



**Mustafa Hamurcu**  
**Tamer Eren**

Kırıkkale University, Ankara-Turkey  
hamurcu.mustafa.55@gmail.com; tamereren@gmail.com

DOI	<a href="http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2018.13.3.1A0413">http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2018.13.3.1A0413</a>	
ORCID ID	0000-0002-6166-3946	0000-0001-5282-3138
CORRESPONDING AUTHOR	Mustafa Hamurcu	

## KENT İÇİ ULAŞIM İÇİN BULANIK AHP TABANLI VIKOR YÖNTEMİ İLE PROJE SEÇİMİ

### ÖZ

Kent içi ulaşım problemi, büyükşehirlerin üzerinde önemle durduğu ve çözümünde sürdürülebilirliği sağlamaya çalıştıkları konuların başında gelir. Bu kapsamda, kent içi ulaşımında iyileşme sağlayacak projeler ortaya konulmaktadır. Ancak tüm projeleri aynı anda hayata geçirmek mümkün olmamaktadır. Ortaya konan projelerin ulaşımında sürdürülebilirliği sağlaması noktasında çeşitli faktörler kullanılarak değerlendirme yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Değerlendirme ve seçim sürecinde analitik yöntemler olan çok kriterli karar verme yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada önce kent içi ulaşım projelerinin ağırlıklandırılmasında bulanık analitik hiyerarşi prosesi (AHP) kullanılmış ve sonra VIKOR yöntemi ile sıralama yapılmıştır. Karar verici için sözel ifadeleri analitik sürece dahil etmek amacıyla bulanık kümelerden yararlanılmış ve bulanık AHP kullanılmıştır. Sonuçta planlanan kent içi ulaşım projeleri için en iyi sıralama yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Proje Seçimi, Kent İçi Ulaşım, Sürdürülebilirlik, Bulanık AHP, VIKOR

## PROJECT SELECTION WITH VIKOR METHOD BASED ON FUZZY AHP FOR URBAN TRANSPORTATION

### ABSTRACT

The problem of urban transport is one of the issues that the city has emphasized. Planners are trying to achieve sustainability in solving this problem. In this context, projects to improve urban transportation are put forward. However, to carry out whole projects are impossible at the same time. It is revealed the necessity of evaluating the various factors in the point of ensuring the sustainability of the transportation projects. Multicriteria decision making methods which are analytical methods are frequently used in the evaluation and selection process. In this study, first fuzzy AHP was used for weighting urban transport projects and then sorted by VIKOR method. For the decision maker, fuzzy clusters have been exploited and fuzzy AHP has been used to best incorporate verbal expressions into the analytical process. As a result, the best ranking was made for planned urban transport projects.

**Keywords:** Project Selection, Urban Transport, Sustainability Fuzzy AHP, VIKOR

### How to Cite:

Hamurcu, M. ve Eren, T., (2018). Kent İçi Ulaşım İçin Bulanık AHP Tabanlı VIKOR Yöntemi İle Proje Seçimi, **Engineering Sciences (NWSAENS)**, 13(3): 201-216, DOI: 10.12739/NWSA.2018.13.3.1A0413.



## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kentsel ulaşım, büyükşehirlerin üzerinde önemle durduğu ve bütçelerinin büyük bir kısmını ayırdıkları alandır. Birçok proje hayata geçirilmekte, planlanmakta ve aynı zamanda yapımı devam etmekte olan projeler bulunmaktadır. Ulaşım yatırımları büyük kaynak gerektiren ve iyi planlanması gereken süreçlerdir. Ortaya konan projelerin ulaşımında sürdürülebilirliği sağlaması gelecek nesiller için ve akabinde yapılacak projeler için elzemdir. Çünkü kentsel ulaşımında yapılabilecek küçük düzenlemelerin bile büyük sonuçlar doğuracağı ortadadır. Aynı zamanda yapılacak proje tüm yönleri ile ele alınmalı ve etki alanı değerlendirilmelidir. Sürdürülebilirlik, hemen hemen her alanda sağlanmaya çalışılmaktadır. Sürdürülebilir ulaşım, erişilebilirlik ve kalitenin önemsendiği, çok modluluğun hâkim kılındığı, modlar arası entegrasyonun sağlandığı, planlamada bütün maliyetlerin göz önüne alındığı, daha gerçekçi ve vizyoner planların yapıldığı, ulaşım talebinin etkin şekilde yönetildiği bir sistemdir. Sürdürülebilir ulaşım, ekonomik, çevresel ve sosyal hedefler başlıklarında çeşitlenmektedir [1]. Sürdürülebilir bir ulaşım için en fazla fayda sağlayabilecek projelerin ortaya konulması, yapılacak projelerin bütün içinde değerlendirilmesi ve tüm etki faktörleri göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Ancak bu şekilde yapılabilecek bir planlama sürdürülebilirliği sağlayabilecek ve gelecek projeler için de zemin oluşturabilecektir. Sürdürülebilir kent içi ulaşım, günümüzde ve gelecekte yolcuların şehri çevresel olarak tahrip etmeden, ekonomik gelişmeyi sağlamak ve sosyal kalkınmayı ve adaleti geliştirmek suretiyle günlük yolculukların yapılması olarak tanımlanabilir [2].

Kent içi özel araç kullanımının sorumsuzca artması ve buna paralel olarak mevcut yolların artan özel araç kapasitesini kaldırmaması ve atmosfere yayılan gaz oranının artması sürdürülebilirliği sekteye uğratmaktadır. Bu noktada yapılabilecek özel araç sayısının azaltılması sağlanarak çevreye duyarlı ve her kesimin ihtiyaçlarına cevap verebilecek toplu ulaşımın yaygınlaştırılmasının sağlanması gerekliliğidir. Bu çalışmada da ele alınan yeni bir toplu ulaşım olan monoray için alternatif güzergâh projeleri arasından en uygun güzergâhın tespit edilmesidir. Farklı kriterler ile ele alınan problemler, değerlendirme kriterleri ve alternatif sayısının fazlalığı nedeniyle karar sürecini zorlaştırmaktadır. Bu noktada analitik yöntemler ön plana çıkmaktadır. Çok kriterli karar verme yöntemleri karmaşık karar süreçlerinde kolay ve anlaşılabilir süreçler ortaya koymaktadır. Bu çalışmada ikili karşılaştırma temeline dayanan AHP yöntemi ve ideal çözümden sapmaları dikkate alan VIKOR yöntemleri kullanılmıştır. Aynı zamanda, sözel ifadeleri analitik olarak ifade etmeye olanak veren ve bu konuda kolaylık sağlayan bulanık sayılardan yararlanılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde çalışmanın öneminden, üçüncü bölümünde proje seçiminden, dördüncü bölümde çalışmada kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden bahsedilmektedir. Beşinci bölümde çalışmanın uygulamasına yer verilmiştir. Altıncı bölüm olan son bölümde ise çalışmanın sonuçları tartışılarak değerlendirmelerde bulunulmuştur.

