

Kentsel Ulaşım İçin Alternatif Tramvay Araçlarının Çok Kriterli Seçimi

Sema DİNÇ^a, Mustafa HAMURCU^a, Tamer EREN^{*a}

^a Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, KIRIKKALE 71450, TÜRKİYE

MAKALE BİLGİSİ

Alınma: 29.05.2018
Kabul: 30.07.2018

Anahtar Kelimeler:

Tramvay,
Kentsel Ulaşım,
Raylı Sistemler,
AHP/Bulanık AHP

*Sorumlu Yazar:

e-posta:
teren @kku.edu.tr

ÖZET

Hemen hemen her alanda atılma geçilen ülkemizde, raylı sistemler alanında da büyük gelişmeler göstermektedir. Dünya çapında mega projelerinin yanında, şehirler arası ulaşımda yüksek hızlı ve hızlı tren projeleri; kentsel ulaşımda, metro, hafif raylı sistem, monoray ve tramvay projeleri hayata geçirilmektedir. Bu gelişmeler yerli üretimi hareketlendirmekte ve verilen teşviklerle çeşitli alanlarda yerli üretimler söz konusu olmaktadır. Birçok şehirde yeni tramvay hatları yapılmakta ve projelendirme süreçleri devam etmektedir. Bu hatlarda yerli üretim oranına dikkat edilmek üzere tramvay setleri alımı yapılmaktadır. Bu çalışmada yerli üretim olan tramvay da ele alınarak kentsel raylı ulaşım için 4 farklı set arasından Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve bulanık AHP yöntemleri kullanılarak seçim yapılmıştır. Yerli üretim tramvayın da tanıtıldığı bu çalışmada, kullanan yöntemlerin sonuçları karşılaştırılmış ve değerlendirilmelerde bulunulmuştur.

DOI: <https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2018.04.02.007>

Multicriteria Selection Of Alternative Tramway Vehicles For Urban Transportation

ARTICLE INFO

Received: 29.05.2018
Accepted: 30.07.2018

Keywords:

Tram,
Urban transport,
Rail systems,
AHP/Fuzzy AHP

*Corresponding

Authors
e-mail:
teren@kku.edu.tr

ABSTRACT

Nowadays, it has been realized many breakthroughs in many sectors, also, major developments are seen in the field of rail systems. The high-speed train projects in the intercity transport; metro, light rail system, monorail and tram projects in the urban transport, alongside the mega-projects in the worldwide, are put into practice. New tramway lines are being built in many cities and their projecting process are ongoing. In these lines, tramway sets are purchased to pay attention to the domestic production rate. In this study, a tramway which is domestic production was taken into consideration and it is made selection for urban transport among the 4 different sets by using AHP and fuzzy AHP methods. At last, it was introduced the domestic production tramway in this study, then the most appropriate system is selected, and the results of the used methods were compared and evaluated for analyze.

DOI: <https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2018.04.02.007>

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kent; sürekli toplumsal gelişme içinde bulunan ve toplumun yerleşme, barınma, gidiş-geliş, çalışma, dinlenme, eğlenme gibi gereksinmelerinin karşılandığı; pek az kimsenin tarımsal uğraşlarda bulunduğu, köylere bakarak nüfus yönünden daha

yoğun olan ve küçük komşuluk birimlerinden oluşan yerleşme birimidir [1].

Kent içi ulaşım ise kentli nüfusun günlük faaliyetleriyle yakından ilişkilidir. Toplu ve bireysel ulaşım ile yük taşımacılığında meydana gelmektedir. Raylı sistemler de kentsel alanlarda toplu ulaşımda önemli bir yer tutmaktadır. Banliyö, tramvay, hafif

raylı sistemler (HRS), metro ve monoray sistemleri kentsel raylı sistemlerden olup kentsel toplu ulaşımda kullanılmaktadır. Kentsel ulaşımda raylı sistemlerin bu kadar önemli bir yer kaplamasıyla bu sistemlere büyük bütçeler ayrılmaktadır. Günümüzde ise yerli kentsel raylı sistemlerin kullanılmasıyla ciddi tasarruflar elde edildiği bilinmektedir ve yerli üretim üzerinde durulmaktadır.

