak belirlenir.

Bu iki koşulun sağlanmaması halinde ise; uzlaşık çözüm kümesi şu şekilde elde edilir [13]:

(6)

Koşul 1 sağlanıyor; ancak koşul 2 sağlanmıyorsa; α' ve α'' alternatifleri $\alpha', \alpha'', \dots, \alpha^M$ alternatifleri ve $Q(\alpha^M) - Q(\alpha') < DQ$ şartının sağlandığı maksimum M için α^M alternatifleri belirlenir.

3. ŞEHİR İÇİ TOPLU ULAŞIM ARAÇ SEÇİMİ (PUBLIC TRANSPORTATION VEHICLE SELECTION)

(7)

3.1. Kriterlerin ve Alternatiflerin Belirlenmesi (Determination of Criteria and Alternatives)

Ülkemizde şehir merkezlerindeki nüfusun artmasına bağlı olarak; istihdam edilen kadın ve erkek sayısı da artış göstermiştir. Çalışanların bir yerden bir yere gitmek için yapmış oldukları ulaşım miktarları da dolayısıyla artma eğilimindedir. Dolayısıyla şehir içi ulaşım miktarı da bireylerin yapmış oldukları ulaşımın artması ile birlikte artmıştır. Şehir içi ulaşım kalitesini daha da iyileştirmek amacıyla yerel yönetimler; raylı sistemler üzerine odaklanmaktadır. Bu çalışmada raylı sistem alternatiflerinden birisi olan ve şehir içi ulaşımına büyük katkılar sağladığı düşünülen tramway alım sürecindeki farklı markalar çeşitli kriterler açısından değerlendirilmektedir.

Çalışmada kullanılacak olan alternatifler ve kriterler; daha önce yapılmış olan bir çalışmadan alınmıştır[1]. Bu çalışmada kriterlerin belirlenmesi aşamasında; uzman görüşlerine ve literatürde yapılan çalışmalara başvurulmuş olduğu belirtilmektedir. Bu çalışmaya göre; ülkemizde farklı şehirlerde kullanılan ve yerel üretim ile sağlanan farklı alternatifler değerlendirilmiştir. Bu alternatifler 2 yabancı firma ve 2 yerel firma olmak üzere dört adettir. Çalışmada kullanılan alternatifler Tablo 7.'de belirtilen kriterlere göre değerlendirilmektedir. Yine bu çalışmada; çok kriterli karar verme tekniklerinden analitik hiyerarşi prosesi ve bulanık analitik hiyerarşi prosesinden yararlanılmaktadır.

Tablo 7. Çalışmada Kullanılacak Olan Kriterler
(Criteria to be used in the study) [1]

Nu	Kriter	Açıklama
1	Maliyet	Sadece alış fiyatı değil aynı zamanda bakım-onarım, altyapı maliyetleri de etkili olmaktadır.
2	Kapasite	Araçların iç kapasiteleri (ayakta ve oturan yolcu sayısı) önemlidir.
3	Hız	Araçların hat üzerinde çıkabilecekleri en yüksek hızı ifade etmektedir.
4	Konfor	Yolcular açısından rahat bir yolculuğun derecesini ifade etmektedir.
5	Güvenlik	Yolcuların araca duymuş oldukları güven önem arz etmektedir.
6	Tasarım	Araçın tasarımı sırasındaki genişliği, yüksekliği, basamak mesafesi, vb. bilgilerdir.
7	Marka Değeri	Üretici firmanın bırakmış olduğu etkiyi simgeler.
8	Yerlilik Oranı	Araçın ne kadarlık bir kısmının yerli imalat olduğunu belirtir.

Çalışmamızda ise; 2 yabancı ve 2 yerli firma; yine Tablo 7’de kullanılan kriterlere göre değerlendirilmiştir. Ancak mevcut çalışmadan farklı olarak kriterlerin ağırlık hesaplamaları analitik hiyerarşi prosesi kullanılarak yapılmış; ardından VIKOR yöntemi kullanılarak bu kriterlere göre alternatifler puanlandırılmıştır. Çalışmada VIKOR yönteminin seçilme sebebi; yapılan literatür taramasında da görüldüğü üzere; alternatiflerin değerlendirilmesi aşamasında VIKOR yöntemi ile yapılan çalışmaya diğer yöntemlere nazaran çok fazla rastlanılmamış olmasıdır.