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Kentsel ulaşım, büyükşehirlerin en önemli sorunlarından biri olup çeşitli projeler ile çözülmeye çalışılan bir konudur. Yeni projelerin ortaya konulması stratejik kararlardan olup iyi bir planlama süreci ve değerlendirme sürecini kapsamaktadır. Aynı zamanda ulaşımında ortaya konulan yeni projeler devamında yapılabilecek projeler için öncül oluşturacak ve sürdürülebilirliğin sağlanması kentsel ulaşımın iyileştirilmesinde temel oluşturacaktır. Bu çalışmada da



Ankara kentsel ulaşımı için düşünülen projelerin seçimi yapılmıştır. Ankara'nın nüfusunun artması sonucu giderek ağırlaşan kent içi trafik problemlerini azaltmak ve halkın, dünyanın büyük metropollerinde olduğu gibi çağdaş, hızlı ve güvenli bir toplu taşıma sistemine kavuşturulması amacıyla başlatılan raylı sistem yatırımları Aşti-Dikimevi, Batıkent-Kızılay, Kızılay-Çayyolu, Batıkent-Töre ve Keçiören-AKM metro hatları ile yaklaşık 64km ve 37.5km ile Sincan-Kayaş banliyö hattı ile yaklaşık 101 km raylı sistem ağı ve 3.25km kablolu sistem hattı ile devam etmekte ve u hatlarda toplu ulaşım hizmeti sağlamaktadır. Gelişen teknoloji ve ortaya çıkan yeni gereksinimler raylı sistemleri çeşitlendirmiş ve yeni teknolojiler ile kent içi ulaşım zenginleşmiştir. Monoray toplu ulaşımı da bu çeşitlilik içinde yerini almak ile birlikte Ankara'da bu sistem üzerinde çalışmakta ve yapımının düşündüğü çeşitli projeleri bulunmaktadır. Bu çalışma ile büyük yatırım gerektiren ulaşım projelerinin seçimi yapılmıştır. Karar verme süreçlerinde sıklıkla kullanılan ve etkili ve kolay anlaşılabilir sonuçlar ortaya koyan çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmıştır. Bulanık sayıların kullanıldığı bu çalışmada AHP-VOKOR karma modeli kullanılması literatürü zenginleştirmiş ve uygulama alanı ile de ulaşım planlayıcıları için kaynak oluşturacak bir çalışma olmuştur.

### 3. PROJE SEÇİMİ (PROJECT SELECTION)

Proje seçimi, yöneticilerin ve kentsel ulaşımında ulaşım planlayıcıların zor karar süreçlerinden biridir. Literatürde proje seçimi hakkında, Hamurcu vd. [3] ANP ve hedef programlama ile kapasite bakımından çeşitlenen monoray projelerinin seçimini yapmışlardır. Gür vd. [4] ANP ve hedef programlamayı kullanarak kentsel ulaşım projelerinin seçimini yapmışlardır. Gür vd. [5] diğer bir çalışmalarında Ankara için monoray projelerinin seçimini yapmışlardır. Hamurcu ve Eren [6] diğer bir çalışmalarında ANP ile monoray teknolojileri arasında seçim yapmışlardır. Hamurcu ve Eren [7] raylı sistem projeleri önceliklendirilmesi için bir uygulama yapmışlardır. Hamurcu [8] yaptığı çalışmasında monoray güzergahlarının belirlenmesinde AHP-ANP ve TOPSIS yöntemlerini kullanmıştır ve 8 monoray güzergâhını değerlendirerek en uygununu bulmaya çalışmıştır. Hamurcu ve Eren [9] diğer bir çalışmalarında kentsel alanda uygulanabilecek sağlık, ulaşım, kentsel tasarım ve mimarı, çevre ve altyapı gibi çeşitli alanları içeren projelerin seçimini yapmışlardır. Hamurcu ve Eren [10] AHP, AHP-TOPSIS [11] ve ANP-TOPSIS [12] yöntemleri ile monoray güzergahlarının belirlenmesi, AHP-HP ve ANP-HP ile raylı sistem projelerinin seçimi [13] ve AHP-PROMETHEE ile monoray hat tipinin belirlenmesi [14] için çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanmışlardır. İstanbul için planlanan monoray projelerinin seçiminde AHP ve hedef programlama [15], Ankara raylı sistem ağını genişletme stratejilerinin seçiminde AHP-ANP ev bulanık AHP birlikte kullanılmıştır [16]. Gelişmekte olan küçük şehirler için AHP ile hat değerlendirme [17], raylı toplu ulaşımında tramvay alternatiflerinin değerlendirilmesinde AHP ve bulanık AHP [18] ve yeşil kampüs amacıyla çevre dostu ring araçlarının seçiminde AHP ve TOPSIS [19] yöntemleri kullanılmıştır.

### 4. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME (MULTICRITERIA DECISION MAKING)

Bu bölümde çalışmada kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve VIKOR yöntemleri kısaca anlatılmıştır. Aynı ayrı kullanımı olan bu yöntemler birlikte de kullanılmaktadır. Kara ve Ecer [20], tedarikçi seçimi; Soba vd. [21] ve Çakır [22], doktora öğrenci seçimi; Tadić vd. [23], lojistik alanında; Karaman ve Çerçioğlu [24], hastanede yatırım projelerinin seçiminde; Demircanlı ve Kundakcı [25],



futbol transferinde; Uygurtürk ve Uygurtürk [26], otel seçiminde; Ar vd. [27], kuruluş yeri seçiminde; Jahan vd. [28] malzeme seçiminde; Dinçer ve Görener [29] performans analizinde AHP ve VIKOR yöntemlerini birlikte kullanmışlardır. Aynı zamanda, raylı sistem projelerinin seçiminde [30], monoray teknolojisi seçiminde [31], proje seçiminde [32], akademik dergi alternatiflerinin seçiminde [33 ve 34], basımevi seçiminde [35], akademik konferans seçiminde [36], alternatif toplu taşıma türünün seçiminde [37 ve 38], monoray rota seçiminde [39], yüksek hızlı tren (YHT) güzergahı seçiminde [40], YHT hattı değerlendirme [41] ve projelerinin önceliklendirilmesinde [42], reklam stratejisi seçimi [43] ve sürdürülebilir kent içi ulaşım planlaması [44] gibi çeşitli uygulamalar literatürde yer almaktadır.

#### 4.1. Bulanık AHP (Fuzzy AHP)

Saaty tarafından geliştirilen AHP, çok kriterli karar verme problemlerinde alternatifler arasından seçim yapmaya yardımcı olur ve karar vericilerin etkin olarak sürece katılabildiği bir yöntemdir [45]. Subjektif veya soyut kriterleri hedef, ana ve alt kriterler ile alternatifler olmak üzere hiyerarşiye göre belirlenmesi ve düzenlenmesi özel bir değer taşır [46]. AHP yöntemi, modelleme ve analitik süreç ile bir grup kriterin göreceli önemini belirlemek için kullanılan bir karar verme yaklaşımıdır [47].

AHP'nin genel adımları;

- Problemin belirlenmesi
- Kriter ve alternatiflerin belirlenmesi ile hiyerarşinin oluşturulması Kriterlerin önce kendi aralarında ve sonra her kriter için alternatiflerin ikili karşılaştırılması (Bu çalışmada sadece kriter ağırlıkları için uygulanmıştır)
- Öz vektörlerin bulunması
- Karşılaştırmaların tutarlılığının test edilmesi

Bulanık küme teorisi 1965 yılında ilk olarak Lotfi Zadeh tarafından çalışılmıştır. Zadeh, bulanık kümeler kavramında üyelik derecesinin 0 ile 1 arasında değişebileceğini ileriye sürmüştür. Klasik kümeler üzerinde geniş uygulamaya sahip ve doğal hayatta uyumlu olan bulanık küme teorisini geliştirmiştir [48 ve 51]. AHP yöntemi, gerçek hayat problemlerinde karar vericilerin düşüncelerini ele almada tam değerlerin kullanılması ve ikili karşılaştırma sürecindeki belirsizlik ve dikkatsizlikleri ele almadaki yetersizliğinden dolayı eleştiri konusu olmaktadır [52]. Bulanık sayılar ile bu durum ortadan kaldırılarak gerçek hayata daha yakın sonuçların alınması ile daha net karar verme sağlanabilmektedir. Bulanık AHP, yenilenebilir enerji alternatiflerinin seçimi [53], hedef Pazar belirleme [54], iklimlendirme sistemlerinin değerlendirilmesi [55], web sitesinin kalitesini değerlendirmede [56], bakım yönetimi [57], tedarikçi seçimi [58] ve Ar-Ge performans etkinliğini ölçme [59] gibi geniş bir alanda kullanılmaktadır.