Bu çalışmada raylı sistemlerden olan tramvay alternatifleri ele alınmış, uzman görüşleri ve literatürde yapılan çalışmalar ışığında belirlenen kriterler, çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden olan analitik hiyerarşi prosesi ve bulanık analitik hiyerarşi prosesi ile ağırlıklandırılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde kentsel ulaşımda raylı sistemler, tramvay kullanımı, tramvay araçlarının seçiminin önemi ve bu alanda yapılan çalışmalar; üçüncü bölümde literatür taraması verilmiş ve ulaşım modunun seçiminde yapılan çalışmalar anlatılmıştır. Çalışmanın dördüncü ve beşinci bölümünde analitik hiyerarşi prosesi ve bulanık analitik hiyerarşi prosesi anlatılmıştır. Altıncı bölümde tramvay alternatiflerinin seçimi yapılmış ve son olarak yedinci bölümde ise sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. KENTSEL ULAŞIM (URBAN TRANSPORT)

Son yıllarda otomotiv sektöründe hızlı bir gelişme söz konusudur. Otomotivlerin ve otomotivlere olan ilginin artması ile birlikte kent içi ulaşımda kullanılan tramvay, metro, banliyö gibi raylı sistemler yerine kişisel otomobiller daha çok tercih edilir olmuştur. Toplu taşımalardan ziyade kişisel araçların kullanımının artması kentsel ulaşımda trafik yoğunluğunu meydana getirmiş ve bu problem çözülmeye çalışılmıştır. Problemin çözümü için toplu taşıma araçları (özellikle raylı sistemler) güvenli, konforlu, çevreye uyumlu ve eşitlikçi olmasıyla önem kazanmış ve bu sistemlerin kullanımı artırılmaya çalışılmıştır. Her bakımdan topluma fayda sağlayacak olan bu raylı sistemlere büyük bütçeler ayrılarak bu alanda yatırımlar yapılmıştır. Türkiye’de, 2023’e kadar ulaştırmaya yapılacak 300 milyar Euro yatırımın ise 50 milyar Euro kısmının demiryollarına tahsis edilmesi planlanmıştır [2].

İstanbul, Ankara, Bursa, Eskişehir, Konya dahil toplam 11 ilde raylı sistemler hizmet vermektedir. Yerli ve yabancı birçok raylı araçların markalarının kullanıldığı iller ve bu illerdeki araç set adetleri Tablo 1.’de verilmektedir.

Raylı sistemlerden biri olan tramvaylar; karayolu ulaşım araçları ile aynı yolu kullanan, nüfusu fazla olmayan kentlerde ana kentsel ulaşım aracı olarak kullanılabilirliği gibi nüfusu fazla olan kentlerde de trafik yoğunluğuna yardımcı olmak için kullanılan bir raylı sistemdir. Tramvay araçlarının genişlikleri 2200 mm ile 2650 mm arasında değişebilmektedir. Tipik bir tramvay aracı; 14-21 metre uzunluğunda, 80-180 yolcu kapasiteli, kapasitenin %20-40’ı oturan yolculu araçlardır. Tramvay yolları inşa edilirken çok büyük çaplı kazı ve inşaat çalışmaları gerekmediği için maliyet açısından diğer sistemlere oranla oldukça ucuz sistemlerdir [3].

Ülkemizde 1990 yılından bu yana 12 farklı ülkeden satın alınan 14 adet farklı markadan toplam değeri 7,5 milyar Euro olan 2566 adet raylı araç satın alınmıştır. Bu araçlar şu anda Ankara, İstanbul, İzmir, Bursa, Eskişehir, Kayseri, Konya, Adana, Samsun, Gaziantep, ve Antalya şehirlerimizde hizmet vermektedir [2].