3.2. Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrislerinin Elde Edilmesi (Obtaining Bilateral Comparison Matrices of Criteria)

Çalışmada kullanılan ikili karşılaştırma matrisleri; daha önce yapılmış olan çalışmaya uygun olarak Tablo 8’de belirtildiği gibi kabul edilmiştir. Bu değerlere göre kriterlerin önem ağırlıkları analitik hiyerarşi yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

Tablo 8. Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisleri
(Bilateral Comparison Matrices of Criteria) [1]

	Maliyet	Kapasite	Hız	Konfor	Güvenlik	Tasarım	Marka Değeri	Yerlilik Oranı
Maliyet	1	2	0,5	0,5	0,5	2	2	0,2
Kapasite	0,5	1	0,5	2	0,2	2	0,33	0,14
Hız	2	2	1	2	0,5	2	0,5	0,33
Konfor	2	0,5	0,5	1	0,5	2	0,5	0,14
Güvenlik	2	5	2	2	1	2	2	0,33
Tasarım	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,14
Marka Değeri	0,5	3	2	2	0,5	2	1	0,2
Yerlilik Oranı	5	7	3	7	3	7	5	1

3.2. Kriterlerin Ağırlık Değerlerinin Hesaplanması (Calculating the Weight Values of Criteria)

Tablo 8’de verilmiş olan ikili karşılaştırma matrisine dayanarak; analitik hiyerarşi prosesi yöntemi ile kriterlerin ağırlık değerleri şu şekilde elde edilmiştir:

Tablo 9. Kriterlerin Ağırlık Değerleri (Weight Values of Criteria)

	W
Hız	0,084
Kapasite	0,058
Maliyet	0,101
Konfor	0,069
Güvenlik	0,157
Tasarım	0,045
Marka Değeri	0,105
Yerlilik Oranı	0,380

Buna göre; en büyük öneme sahip kriterin %38 ağırlık ile yerlilik oranı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yerlilik oranı kriterinden sonra; güvenlik, marka değeri ve maliyet kriterlerinin önem arz ettiği görülmektedir.

3.3. Alternatiflerin VIKOR Tekniği ile Sıralanması (Ranking the Alternatives According to VIKOR)

Bu aşamadan sonra; elde edilmiş kriter ağırlıkları da baz alınarak mevcut dört alternatifin sıralaması çok kriterli karar verme tekniklerinden birisi olan VIKOR tekniği ile yapılması amaçlanmıştır. Daha önceden belirlenen karar kriterlerine göre her bir alternatifin değerlendirilmesi Tablo 10'da gösterildiği gibidir.

Tablo 10. Alternatiflerin Her Bir Kriteria Göre Puan Değerleri (Score Values of Alternatives According to Each Criterion) [1]

	Maliyet	Kapasite	Hız	Konfor	Güvenlik	Tasarım	Marka Değeri	Yerlilik Oranı
Yerli Firma-I	0,32	0,41	0,17	0,26	0,35	0,39	0,41	0,27
Yerli Firma-II	0,38	0,29	0,25	0,55	0,43	0,27	0,3	0,42
Yabancı Firma-I	0,18	0,1	0,47	0,11	0,15	0,2	0,12	0,14
Yabancı Firma-II	0,12	0,21	0,11	0,08	0,07	0,14	0,18	0,16

Bu kapsamda ilk olarak; f_i^* ve f_i^- değerleri hesaplanmış ve elde edilen değerler Tablo 11.'de gösterilmiştir.

Tablo 11. Herbir Kriter için Hesaplanan f_i^* ve f_i^- Değerleri (f_i^* and f_i^- Values Calculated for each Criterion)

	Maliyet	Kapasite	Hız	Konfor	Güvenlik	Tasarım	Marka Değeri	Yerlilik Oranı
+İ	0,38	0,41	0,47	0,55	0,43	0,39	0,41	0,42
-İ	0,12	0,1	0,11	0,08	0,07	0,14	0,12	0,14

Daha sonra her bir alternatif için S_i ve R_i değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 12'de gösterilmiştir.

Tablo 12. Herbir Alternatif için S_i ve R_i Değerleri (S_i and R_i Values for Each Alternative)

	S_j	R_j
Yerli Firma-I	0,385	0,204
Yerli Firma-II	0,146	0,062
Yabancı Firma-I	0,829	0,380
Yabancı Firma-II	0,931	0,353

İzleyen aşamada farklı q değerleri için Q_q değerleri hesaplanmış ve elde edilmiş olan sonuçlar Tablo 13'de gösterildiği gibidir.