#### 4.2. VIKOR

##### (Vİse Kriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje)

Opricovic tarafından geliştirilen VIKOR yöntemi, birbirleri ile çelişen kriterlerin olduğu karışık sistemlerin çözümü için kullanılmaktadır [60]. Daha sonra ise bu yöntemin, Opricovic ve Tzeng (2004) tarafından tekrar düzenlenmesi ile karar problemlerinde kullanılabilir bir teknik hale gelmiştir [61]. Yöntemin temeli, alternatifler için değerlendirme kriterlerini de dikkate alarak bir "ideal çözüme yakınlık" ya da ortak kabul üzerinde anlaşmaya varılmış ideale en yakın çözümün bulunmasıdır. Kriterler açısından alternatifler değerlendirildiğinde uzlaşık sıralama en uygun çözüme



yakınlık değerleri karşılaştırılarak bulunur [62]. Yöntem eşitlik (5)'deki denklem ile çoğunluğun maksimum grup faydasını ifade ederken, eşitlik (6)'deki denklem ile karşıtın minimum bireysel pişmanlığını dikkate alır [61].

VIKOR yöntemi aşağıdaki adımları içerir [63].

- Her bir kriter için alternatiflerin aldığı en iyi ( $J_i^*$ ) ve en kötü ( $J_i^-$ ) değerler belirlenir, ( $i=1,2,\dots,n$ ) için;

Kriter i fayda kriteri ise;

$$J_i^* = \max_j J_{ij}, J_i^- = \min_j J_{ij} \quad (1)$$

Kriter i maliyet kriteri ise;

$$J_i^* = \min_j J_{ij}, J_i^- = \max_j J_{ij} \quad (2)$$

- $W_i$  kriter ağırlıklarını göstermek üzere her bir alternatif için  $S_j$  ve  $R_j$  değerleri hesaplanır. ( $j=1, 2, \dots, J$ )

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i (J_i^* - J_{ij}) / (J_i^* - J_i^-) \quad (3)$$

$$R_j = \max_j [w_i (J_i^* - J_{ij}) / (J_i^* - J_i^-)] \quad (4)$$

- Her bir alternatif ( $j=1, 2, \dots, j$ ) için  $Q_j$  değerleri hesaplanır.

$$Q_j = v(S_j - S^*) / (S^- - S^*) + (1-v)(R_j - R^*) / (R^- - R^*) \quad (5)$$

Eşitlik (7)'de  $S^* = \min_j S_j$  iken  $S^- = \max_j S_j$  olup  $R^* = \min_j R_j$  iken

ise  $R^- = \max_j R_j$  değerini ifade eder. Ayrıca  $v$  ifadesi en yüksek grup

faydasının ağırlığı olup  $(1-v)$  ise kişisel pişmanlığın ağırlığıdır. Uzlaşma ancak  $v > 0.5$  üyelerin çoğunluk oyu,  $v = 0.5$  fikir birliği ya da  $v < 0.5$  veto ile üç şekilde sağlanabilir [61]. Genellikle maksimum grup faydasının ağırlığı için  $v = 0.5$  değeri kullanılır [64].

- Elde edilen  $S$ ,  $R$  ve  $Q$  değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanır.  $S$ ,  $R$  ve  $Q$  değerlerinin sıralamaları yapılır ve sonuç sıralamaları bulunur.
- Sonuçta  $Q$  değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanır ve en iyi  $Q$  değerine sahip alternatifin seçilebilmesi için 2 şart vardır;
- Koşul I. Kabul edilebilir avantaj: en iyi ve en iyiye yakın seçenek arasında belirgin bir fark olduğunun kanıtlanmasını içeren koşuldur.

$$Q(A_{(2)}) - Q(A_{(1)}) \geq DQ \quad (6)$$

(8) numaralı eşitsizlikte  $A_{(1)}$  en iyi alternatifi,  $A_{(2)}$  ise en iyi ikinci alternatifi temsil etmektedir.

$$DQ = 1 / (J - 1) \quad (7)$$

(9) numaralı eşitlikte  $J$  alternatif sayısını ifade etmektedir.

$J \leq 4$  olması durumunda  $DQ = 0.25$  alınabilir. En iyi ilk iki alternatif arasındaki fark ne kadar fazla ise en iyi alternatifi seçmenin daha kolay olacağı söylenebilir [62]. Koşul II. kabul edilebilir istikrar: Bir alternatifin en iyi olduğunu söyleyebilmek için en yüksek  $Q$  değerine sahip olmasının yanı sıra  $S$  ya da  $R$  değerlerinin en az birinde de en iyi alternatif olması gerekir. Böylece kararın istikrarlı olduğu kabul edilir. Eğer koşullardan biri sağlanmıyorsa aşağıdaki uzlaşık çözümler önerilir [65]. Eğer koşul II sağlanmıyorsa  $A_{(1)}$  ve  $A_{(2)}$  alternatifleri uzlaşık çözümdür.



-Eğer koşul II sağlanmıyorsa  $A_{(1)}$ ,  $A_{(2)}$ ,  $A_{(m)}$  alternatifleri dikkate alınarak eşitsizlik şu şekilde ifade edilir.

$$Q(A_{(m)}) - Q(A_{(1)}) \leq DQ \quad (8)$$

Uzlaşık çözüm kümesinde  $Q$  değerlerine göre sıralama yapılır. En iyi alternatif  $Q$  değerlerinden minimum değeri alandır.

## 5. UYGULAMA (APPLICATION)

Ankara Büyükşehir Belediyesi, kentsel ulaşımında birçok proje ortaya koymaktadır. Özellikle toplu ulaşımın öncelikli olduğu çalışmalarda yeni metro hatları açılmakta, projelendirilmekte ve halen yapımı devam eden projeler bulunmaktadır. Bunun haricinde henüz ülkemizde uygulaması olmayan monoray toplu ulaşımı Ankara için düşünülmektedir. Bu çalışmada da monoray projelerinin seçimi yapılmıştır. Bu değerlendirme süreci, kullanılan nitel kriterlerden kaynaklı belirsizlik durumunda daha etkin karar vermeyi sağlayacak bir karar mekanizması kullanmak suretiyle kriterlerin önem düzeylerini belirleyerek en uygun projenin seçiminin yapılmasını kapsamaktadır.