Tablo 1. Şehirlere Ait Raylı Sistemler Ve Set Adetleri (Rail Systems And Its Set Numbers In City)

Şehir	Kullanılan Raylı Araç	Set Adedi
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		

İthal edilen araçlardan kaynaklanan stok maliyeti, yedek parça, işçilik, döviz giderleri gibi ek maliyetler oluşmuştur. 07.11.2017 tarihinde yayımlanan 2017/22 sayılı ve Yerli Ürün Kullanılması konulu, Başbakanlık tarafından yayımlanan raylı araç sistemlerinde en az % 51 yerli ürün kullanılmasına yönelik genelgesi bir dönüm noktası olmuştur [4]. Bu uygulama yerli üretim yolunda atılan çok büyük bir adımdır. Gerek ekstra maliyetlerin ortadan kalkışı gerekse ciddi tasarrufların elde edilmesi yönünden son derece önemlidir. Bunun en güzel örnekleri Durmazlar firması tarafından Bursa Büyükşehir Belediyesi için üretilen 18 adet İpekboceği tramvayı ile 60 adet Green City hafif raylı ulaşım araçları, yine Durmazlar firması tarafından Kocaeli Büyükşehir Belediyesi için üretilen 12 adet ve Samsun Büyükşehir

Belediyesi için üretilen 8 adet Panorama milli marka tramvay, Bozankaya firması tarafından Kayseri Büyükşehir Belediyesi için üretilen 30 adet Talas milli marka tramvay, İstanbul Ulaşım tarafından İstanbul Büyükşehir Belediyesi için üretilen 18 adet İstanbul milli marka tramvaylardır. Bugün bu araçlarımız Bursa, Kayseri ve İstanbul şehirlerimizde hizmet vermektedir [5]. 2012 yılından bu yana üretilen yerli ve milli marka raylı sistem araçlarımız Tablo 2.'de verilmiştir.

Tablo 2. Şehir içi Milli Araç Projeleri (*Urban National Vehicle Projects*)

Şehir	Firma	Araç	Set Adedi
İstanbul HRS	İstanbul Ulaşım (Yerlilik%60)	İstanbul Marka	18
Bursa Tramvay	Durmazlar (Yerlilik%60)	İpekböceği	18
Bursa HRS	Durmazlar (Yerlilik%60)	Green City	60
Kayseri Tramvay	Bozankaya (Yerlilik%50)	Talas	30
Kocaeli Tramvay	Durmazlar (Yerlilik%60)	Panorama	12
Samsun Tramvay	Durmazlar (Yerlilik%60)	Panorama	8

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI (*LITERATURE REREVIEW*)

Ulaşım sistemi kararlarında çeşitli uygulamalar ve karar süreçleri karşımıza çıkmaktadır. Birden fazla alternatif ve birbirleriyle çelişen kriterlere sahip olması nedeniyle ulaşım modu seçimi çok kriterli karar verme yöntemini gerektirmektedir. Bu tür ulaşım modu seçimi problemlerinde çok kriterli karar verme yöntemi sıklıkla kullanılmaktadır.

Hamurcu ve Eren, çok ölçütlü karar verme yöntemini kullanarak monoray teknolojisini seçimini [6], Hamurcu vd. [7] analitik hiyerarşi süreci ve hedef programlama ile demiryolu sistemi projelerinin seçimini yapmışlardır. Hamurcu vd. [8] çalışmalarında bulanık AHP yöntemini kullanarak kentsel raylı toplu taşıma tipinin seçimini, bulanık AHP ve TOPSIS yöntemi ile monoray araç seçimini [9], çok kriterli karar verme yöntemi ile toplu taşıma türünün seçimini [10], analitik ağ süreci ile Ankara'da kentsel ulaşım için monoray teknolojisini seçimini [11], çok ölçütlü karar verme yöntemlerini kullanarak monoray teknolojisi seçimini [12], AHP ve BAHF kullanarak belediyenin toplu taşıma türünün seçimini yapmışlardır [13]. Akad [14] toplu taşıma türü seçiminde simülasyon destekli analitik hiyerarşi yaklaşımını kullanmıştır. Gardner [15] geliştirmekte

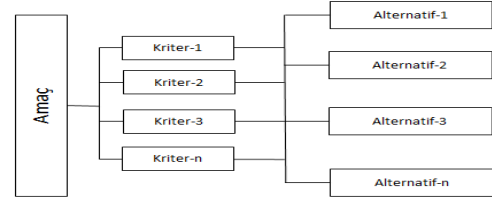
olan bir şehir için toplu taşıma sistemi seçimi üzerinde çalışmışlardır. Hamurcu ve Eren [16] analitik hiyerarşi süreci ve hedef programlama ile ulaşım planlaması yapmışlardır. Süt vd. [17] araç seçimi üzerinde çalışarak kampüs içi yeşil ulaşım için ring araçlarının seçimi hakkında uygulama ortaya koymuşlardır. Ayrıca gelişen teknoloji ile çevresel dostu yakıt teknolojisinin kullanılması ile elektrikli otomobil seçimi [18], kentsel ulaşım için elektrikli toplu ulaşım otobüslerinin seçimi [19] üzerine uygulamalar da literatürde yer almakta ve proje seçimi [20] üzerine çalışmalar bulunmaktadır.

4. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ (*ANALYTIC HIERARCHY PROCESS*)

Analitik Hiyerarşi Prosesi 1970'li yılların ortasında Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen ölçme ve karar verme için kullanılan bir matematiksel teoridir [21]. Karar vericilerin karmaşık problemleri, problem ana hedefi, kriterleri, alt kriterler ve alternatifleri arasındaki ilişkiyi gösteren bir hiyerarşik yapıda modellenmelerine olanak verir. Bir karar verme probleminin AHP ile çözümlenebilmesi için gerçekleştirilmesi gereken adımlar tanımlanmıştır.

4.1. Hiyerarşik yapının oluşturulması (*The hierarchy structure*)

Karar amacı ile en üst noktadan başlayarak Şekil 1.'deki karar hiyerarşisi oluşturulur.



Şekil 1. AHP karar hiyerarşisi (*Decision hierarchy of AHP*)

4.2. İkili karşılaştırma matrisleri (*The pairwise comparison matrices*)

Amaç, kriterler ve alt kriterler belirlendikten sonra kriterlerin ve alt kriterlerin kendi aralarında önem derecelerinin belirlenmesi için Tablo 3.'teki değerler kullanılarak (nxn) ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur.

Tablo 3. Önem Skalası (*Importance scale*)

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Eşit önemde

3	Biraz daha önemli (Az üstünlük)
5	Oldukça önemli (Fazla üstünlük)
7	Çok önemli (Çok üstünlük)
9	Son derece önemli (Kesin üstünlük)
2,4,6 ve 8	Ara değerler(Uzlaşma değerleri)

4.3. Öz vektör değeri ve tutarlılık oranı hesaplanır (Eigenvalue and consistency ratio)

Kriterler arası ve her kriter için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisindeki kriterlerin öz vektör (w) değeri (1) nolu formül ile hesaplanır.

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

Öz vektör değerinin hesaplanmasının ardından tutarlılık oranı (CR), tutarlılık göstergesi (CI) ve öz değer hesaplanır. CR, ikili karşılaştırma anında verilen değerlerin birbirleri arasındaki ilişkisinin tutarlı olup olmadığını gösterir. CR değerinin 0.10'dan küçük olması gerekmektedir aksi hâlde yapılan değerlendirme tekrar gözden geçirilir. Tutarlılık oranı (CR); tutarlılık göstergesinin (CI), rassallık indeksine (RI) bölünmesi ile elde edilir. Bu hesaplama (2) nolu formül ile gösterilmektedir.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

Tutarlılık göstergesinin (CI) hesaplanmasında (3) nolu formül kullanılır.

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

Max öz değer (λ_{max}) hesaplanmasında (4) nolu formül kullanılır. Toplam temel değer (E_i) kriter sayısına bölünür.

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (4)$$

Denklem (2) 'de yer alan rassal indeks (RI) değeri Tablo 4.'te gösterilmektedir.

Tablo 4. RI Değerleri (Random Index (RI))

N	RI	N	RI
1	0	8	1,41
2	0	9	1,45

3	0,58	10	1,49
4	0,90	11	1,51
5	1,12	12	1,48
6	1,24	13	1,56

4.4. Önem ağırlıklarının bulunması ve alternatiflerin sıralanması (Finding importance weights and sorting alternatives)

Kriterlerin değerlendirilmesi için uygulanan bu adımlar alternatiflerin değerlendirilmesi için de kullanılır ve kriter önem ağırlıkları ile her kriter için bulunan alternatiflerin önem ağırlıklarının matris çarpımı sonucunda elde edilen karar alternatif puanları büyükten küçüğe doğru sıralanır. Bu sıralama en büyük değer sahip olan alternatifte, en iyi alternatiftir denir.