Tablo 13. Herbir Alternatif için Q_q Değerleri (Q_q Values for Each Alternative)

	$Q=0$	$Q=0,25$	$Q=0,5$	$Q=0,75$	$Q=1$
Yerli Firma-I	0,445	0,410	0,375	0,340	0,305
Yerli Firma-II	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Yabancı Firma-I	1,000	0,968	0,935	0,903	0,871
Yabancı Firma-II	0,915	0,936	0,957	0,979	1,000

Her bir alternatifin S_i ve R_i değerlerine ve Q_q değerlerine göre sıralaması ise şu şekilde elde edilmiştir:

Tablo 14. Alternatiflerin Sıralaması (Ranking of Alternatives)

	S_j 'ye göre	R_j 'ye göre	$q=0$	$q=0,25$	$q=0,5$	$q=0,75$	$q=1$
Yerli Firma-I	2	2	2	2	2	2	2
Yerli Firma-II	1	1	1	1	1	1	1
Yabancı Firma-I	3	4	4	4	3	3	3
Yabancı Firma-II	4	3	3	3	4	4	4

Tablo 14 incelendiğinde; bütün değerlere göre sıralamada en ideal alternatifin yerli firma-II ve en ideal ikinci alternatifin ise yerli firma-I olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar; baz alınmış olan çalışmadaki [1] sonuçlar ile aynıdır.

Buna göre; yerli firmaların yerel yönetimler için öncelikli olarak tercih edileceği sonucuna ulaşılmaktadır. Yerel yönetimler; yerlilik şartının da gelmesi ile beraber yerli firmaları tercih etme eğilimine sahip olmuşlardır. Bu sebeple; yerli üretim raylı sistem araçlarının pazara sürülmesi durumunda gereken ilgiyi göreceği sonucuna ulaşmak da mümkündür. Yerli üretim yapan firmalar; dışa bağımlılığı da bir nebze azaltacaklardır.

Yine ayrıca bu firmalar sadece ulusal pazarda değil; aynı zamanda uluslararası pazarda da tutunabileceği sonucuna ulaşılabilir. Bu da Türkiye'nin bu pazarda varlığını göstermek adına önem arz etmektedir.

4. SONUÇLAR

Günümüzde istihdam edilen kadın ve erkek çalışan sayısının artması ile birlikte; çalışanların bir yerden bir yere gitmek için yapmış oldukları ulaşım miktarları da artış göstermektedir. Yerel yönetimler; şehir içi ulaşım miktarının artması ile birlikte ortaya çıkan ulaşım sorununa çözüm bulmak amacıyla çeşitli projeler uygulamaya ve bu projelerin uygulanması için önemli derecede bütçeler ortaya koymaya başlamışlardır. Ulaşım projeleri büyük kaynaklar gerektirmekte ve dolayısıyla yerel yönetimlerin zarara uğramaması için bu kaynakların ciddi olarak planlanması gerekmektedir.

Yerel yönetimler; ulaşım sorununu çözmek amacıyla bir takım kriterlere bağlı olarak bazı alternatifler arasından seçimler yapmak zorunda kalmakta ve doğru seçimi yapabilmek de önem arz

etmektedir. Çalışmada ülke bütçesine katkı sağlaması amacıyla; zorunluluk haline getirilmiş olan yerli ürün koşulunu da düşünerek mevcut alternatifler arasından seçim yapma problemi ele alınmıştır. Bu göre toplu ulaşım için kullanılacak olan alternatifler arasında; iki yerli, iki yabancı firma aracına yer verilmiş ve bu alternatifler çok kriterli karar verme tekniklerinden olan analitik hiyerarşi prosesi ve VIKOR teknikleri ile değerlendirilmiştir.

Çalışmada kullanılan kriterler ve alternatifler için daha önce yapılmış olan bir çalışmadaki verilerden yararlanılmış ve farklı bir teknik olan VIKOR tekniği ile alternatiflerin değerlendirilmesi yapılmıştır.

Elde edilmiş olan sonuçlar baz alınan çalışmadaki ile aynı şekilde elde edilmiştir. Buna göre; yerli firmaların yerel yönetimler için öncelikli olarak tercih edileceği sonucuna ulaşılmaktadır. Yerel yönetimler; yerlilik şartının da gelmesi ile beraber yerli firmaları tercih etme eğilimine sahip olmuşlardır. Bu sebeple; yerli üretim raylı sistem araçlarının pazara sürülmesi durumunda gereken ilgiyi göreceği sonucuna ulaşmak da mümkündür. Yerli üretim yapan firmalar; dışa bağımlılığı da bir nebze azaltacaklardır.