### 5.1. Araştırma Metodolojisi (Research Methodology)

Ankara'da yapılması planlanan monoray projelerinin seçimi olan bu çalışmada alternatif güzergahlar çok kriterli karar verme yöntemleri ile seçilmiştir. İlk olarak belediyeden alternatifler hakkında bilgiler alınarak sürdürülebilir kentsel ulaşım için değerlendirme kriterleri belirlenmiştir. Belirlenen tüm kriterler kullanılmayarak sadece 6 kriter ile uygulama yapılmıştır. Daha sonra AHP yöntemi ile bu kriterlerin ağırlıkları bulunmuştur. Bunu gerçekleştirirken problemi matematiksel olarak daha iyi ifade edebilen bulanık sayılardan yararlanılmış ve üçgen bulanık sayılar kullanılmıştır. Daha sonra AHP ile bulunan kriter ağırlıkları VIKOR yöntemine girdi olarak kullanılmıştır. Alternatiflerin sıralanması ise VIKOR yönteminin adım adım uygulanması ile bulunmuştur.

### 5.2. Alternatiflerin Belirlenmesi (Determination of Alternatives)

Alternatifler Ankara'da kurulması düşünülen monoray projeleri olarak belirlenmiştir. Uzman görüşleri doğrultusunda proje bilgileri yaklaşık olarak belirlenmiştir. Henüz uygulaması olmayan monoray toplu ulaşımı için öngörülen projeler ilgili birim yönetici görüşleri doğrultusunda belirlenmiştir. Belirlenen projeler Tablo 1'de gösterilmektedir.

### 5.3. Kriterlerin Belirlenmesi ve Ağırlıkların Bulunması (Determination of Criteria and Finding of Weights)

Çeşitli alanlarda sürdürülebilirliği sağlamak için uygulamalar yapılmıştır. Bu çalışmada, kriterlerin belirlenmesinde sürdürülebilirliği temel alan çalışmalardan derlenen kriterler kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan kriterler Tablo 2'te gösterilmektedir. Jehon vd. [66], taşımacılıkta sürdürülebilirliğin sağlanması yönünde eğilim olduğunu söyleyerek, çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik kriterleri ve bu kriterlere bağlı alt kriterler üzerinden metropol bir şehir için uygulama yaparak projeleri çok kriterli karar verme yöntemleri neticesinde sürdürülebilir, az sürdürülebilir ve daha az sürdürülebilir olarak belirlenmiştir. Erez vd. [67], kentsel toplu ulaşım sistemleri alanında, çok kriterli karar verme yöntemleri ile yapılan çalışmalarını inceleyerek, değerlendirmede kullanılan kriterleri; ekonomik, teknik ve lojistik, çevresel, güvenlik, sosyal ve arazi kullanımı ve bu ana kriterlere bağlı çeşitli alt kriterler olarak sınıflandırmıştır. Bueno Cadena ve Vassallo Magro



[68], taşımacılıkta sürdürülebilirlik için ulaşım projelerini ekonomik, çevresel ve sosyal ana kriterleri ve alt kriterler açısından çok kriterli bir değerlendirme yapmıştır. Bottero ve Lami [69], ANP yöntemi ile şehirlerarası yol projelerinin sürdürülebilir hareketlilik bakımından iyileştirilmesi için uygulama yapılmışlardır. Bottero vd. [70], başka bir çalışmalarında fayda, fırsatlar, maliyetler ve risk ana kriterleri altında belirlenen çeşitli kriterler üzerinden sürdürülebilirliğin sağlanması noktasında farklı senaryolar için değerlendirmelerde bulunmuşlardır. Bhandari vd. [71], taşıma sürdürülebilirliği sağlayacak yol projeleri için AHP uygulaması yapmışlardır ve kriterleri, ekonomik, sosyal etki ve çevresel etki başlıkları altında çeşitli alt kriter ile değerlendirmişlerdir.

Tablo 1. Alternatif projeler ve özellikleri  
(Table 1. Alternative projects and features)

Projeler	Uzunluk (m)	İstasyon Sayısı	Toplam Araç Sayısı	Maliyet (*1000\$)
P1	19.168	18	144	709.216
P2	4.069	4	32	150.553
P3	11.526	10	88	422.052
P4	11.596	10	88	126.052
P5	7.763	7	60	287.231
P6	8.076	8	60	298.812
P7	5.020	5	40	185.740
P8	11.140	11	80	412.180

Bu çalışmada Chang'ın "Genişletilmiş Analiz Yöntemi"nde kullanılan "Bulanık Önem Dereceleri" ölçeği kullanılmıştır. Bulanık önem dereceleri Tablo 3'de gösterilmiştir [72]. Uzman görüşleri doğrultusunda elde edilen kriterlerin ikili karşılaştırmaları Tablo 4'te ikili karşılaştırmalar matrisinde gösterilmiştir.

Tablo 2. Belirlenen kriterler  
(Table 2. Determinated criteria)

Numara	Kriterler	Açıklama
1	Mesafe (K1)	Güzergahın Daha Geniş Bir Alanı Etki Altına Alması
2	Seyahat Zamanı (K2)	Kent İçi Ulaşımında Daha Kısa Sürede Ulaşımın Sağlanması
3	Kuruluma Maliyeti (K3)	Projenin Toplam Maliyeti (Kuruluma Ve Araç Maliyeti) Kapsar
4	İstasyon Sayısı (K4)	Daha Fazla Noktayı Birbirine Bağlaması
5	Nüfus Oranı (K5)	Yüksek Nüfus Oranının Güzergahtan Yararlanmasının Sağlanması
6	Çevresel Etki (K6)	Kurulacak Projenin Çevre Zararının Daha Az Olması

Tablo 3. Bulanık önem dereceleri  
(Table 3. Fuzzy scale)

Dilsel Değişkenler	Üçgensel Bulanık Sayılar	Tersi Karşılaştırma
Eşit önem	(1 1 3)	(1/3 1 1)
Kısmen önemli	(1 3 5)	(1/5 1/3 1)
Oldukça önemli	(3 5 7)	(1/7 1/5 1/3)
Çok önemli	(5 7 9)	(1/9 1/7 1/5)
Kesin önemli	(7 9 9)	(1/9 1/9 1/7)





Üçgen bulanık sayılarla oluşturulan kriterlerin aralarındaki ikili karşılaştırmalar matrisi Chang'ın [73] yöntemine göre yapılmıştır. Her bir kriter için bulunan kriter toplamları Tablo 5'da verilmiştir.

Tablo 4. Kriterler için ikili karşılaştırma matrisi  
(Table 4. Comparison matrix for criteria)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	(1 1 1)	(1 3 5)	(1/5 1/3 1)	(1/5 1/3 1)	(5 7 9)	(1/9 1/9 1/5)
K2	(1/5 1/3 1)	(1 1 1)	(1/5 1/3 1)	(1/5 1/3 1)	(1/7 1/5 1/3)	(1/9 1/7 1/5)
K3	(1 3 5)	(1 3 5)	(1 1 1)	(1/7 1/5 1/3)	(1/7 1/5 1/3)	(1/7 1/5 1/3)
K4	(1 3 5)	(1 3 5)	(3 5 7)	(1 1 1)	(1/7 1/5 1/3)	(1/7 1/5 1/3)
K5	(1/9 1/7 1/5)	(3 5 7)	(3 5 7)	(3 5 7)	(1 1 1)	(1/5 1/3 1)
K6	(7 9 9)	(5 7 9)	(3 5 7)	(3 5 7)	(1 3 5)	(1 1 1)

Tablo 5. Kriterin sentetik değerleri  
(Table 5. Synthetic values of criteria)

Toplam K1	2.62	3.92	8.34
Toplam K2	1.85	2.34	4.53
Toplam K3	3.43	7.60	12.00
Toplam K4	6.29	12.40	18.67
Toplam K5	15.20	23.33	32.00
Toplam K6	20.00	30.00	38.00

Bulunan Tablo 5'deki kriterlerin bulanık değerlerinin normalleştirilmiş hali Tablo 6'de gösterilmektedir.