Literatürde yaygın kullanıma sahip olan AHP yönteminin karma uygulamaları da vardır. Gür vd. [22] Ankara'da monoray projelerinin seçimini analitik hiyerarşi prosesi ve 0-1 hedef programlama ile yapmış, Hamurcu ve Eren [23] analitik hiyerarşi prosesi-hedef programlama ve analitik ağ prosesi-hedef programlama ile raylı sistem projelerinin kararını vermişlerdir. Taş vd. [24], AHP ve PROMETHEE yaklaşımını Ankara'da monoray hat tipini belirlemede kullanmışlar ve analitik hiyerarşi prosesi ve hedef programlama karma modelini kullanarak monoray projelerinin seçimi üzerinde uygulamalarda bulunmuşlardır [25]. Geyik vd. [26] kitap basımevi seçimi kararını çok kriterli karar vermeyi kullanmışlardır. Shrestha ve Yedla [27] çalışmalarında AHP yöntemini kullanarak alternatif ulaşım seçeneklerinin seçimi için çeşitli nitel kriterlerin etkisini incelemişlerdir. Göksu ve Güngör, üniversite tercih sıralaması yapmışlardır [28].

5. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ (FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS)

Bulanıklık, bilimsel olarak belirsizlik olarak tanımlanmış ve bu belirsizlikleri ifade edebilmek amacıyla bulanık mantık geliştirilmiştir. Klasik mantıkta bir şey ya doğrudur ya da yanlıştır. Bulanık mantıkta ise doğru ile yanlışın arasında birçok durum bulunmaktadır.

Bulanık AHP ise; AHP sürecini, bulanık mantık ve dilsel değişkenlerin kullanımını birleştirmiş bir problem çözme tekniğidir. Bulanık AHP için genellikle bulanık boyut analiz metodu dikkate alınmaktadır. X, bir hedef kümesi $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ve U, bir amaç kümesi $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ olarak

belirlenen Chang'in [29] boyut analizi metoduna her bir hedef alınmakta ve her bir boyut analizi (g_i) sırasıyla uygulanmaktadır. Böylece, aşağıda gösterildiği gibi, her bir hedef için m boyut analizi değeri elde edilmektedir [29]. Burada belirtilen tüm M_{gi}^j ($j=1, 2, m$) parametreleri l (en az olası değer), m (en olası değer), ve u (en geniş olası değer) olan üçgensel bulanık sayıları göstermektedir.

$$M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, M_{gi}^n \quad i=1,2,\dots,m \quad (5)$$

Bir üçgensel bulanık sayı (l, m, u) olarak ifade edilmektedir. Chang'in [30] boyut analizi aşamaları verilmiştir.

Hedefe göre bulanık sentetik boyut değeri (6) numaralı formül ile hesaplanır.

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j * [\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_i]^{-1} \quad (6)$$

$M_2=(l_2, m_2, u_2) \geq M_1=(l_1, m_1, u_1)$ ifadesinin olabirlik derecesi (7) numaralı formül ile hesaplanır.

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) \\ = \gamma M_2(d) \begin{cases} 1, & \text{eğer } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{eğer } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{diğer} \end{cases} \quad (7)$$

Bir konveks sayı M 'nin, k konveks bulanık sayıdan $M^i (i=1, 2, \dots, k)$ daha büyük olması için olabirlik derecesi (8) ve (9) nolu formüller ile tanımlanır.

$$V(M \geq M_1 \geq M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ ve } (M \geq M_2) \text{ ve } \dots, \text{ ve } (M \geq M_k)] = \min_{i=1, 2, \dots, k} V(M \geq M_i) \quad (8)$$

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \quad (9)$$

$k=1, 2, \dots, n$ için $k \neq i$ olmak üzere ağırlık vektörü (10) numaralı formül gibi verilir.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (10)$$

$A_i (i=1, 2, \dots, n)$ olmak üzere A_i n elementlidir.

Normalizasyon işlemi ile normalize edilen ağırlık vektörü (11) numaralı formül ile verilir.

Normalizasyon işlemi W vektörünün değerinin 1 değerine indirgenmesi olarak tanımlanır.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (11)$$

Burada W bulanık olmayan bir sayıdır.