Yine ayrıca bu firmalar sadece ulusal pazarda değil; aynı zamanda uluslararası pazarda da tutunabileceği sonucuna ulaşılabilir. Bu da Türkiye'nin bu pazarda varlığını göstermek adına önem arz etmektedir.

Bu çalışmada AHP ve VIKOR tekniklerine yer verilmiştir. Çalışmanın ilerleyen kısımlarında bu tekniklerden farklı olarak çok kriterli karar verme yöntemleri olan TOPSIS, MOORA, DEMATEL, ANP, vb. yöntemler ile sonuca ulaşılabilir. Ayrıca yine mevcut kriterlerde ve alternatiflerde değişiklikler yapılması da mümkündür. Çalışmada kesinlik söz konusu olmaması durumunda; muğlaklığı ortadan kaldırmak amacıyla bulanık sayılara verilmesi de mümkündür.

KAYNAKLAR

- [1] S.Dinç, M.Hamurcu ve T.Eren, “Kentsel Ulaşım için Alternatif Tramvay Araçlarının Çok Kriterli Seçimi,” Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi, vol 4, pp. 124-135, 2018, DOI: <https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2018.04.02.007>.
- [2] İ. Pektaş, “Raylı Ulaşım Sistemleri Sektör Analizi,” ARUS, 2017 [Online]. <https://www.anadoluraylisistemler.org/content/uploa>

[d/document-files/rayli-sistemler-sektor-an-20180106163913.pdf](https://www.anadoluraylisistemler.org/content/uploa/d/document-files/rayli-sistemler-sektor-an-20180106163913.pdf) [Accessed: Nisan 13,2019].

[3] “Yerli Ürün Kullanılması ile İlgili Başbakanlık Genelgesi,” <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/11/20171107-8.pdf> [Accessed: Nisan 13,2019].

[4] İ. Pektaş, “Raylı Sistemlerde Yerli ve Milli Üretimde Tarih Yazılıyor,” [Online]. <https://www.anadoluraylisistemler.org/content/uploa/d/document-files/rayli-sistemlerde-yerli-v-20180127104135.pdf> [Accessed: Nisan 13,2019].

[5] M. Hamurcu ve T. Eren, “Selection of Monorail Technology by Using Multicriteria Decision Making,” Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences, vol 8, pp. 303-314, 2017.

[6] M. Hamurcu, H. Alağaç ve T. Eren, “Selection of Rail System Projects with Analytic Hierarchy Process and Goal Programming,” Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences, vol 8, pp. 291-302, 2017.

[7] M. Hamurcu ve T. Eren, “Sürdürülebilir Kent İçi Ulaşım İçin Bulanık AHP Tabanlı VIKOR Yöntemi İle Proje Seçimi,” International Conference on Advanced Engineering Technologies (ICADET), Bayburt, Türkiye, Temmuz,2017.

[8] Ü.Şengül, M. Eren ve S.E.Shiraz, “Bulanık AHP ile belediyelerin Toplu Taşıma Araç Seçimi”, Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, vol 40, pp. 143-165, 2013.

[9] Ş. Gür, M.Hamurcu ve T. Eren, “Ankara’da Monoray Projelerinin Analitik Hiyerarşi Prosesi ve 0-1 Hedef Programlama ile Seçimi,” Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, vol 23, pp.437-443, 2017.

[10] R.N. Gasımov, “ Karar Analizi,” Osman Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Ders Notları , 2004.

[11] D.H. Byun, “The AHP Approach for Selecting An Automobile Purchase Model”, Information and Management , vol 38, pp. 289-297, 2001.

[12] Akyüz, G., “ Bulanık VIKOR yöntemi ile tedarikçi seçimi”, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, vol 26, pp. 197-215, 2012.

[13] Opricovic, S. And Tzeng, G.-H., “Compromise Solution by MCDM Methods: A comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS”, European Journal of Operational Research, vol. 156, pp.445-455, 2004.

Gülçin CANBULUT

Gülçin Canbulut 19.09.1985 tarihinde Kayseri’de doğmuştur. 2007 yılında Erciyes Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü’nden bölüm 3. olarak mezun olmuştur. Ardından 2010 yılında Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimini; 2018 yılında da doktora eğitimini tamamlamıştır. 2016 yılından beri Nuh Naci Yazgan Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. İlgili alanları; tedarik zinciri yönetimi, optimizasyon, mühendislik ekonomisi, çok kriterli karar verme ve simulasyondur.