Tablo 6. Normalleştirilmiş bulanık değerler  
(Table 6. Normalized fuzzy values)

K1	0.0231	0.0493	0.1689
K2	0.0163	0.0294	0.0918
K3	0.0302	0.0955	0.2430
K4	0.0554	0.1558	0.3779
K5	0.1339	0.2931	0.6479
K6	0.1761	0.3769	0.7694

Yapılan karşılaştırma işlemi sonucunda ortaya çıkan karşılaştırma ve sonuç ağırlıkları Tablo 7'de gösterilmektedir. Sonuçta ortaya çıkan değerler üzerinden normalizasyon işlemi yapılırsa;

$W=(0;0;0.0761;0.1894;0.3372;0.3971)^T$  değerleri elde edilir.

Bu değerlere göre kriterlerin sırasıyla önem yüzdeleri; K1, %0; K2, %0; K3, %7; K4,%18; K5, %33 ve K6, %39 olarak bulunmuştur.

Aynı zamanda diğer bir sıralama yöntemi olan Liou ve Wang [74] yöntemi olan toplam entegral değer yöntemi ile ana kriterler değerlendirilirken, genişletilmiş analiz yönteminin 1. Adımı ile elde edilen kriterlerin bulanık sentetik mertebe değerleri kullanılacaktır.

Kriter değerleri bulunmak istenirse;

$=1/2*[a.u+m+(1-a)*l]$  bağıntısı ile bulunabilir.( $0 \leq a \leq 1$ ) Bu bağıntı ile hesaplama yaparsak Tablo 8'deki değerleri elde ederiz.



Tablo 7. Kıyaslama için bulanık sayıların karşılaştırılması ve sonuç ağırlıkları

(Table 7. Comparison of fuzzy number)

$V(S_{K1} > S_{K2})$	1	$V(S_{K2} > S_{K1})$	0.776	$V(S_{K3} > S_{K1})$	1
$V(S_{K1} > S_{K3})$	0.75	$V(S_{K2} > S_{K3})$	0.482	$V(S_{K3} > S_{K2})$	1
$V(S_{K1} > S_{K4})$	0.516	$V(S_{K2} > S_{K4})$	0.223	$V(S_{K3} > S_{K4})$	0.756
$V(S_{K1} > S_{K5})$	0.126	$V(S_{K2} > S_{K5})$	0	$V(S_{K3} > S_{K5})$	0.355
$V(S_{K1} > S_{K6})$	0	$V(S_{K2} > S_{K6})$	0	$V(S_{K3} > S_{K6})$	0.191
Min Vi					
$V(S_{K1} > S_{K1})$	0	$V(S_{K2} > S_{K1})$	0	$V(S_{K3} > S_{K6})$	0.191
$V(S_{K4} > S_{K1})$	1	$V(S_{K5} > S_{K1})$	1	$V(S_{K6} > S_{K1})$	1
$V(S_{K4} > S_{K2})$	1	$V(S_{K5} > S_{K2})$	1	$V(S_{K6} > S_{K2})$	1
$V(S_{K4} > S_{K3})$	1	$V(S_{K5} > S_{K3})$	1	$V(S_{K6} > S_{K3})$	1
$V(S_{K4} > S_{K5})$	0.639	$V(S_{K5} > S_{K4})$	1	$V(S_{K6} > S_{K4})$	1
$V(S_{K4} > S_{K6})$	0.477	$V(S_{K5} > S_{K6})$	0.849	$V(S_{K6} > S_{K5})$	1
Min Vi					
$V(S_{K4} > S_{K6})$	0.477	$V(S_{K5} > S_{K6})$	0.849	$V(S_{K6} > S_{K1})$	1

Hesaplanan değerler yüzdelik oranda ifade edilirse; bağımsız değerlendiriciler için K1 %6; K2 %3; K %9; K4 %15, K5 %25 ve K6 %35 oranında önem arz ettiği sonucuna varılır. Bulunan bu ağırlıklar VIKOR yönteminde kullanılacaktır.

Tablo 8. AHP ağırlıklarının belirlenmesi

(Table 8. Determination of AHP weights)

Kriterler	Ağırlık Vektörü	Normalizasyon Değerleri
$L_t$ SK1	0.07263	0.0614
$L_t$ SK2	0.04175	0.0353
$L_t$ SK3	0.11603	0.0980
$L_t$ SK4	0.18622	0.1573
$L_t$ SK5	0.34201	0.2890
$L_t$ SK6	0.42483	0.3590

#### 5.4. VIKOR Yöntemi (VIKOR Method)

VIKOR yöntemi, grup faydasının maksimum bireysel pişmanlığın ise minimum olduğu durumu dikkate almaktadır. Problem için uygulama adımları sırasıyla verilmiştir. Alternatif projelerin değerlendirme matrisi Tablo 9'da gösterilmektedir. Eksik olan değerler maliyet kriterleridir ki bu değerler fayda olacak şekilde düzenlenmiştir. Seyahat zamanı, nüfus oranı ve çevresel etki kriterleri uzman görüşleri doğrultusunda puanlanmıştır. Karar matrisi oluşturulduktan sonraki adımda kriterlerin fayda ve maliyet özelliklerine göre her bir kriterin en iyi ve en kötü değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. En iyi ve en kötü değerlerin hesaplanmış hali Tablo 10'de gösterilmektedir.

Tablo 9. Alternatif projelerin değerlendirme matrisi

(Table 9. Evaluation matrix of alternative projects)

Projeler	Uzunluk (m)	Seyahat Zamanı	Maliyet (*1000.000\$)	İstasyon Sayısı	Nüfus Oranı	Çevresel Etki
P1	19.168	-9	-709	18	9	-7
P2	4.069	-3	-150	4	3	-5
P3	11.526	-7	-422	10	5	-3
P4	11.596	-7	-126	10	5	-3
P5	7.763	-5	-287	7	3	-5
P6	8.076	-5	-298	8	5	-5
P7	5.020	-3	-185	5	7	-5
P8	11.140	-7	-412	11	5	-9



Tablo 10. Karar matrisi en iyi ve en kötü değerleri  
(Table 10. Decision matrix the best and the worst values)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
f+	19.168	-3	-126	18	9	-3
f-	4.069	-9	-709	4	3	-9

Her bir alternatif proje için ortalama ve en kötü grup skorlarını gösteren  $S_i$  ve  $R_i$  değerleri hesaplanıp Tablo 11'de gösterilmektedir. Tablo 12'te maksimum ve minimum  $S_i$  ve  $R_i$  değerleri gösterilmektedir. Hesaplanan  $Q$  değerleri ise Tablo 13'te gösterilmektedir.