BAHP'nin de AHP gibi karma uygulamaları vardır. Hamurcu ve Eren, monoray araç seçimi için bulanık AHP ve TOPSIS kullanmış [31], Hamurcu ve Eren [32] sürdürülebilir kent içi ulaşım için bulanık AHP tabanlı VIKOR yöntemi ile proje seçimi gerçekleştirmişlerdir. Çiçekli ve Karaçizmeli, bulanık AHP ile başarılı öğrenci seçimini gerçekleştirmişlerdir [33]. Şengül vd. [34] toplu taşıma araç seçimi bulanık AHP ile yapmışlardır. Akman ve Altan [35] otomotiv yan sanayisinde tedarik zinciri yönetiminde bulanık AHP ile tedarikçilerin performansını ölçmüşlerdir. Dağdeviren [36] bulanık AHP ile personel seçmiş ve bir uygulamasını gerçekleştirmiştir. Kaptanoğlu ve Özok [37] akademik performansı değerlendirmek için bulanık modeli kullanmışlardır. Özgörmüş vd. [38] bulanık AHP ile personel seçimi yapmışlardır. Avcılar ve Yakut [39] tüketicilerin indirim mağazası tercihlerini analitik hiyerarşi prosesi ve bulanık analitik hiyerarşi prosesi yöntemleriyle tespit etmişlerdir. Güneri ve Şahin [40] AHP ve bulanık AHP yöntemleri ile tersane yeri seçimi yapmışlardır. Özkan ve Gencer [41] AHP ve bulanık AHP yöntemleri ile öğretim elemanı seçimi yapmışlardır. Yılmaz [42] AHP ve bulanık AHP ile uçak seçim kriterlerini değerlendirmiştir. Avcılar ve Yakut [43] tüketicilerin indirim mağazası tercihlerini değerlendirmişlerdir.

6. TRAMVAY ALTERNATİFLERİNİN SEÇİMİ (SELECTION OF TRAM ALTERNATIVES)

Türkiye'de kentlerdeki nüfus oranının artmasına bağlı olarak kentsel ulaşımında çeşitli iyileştirilmelere gidilmektedir. Raylı sistemlerin çoğaltılması veya geliştirilmesi çözüm yollarından biridir. Kent içinde raylı sistem projelerinin artmasına bağlı olarak raylı sistem projelerine %51 yerlilik şartı getirilmiştir. Bu şart çerçevesinde yerli üretime olan eğilim artmış ve bu eğilimle birlikte tasarruflar elde edilmiştir.

Raylı sistemlerden biri olan ve şehir içi ulaşım sağladığı katkı ile tramvaylara ait yerli ve yabancı firmalar arasında bir seçim yapmayı amaçlayan bu çalışmada belirlenen kriterler ile birlikte AHP ve BAHP ile alternatif seçimi gerçekleştirilmiştir. Günümüzde; İstanbul, Konya, Antalya, Samsun gibi büyük kentlerin ulaşımında kullanılan tramvaylarda oldukça çeşitlilik gözlenmektedir. Yerli ve yabancı firmalardan tramvay kullanımına sıkça rastlanan markalar seçilmiştir.

6.1. Alternatiflerin Belirlenmesi (Determination of the alternatives)

Tramvay araç çeşitleri; kapasite, hız, üretildiği ülke gibi alanlarda farklılık göstermektedir. Çeşitli markaların hangi sıklıkla kullanıldığı bilgisi ve uzman görüşleri doğrultusunda belirlenen alternatifler ve bu alternatiflere ait bilgiler Tablo 6’da gösterilmiştir.

Seçilen alternatifler arasında yer alan Bombardier ve Ansaldo Breda, dünyada en büyük raylı ulaşım araç üreticileri arasında yer alır. Eskişehir, İstanbul, Bursa gibi büyük şehirlerde tramvayları kullanılan menşei Kanada olan Bombardier; Türkiye’de en çok kullanılan raylı araç sistemleri üreticilerinden biridir. Yakın zamanda yerli bir firma olan Bozankaya ile ortak bir çalışma yürüteceğini açıklamıştır. Bu sebeple Bombardier markasında yerlilikten söz etmek mümkündür. Menşei İtalya olan AnsaldoBreda ise Türkiye’de genellikle tramvayları ile bilinmektedir. Ankara, Kayseri, Samsun gibi şehirlerde bu markaya ait tramvaylar kullanılmaktadır.