Tablo 11. Alternatif Projeler için R ve S Değerleri  
(Table 11. R and S values for alternative projects)

Alternatifler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	$S_i$	$R_i$
P1	0.00000	0.03527	0.09804	0.00000	0.00000	0.23931	<b>0.37263</b>	<b>0.23931</b>
P2	0.06137	0.00001	0.00012	0.00011	0.00009	0.00004	<b>0.06175</b>	<b>0.06137</b>
P3	0.03106	0.00000	0.00146	0.00007	0.00006	0.00000	<b>0.03265</b>	<b>0.03106</b>
P4	0.03078	0.00002	0.00000	0.00007	0.00006	0.00000	<b>0.03093</b>	<b>0.03078</b>
P5	0.04636	0.00002	0.00079	0.00009	0.00009	0.00004	<b>0.04739</b>	<b>0.04636</b>
P6	0.04508	0.00002	0.00085	0.00008	0.00006	0.00004	<b>0.04613</b>	<b>0.04508</b>
P7	0.05751	0.00001	0.00029	0.00011	0.00003	0.00004	<b>0.05799</b>	<b>0.05751</b>
P8	0.03263	0.00002	0.00141	0.00006	0.00006	0.00011	<b>0.03429</b>	<b>0.03263</b>

Tablo 12. En yüksek ve en düşük S ve R değerleri  
(Table 12. Highest and lowest S and R values)

S*	0.03093
S-	0.37263
R*	0.03078
R-	0.23931

Tablo 13. Alternatif projeler için Q değerleri  
(Table 13. Q values for alternative projects)

Alternatifler	Q Değerleri
P4	0.0001
P3	0.0032
P8	0.0094
P6	0.0566
P5	0.0614
P7	0.1037
P2	0.1185
P1	1.0000

Tablo 14. Belirlenen S, R ve Q değerleri ve sıralama  
(Table 14. Determinated S, R and Q Values and ranking)

Alternatifler	$S_i$	$R_i$	Q	Sıralama
P1	0.3726	0.2393	1.0000	8
P2	0.0617	0.0614	0.1185	7
P3	0.0326	0.0311	0.0032	2
P4	0.0309	0.0308	0.0000	1
P5	0.0474	0.0464	0.0614	5
P6	0.0461	0.0451	0.0566	4
P7	0.0580	0.0575	0.1037	6
P8	0.0343	0.0326	0.0094	3

$Q=0.5$ 'e göre Bulunan  $Q$  değerleri neticesinde sıralama yapılmıştır. Yapılan sıralamanın uzlaşık çözümü yansıtıp yansıtmadığını kontrol amacıyla Koşul 1 ve Koşul 2'nin sağlanıp sağlanmadığının kontrolünde Koşul 2 sağlanmıştır. Sıralama Tablo 14'



te gösterilmektedir. Yapılan sıralama sonucunda P4 en iyi alternatif proje olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer projeler sırası ile P3, P8, P6, P5, P7, P2 ve P1 şeklindedir. İlk iki sıralamayı P4 ve P3 oluşturmaktadır. Bu iki proje aynı güzergahın küçük değişik ile alternatifidir. Bu değişiklik inşa maliyeti olarak karşımıza çıkmakta ve bu kriter ile P4 projesi öncelikli olarak ilk tercihimizi oluşturmuştur. Üçüncü sırada yer alan proje, ilk iki proje benzer özellikler taşımaktadır. Ancak çevresel etki kriteri bu projeyi geri plana itmiştir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Bu çalışmada, belediyelerin en önemli karar noktalarından biri olan en uygun proje seçimi problemi incelenmiştir. Çalışmada sürdürülebilir ulaşım için kriterler belirlenmiş ve belirlenen bu kriterler arasında 6 adedi kullanılarak belirsizliğin hâkim olduğu bu süreçte daha etkin karar vermeyi sağlamak amacıyla bulanık sayılar ile entegre kullanılan BAHP yaklaşımı kullanılmıştır ve VIKOR yöntemi ile 8 alternatif proje arasından seçim yapılmıştır. Yapılan seçim sonucunda P4 en iyi proje olarak ön plana çıkmıştır. BAHP yaklaşımına yönelik geliştirilen birçok yöntem bulunmakla beraber, bu çalışmada Chang'ın "Genişletilmiş Analiz yöntemi" ile Liou ve Wang tarafından geliştirilen "Toplam Entegral Değer" yöntemlerinin kullanılması tercih edilmiştir. Büyükşehir belediyeleri için stratejik öneme sahip olan proje seçimi problemlerinde bağımsız değerlendiriciler marifetiyle proje değerlendirilirken pek çok kriterin dikkate alınması gereklidir. Sürdürülebilir kentsel ulaşım ve daha yaşanabilir bir şehir oluşturmak amacıyla ortaya konan projelerin hepsinin birden yapılması mümkün değildir veya çok büyük kaynak gerektirmektedir. Bu sebeple önceliklendirme ve seçim yapılması kentsel ulaşım planlamasında önem arz etmektedir. AHP yaklaşımı, hiyerarşik yapıda yer alan karar elemanları arasındaki etkileşimi dikkate almayan bir yöntemdir. Bu çalışmada 6 kriter üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Gelecek çalışmalarda kriter sayısı arttırılabilir. Proje değerlendirmede, kriterlerin birbirini etkilemesi durumu dikkate alınarak analitik ağ süreci (AAS) ve bulanık mantık ile entegre çalışan bulanık analitik ağ süreci (BAAS) yaklaşımları kullanılarak çözülebilir ve sonuçlar karşılaştırılabilir. Aynı zamanda diğer sıralama yöntemleri olan TOPSIS ve MOORA kullanılabilir.

## NOT (NOTICE)

Bu çalışma, 21-23 Eylül 2017 tarihinde Bayburt'ta düzenlenen International Conference on Advanced Engineering Technologies (ICADET) Konferansında sözlü bildiri olarak sunulmuş ve yeniden yapılandırılmıştır.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Litman, T. and Burwell, D., (2006). Issues in Sustainable Transportation. International Journal of Global Environmental Issues, 6(4), 331-347.
- [2] Cirit, F., (2014). Sürdürülebilir Kentiçi Ulaşım Politikaları Ve Toplu Taşıma Sistemlerinin Karşılaştırılması. Uzmanlık Tezi, T.C. Kalkınma Bakanlığı.
- [3] Hamurcu, M., Gür, Ş., Özder, E.H., and Eren, T., (2016). A Multicriteria Decision Making for Monorail Projects with Analytic Network Process and 0-1 Goal Programming. International Journal of Advances in Electronics and Computer Science (IJAECs), 3(7), 8-12.
- [4] Gür, Ş., Hamurcu, M., and Eren, T., (2016). Using Analytic Network Process and Goal Programming Methods for Project



- Selection in the Public Institution. *Les Cahiers du MECAS*, 13, 36-51.
- [5] Gür, Ş., Hamurcu, M. ve Eren, T., (2017). Ankara'da Monoray Projelerinin Analitik Hiyerarşi Prosesi ve 0-1 Hedef Programlama ile Seçimi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23 (4), 437-443.
- [6] Hamurcu, M. ve Eren, T., (2016). Analitik Ağ Süreci ile Ankara'da Kentsel Ulaşım için Monoray Teknolojisinin Seçimi. 3rd International Symposium on Railway Systems Engineering (ISERSE'2016), Karabük, Bildiriler Kitabı, ss. 85-96.
- [7] Hamurcu, M. ve Eren, T., (2016). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Raylı Sistem Projelerinin Sıralanması. 3rd International Symposium on Railway Systems Engineering (ISERSE'2016). Karabük, Bildiriler Kitabı, ss. 559-566.
- [8] Hamurcu, M., (2016). Ankara'da Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleriyle Monoray Güzergâhı Belirleme. Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [9] Hamurcu, M. ve Eren, T., (2015). Using Analytic Hierarchy Process and Goal Programming Methods for Investment Project Selection in Ankara. 11th International Conferences on Multiple Objective Programming and Goal Programming (MOPGP 2015), Tlemcen, Abstract Book, pp:13-15.
- [10] Hamurcu, M. ve Eren, T., (2015). Ankara Büyükşehir Belediyesi'nde Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi ile Monoray Güzergâh Seçimi. *Transist 8. Uluslararası Ulaşım Teknolojileri Sempozyumu ve Fuarı*. İstanbul, Bildiriler Kitabı, ss:400-409.
- [11] Hamurcu, M. and Eren, T., (2016). A Multicriteria Decision-Making for Monorail Route Selection in Ankara. *International Journal of Industrial Electronics and Electrical Engineering*, 4 (5), 121-125.
- [12] Hamurcu, M. and Eren, T., (2016) Using ANP- TOPSIS Methods for Route Selection of Monorail in Ankara. 28th European Conference on Operational Research. Poznan, Abstract Book, pp:243.
- [13] Hamurcu, M. ve Eren T., (2017). Raylı Sistem Projeleri Kararında Ahs-Hp ve Aas-Hp Kombinasyonu, *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 3(3), 1-13.
- [14] Taş, M, Özlemiş, Ş, Hamurcu, M. ve Eren, T, (2017). Ankara'da AHP ve PROMETHEE Yaklaşımıyla Monoray Hat Tipinin Belirlenmesi, *Ekonomi, İşletme, Siyaset ve Uluslararası İlişkiler Dergisi*, 3 (1), 65-89.
- [15] Hamurcu, M. and Eren, T., (2018). Transportation Planning with Analytic Hierarchy Process and Goal Programming. *International Advanced Researches and Engineering Journal*, 2(2), (In Press).
- [16] Hamurcu., M. and Eren, T., (2018). Evaluation of Expansion Strategies for Rail System Network of Ankara, *International Congress on Engineering and Life Sciences (ICELIS 2018)*, 26-29 April 2018, Kastamonu.
- [17] Dinç, S., Hamurcu, M., and Eren, T., (2018). Evaluation of The Effectiveness of Kırıkkale-Campus Transportation Route with Multicriteria Decision Making. *International Conference on Intelligent Transportation Systems (BANU-ITSC'18)*, 19-21 April 2018, Bandırma.
- [18] Dinç, S., Hamurcu, M., and Eren, T., (2018). Selection of Tramway Alternatives for Urban Transportation by Using AHP/FAHP. *International Conference on Intelligent Transportation Systems (BANU-ITSC'18)*, 19-21 April 2018, Bandırma.
- [19] Süt, N.İ., Hamurcu, M., and Eren, T., (2018). Processing Decision for Green Transport in Campus: Selection of Ring



- Vehicles. International Conference on Intelligent Transportation Systems (BANU-ITSC'18), 19-21 April 2018, Bandırma.
- [20] Kara, İ. ve Ecer, F., (2016). AHP-VIKOR Entegre Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi: Tekstil Sektörü uygulaması. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 18(2), 255-272.
- [21] Soba, M., Şimşek, A., Erdin, E. ve Can, A., (2016). AHP Temelli VIKOR Yöntemi ile Doktora Öğrenci Seçimi. Dumlupınar University Journal of Social Science/Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 50.
- [22] Çakır, E., (2016). Kısmi Zamanlı Olarak Çalışacak Öğrencilerin Analitik Hiyerarşi Prosesi Temelli VIKOR Yöntemi İle Belirlenmesi. Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi, 12(29), 195-224.
- [23] Tadić, S., Zečević, S., and Krstić, M., (2015). Ranking of Logistics System Scenarios Using Combined Fuzzy AHP-VIKOR Model. International Journal for Traffic and Transport Engineering, 5(1), 54-63.
- [24] Karaman, B. ve Çerçioğlu, H., (2015). 0-1 Hedef Programlama Destekli Bütünleşik AHP-VIKOR Yöntemi: Hastane Yatırımı Projeleri Seçimi. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 30(4), 567-576.
- [25] Demircanlı, B. ve Kundakcı, N., (2015). Futbolcu Transferinin AHP ve VIKOR Yöntemlerine Dayalı Bütünleşik Yaklaşım İle Değerlendirilmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 30(2), 105-129.
- [26] Uygurtürk, H. ve Uygurtürk, H., (2014). Bütünleşik AHS-VIKOR Yöntemi ile Otel Seçimi. AİBÜ-İİBF Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 10(2), 103-117.
- [27] Ar, İ.M., Baki, B. ve Özdemir, F., (2015). Kuruluş Yeri Seçiminde Bulanık AHS-VIKOR Yaklaşımının Kullanımı: Otel Sektöründe Bir Uygulama. International Journal of Economic & Administrative Studies, 7(13), 93-114.
- [28] Jahan, A., Mustapha, F., Ismail, M.Y., Sapuan, S.M., and Bahraminasab, M., (2011). A Comprehensive VIKOR Method For Material Selection. Materials & Design, 32(3), 1215-1221.
- [29] Dinçer, H. ve Görener, A., (2011). Analitik Hiyerarşi Süreci ve VIKOR Tekniği ile Dinamik Performans Analizi: Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama. İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 19, 109-127.
- [30] Hamurcu, M., Alağaç, H.M., and Eren, T., (2017). Selection of Rail System Projects with Analytic Hierarchy Process And Goal Programming. Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences, (Basımda).
- [31] Hamurcu, M. and Eren, T., (2017). Selection of Monorail Technology By Using Multicriteria Decision Making. Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences, (Basımda).
- [32] Taş, M., Özlemiş, Ş.N., Hamurcu, M. ve Eren, T., (2017). Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Hedef Programlama Karma Modeli Kullanılarak Monoray Projelerinin Seçimi. Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 2(2), pp:24-34.
- [33] Hamurcu, M. ve Eren, T., (2017). Science Citation Index (SCI) Kapsamında Dergi Seçimi için Analitik Ağ Süreci Yönteminin Kullanılması. Harran üniversitesi mühendislik dergisi, 2(2), pp:54-70.
- [34] Hamurcu, M. and Eren, T., (2017). Academic Journal Selection for Academicians by Using Fuzzy Multicriteria Decision Making Methods. The 5th International Fuzzy Systems Smposiom. Ankara, Abstract Book, pp:42.



- [35] Geyik, O., Tosun, M., Ünlüsoy, S., Hamurcu, M. ve Eren, T., (2016). Kitap Basımevi Seçiminde AHP Ve TOPSIS Yöntemlerinin Kullanımı. *Uluslararası Sosyal ve Eğitim Bilimleri Dergisi*, 3 (6), 106-126.
- [36] Hamurcu, M. and Eren, T., (2017). A Hybrid Approach Based on Fuzzy AHP and TOPSIS for Selection of Academic Conference. The 5th International Fuzzy Systems Smposiom. Ankara, Abstract Book, pp:27.
- [37] Hamurcu, M. and Eren, T., (2017). Selection of Urban Rail Mass Transport Type By Using Fuzzy AHP. The 5th International Fuzzy Systems Smposiom. Ankara, Abstract Book, pp:13.
- [38] Hamurcu, M. ve Eren, T., (2017). Toplu Taşıma Türünün Seçiminde AHP-ANP Yöntemlerinin Kullanımı. International Conference on Advanced Engineering Technologies (ICADET 2017), Bayburt, Bildiriler Kitabı, 903-913.
- [39] Hamurcu, M. and Eren, T., (2017). Evaluation of Monorail Route Alternatives by Using a Fuzzy Analytic Hierarchy Process. The 5th International Fuzzy Systems Smposiom. Ankara, Abstract Book, pp:46.
- [40] Hamurcu, M., Alağaç, H.M. ve Eren, T., (2017). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Kırıkkale Yüksek Hızlı Tren İstasyon Yerinin Seçimi. 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (ISITES2017), Bildiriler Kitabı, Abstract Book, ss:597-606.
- [41] Süt, N.İ., Hamurcu, M., and Eren, T., (2018). Evaluation of Ankara-Sivas High Speed Rail Line with Multicriteria Decision Making Method. International Conference on Intelligent Transportation Systems (BANU-ITSC'18), 19-21 April 2018, Bandırma.
- [42] Hamurcu, M. and Eren, T., (2018). Prioritization of High-speed Rail Projects. International Advanced Researches and Engineering Journal, 2(2), (In Press).
- [43] Alağaç, H.M., Mermi, Ö.S., Kızıлтаş, Ş., Eren, T. ve Hamurcu, M., (2017). Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Hedef Programlama Yöntemi ile Reklam Stratejisi Seçimi: Mobilya Firması Örneği. 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (ISITES2017) Bakü, Bildiriler Kitabı, ss:516-525.
- [44] Hamurcu, M. ve Eren, T., (2017). Sürdürülebilir Kent İçi Ulaşım İçin Bulanık AHP Tabanlı VIKOR Yöntemi İle Proje Seçimi. International Conference on Advanced Engineering Technologies (ICADET 2017). Bayburt, Bildiriler Kitabı, 874-885.
- [45] Saaty, T.L., (2000). *Fundamentals of Decision Making And Priority Theory* (6 Basım, USA: RWS).
- [46] Saaty, T.L., (1998). What is the Analytic Hierarchy Process?. In *Mathematical Models for Decision Support*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp:109-121,
- [47] Wind, Y. and Saaty, T.L., (1980). Marketing Applications of the Analytic Hierarchy Process. *Management Science*, 26(7), 641-658.
- [48] Vargas, L.G., (1990). An Overview of the Analytic Hierarchy Process and Its Applications. *European Journal of Operational Research*, 48, 2-8.
- [49] Xia, W. and Wu, Z., (2007). Supplier Selection with Multiple Criteria in Volume Discount Environments. *Omega, The International Journal of Management Science*, 35, 494-504.
- [50] Narges, B., Hossein, M., Behnam, F., Nielsen, I.E., and Omid, M., (2016). Green Supplier Selection Using Fuzzy Group Decision Making Methods: A Case Study From the Agri-food Industry. *Computers & Operations Research*, Available online 4 March.



- [51] Zadeh, L., (1965). Fuzzy sets and systems. In: Fox J, editor. System Theory. Brooklyn, NY: Polytechnic Press.
- [52] Kargın, M., (2010). Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ve İdeal Çözüme Yakınlığa Göre Sıralama Yapma Yöntemleri ile Tekstil Sektöründe Finansal Performans Ölçümü. Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 8(1), 195-216.
- [53] Ertay, T., Kahraman, C., and Kaya, I., (2013). Evaluation of Renewable Energy Alternatives Using MACBETH and Fuzzy AHP Multicriteria Methods: The Case of Turkey. Technological and Economic Development of Economy, 19(1), 38-62.
- [54] Toksarı, M. ve Toksarı, M.D., (2003). Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Yaklaşımı Kullanılarak Hedef Pazarların Belirlenmesi. ODTÜ Gelişme Dergisi, 38, ss:51-57.
- [55] Gürler, İ., Güler, M.E., and Topoyan, M., (2011). Verimli ve Ekonomik Klima Sistemlerinin Seçiminde Bulanık AHP Metodu. Finans Politik & Ekonomik Yorumlar, 48(551), 51-58.
- [56] Lin, H.F., (2010). An Application of Fuzzy AHP for Evaluating EourseWebsite Quality. Computers & Education, 54(4), pp:877-888.
- [57] Durán, O., (2011). Computer-aided Maintenance Management Systems Selection Based on a Fuzzy AHP Approach. Advances in Engineering Software, 42(10), 821-829.
- [58] Kilincci, O. and Onal, S.A., (2011). Fuzzy AHP Approach for Supplier Selection in a Washing Machine Company. Expert Systems with Applications, 38(8), 9656-9664.
- [59] Lee, S.K., Mogi, G., Lee, S.K., Hui, K.S., and Kim, J.W., (2010). Econometric Analysis of the R&D Performance in the National Hydrogen Energy Technology Development for Measuring Relative Efficiency: The Fuzzy AHP/DEA Integrated Model Approach. International Journal of Hydrogen Energy, 35(6), 2236-2246.
- [60] Opricovic, S., (1998). Multicriteria Optimization of Civil Engineering Systems. Faculty of Civil Engineering, Belgrade, 2(1), 5-21.
- [61] Opricovic, S. and Tzeng, G.H., (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. European Journal of Operational Research, 156(2), 445-455.
- [62] Tayyar, N. ve Arslan, A.G.P., (2013). Hazır Giyim Sektöründe En İyi Fason İşletme Seçimi için AHP ve VIKOR, Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 11(1), 340-358.
- [63] Kara, İ. ve Ecer, F., (2016). AHP-VIKOR Entegre Yöntemi İle Tedarikçi Seçimi: Tekstil Sektörü Uygulaması. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 18(2), 255-272.
- [64] Lixin, D., Ying, L., and Zhiguang, Z., (2008). Selection of Logistics Service Provider Based on Analytic Network Process and VIKOR Algorithm. In Networking, Sensing and Control, 2008. ICNSC 2008. IEEE International Conference, pp:1207-1210.
- [65] Ersoylu, I., (2011). Bulanık VIKOR ve Bulanık AHP Yöntemleri ile Performans Ölçümü. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü.
- [66] Jeon, C.M., Amekudzi, A.A., and Guensler, R.L., (2010). Evaluating Plan Alternatives For Transportation System Sustainability: Atlanta Metropolitan Region. International Journal of Sustainable Transportation, 4(4), 227-247.
- [67] Pérez, J.C., Carrillo, M.H., and Montoya-Torres, J.R., (2015). Multi-criteria Approaches For Urban Passenger Transport Systems: A Literature Review. Annals of Operations Research, 226(1), 69-87.
- [68] Bueno Cadena, P.C. and Vassallo Magro, J.M., (2015). Setting The Weights Of Sustainability Criteria for the Appraisal of Transport Projects. Transport, 30(3), 298-306.





- 
- [69] Bottero, M. and Lami, I.M., (2010). Analytic Network Process And Sustainable Mobility: An Application for the Assessment of Different Scenarios. *Journal of Urbanism*, 3(3), 275-293.
- [70] Bottero, M., Ferretti, V., and Pomarico, S., (2011). An Application of the Analytic Network Process for Assessing the Sustainability of Different Transport Infrastructures. In *Proceedings of the 11th International Symposium on the Analytic Hierarchy Process*, Sorrento, Naples.
- [71] Bhandari, S.B., Shahi, P.B., and Shrestha, R.N., (2014). Multi-criteria Evaluation for Ranking Rural Road Projects: Case study of Nepal. *IOSR Journal of MEchanical and Civil Engineering*, 11(6), pp:53-65.
- [72] Kaptanoğlu, D. ve Özok, F., (2006). Akademik Performans Değerlendirmesi için Bir Bulanık Model. *İTÜ Dergisi/D Mühendislik*, No:1, ss:193-204.
- [73] Chang, D.Y., (1996). Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 95(3), pp:649-655.
- [74] Kwong, C.K., and Badi, H., (2003). Determining the Importance Weights for the Customer Requirements in QFD Using a Fuzzy AHP with an Extent Analysis Approach. *IEE Transactions*, 35(7), pp:619-626.