6.2. Karar Hiyerarşisinin Oluşturulması (Construct of decision hierarchy)

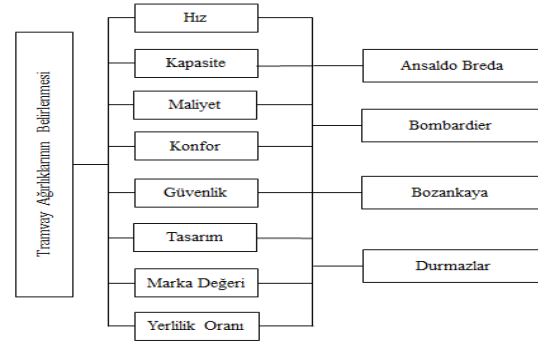
Amacın en iyi tramvay alternatifini seçmek olduğu bu çalışmada 4 adet tramvay alternatifine ait hız, kapasite, maliyet gibi 8 adet kriter belirlenmiş ve kriterler dahilinde tramvay seçilmiştir. Probleme ait karar hiyerarşisi Şekil 2.’de gösterilmektedir. Karar hiyerarşisinde amaç, kriterler ve alternatifler yer

almaktadır. Mevcut literatürden farklı olarak, Türkiye’deki kalkınma doğrultusunda yerli kaynakların kullanımı ve yerli üretimin desteklenmesi ile kamuya alımı yapılan araçlarda yerlilik oranı aranmaktadır. Çalışmaya eklediğimiz “Yerlilik Oranı” kriteri bu bağlamda önem arz etmekte ve literatürde bu çalışma ile girmektedir.

6.3. Değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi

(Determination of evaluation criteria)

Literatür araştırması ve uzman görüşleri ışığında, bu çalışma için 8 adet kriter belirlenmiştir. Bu kriterlerin her biri ve kriterlerin tramvay seçimini ne yönde etkilediği Tablo 5’de verilmiştir.



Şekil 2. Problem Karar Hiyerarşisi (Decision Hierarchy Of Problem)

Tablo 5. Belirlenen Kriterler (Determination Of Criteria)

Nu.	Kriter	Açıklama
1	Maliyet(A)	Bakım onarım, altyapı, araç maliyetleri tramvay araç seçimini etkilemektedir.
2	Kapasite(B)	Tramvaylara ait koltuk sayısını içerir.
3	Hız(C)	Tramvay araçlarının çıkabildiği en fazla hızı ifade eder.
4	Konfor(D)	Yolculukların daha rahat gerçekleşmesi için gereklidir.
5	Güvenlik(E)	Çevrenin ve yolcunun araca duyduğu güven ile ilgilidir.
6	Tasarım(F)	Aracın genişliği, boyu, yüksekliği ve tavan tipini ilgilendirir.
7	Marka Değeri(G)	Araca ait markanın uyandırdığı etki ve tecrübelerle ilgilidir.
8	Yerlilik Oranı(H)	İthalattaki ekstra maliyetlerin önüne geçer.

Tablo 6. Tramvay alternatiflerine ait bilgiler (Alternatives trams and their informations)

Alternatifler	Hız(km/s)	Kapasite (koltuk+ayakta)	Maliyet (milyon TL/km)	Menşei	Yerlilik Oranı
Yabancı Firma-I	60 km/s	71+183	12,7 milyon	İtalya	%40
Yabancı Firma-II	60 km/s	72+108	20 milyon	Kanada	%40
Yerli Firma-I	70 km/s	66+229	17,8 milyon	Türkiye	%50
Yerli Firma-II	70 km/s	50+224	15,5 milyon	Türkiye	%60

6.3.1. AHP ile kriter ağırlıklarının bulunması

(Finding criteria weights with AHP)

Karar hiyerarşisi doğrultusunda önce kriterler daha sonra her kriter bazında alternatif tramvaylar ikili karşılaştırmaya tabii tutulur. Tablo 8.'de kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi gösterilmektedir. Karşılaştırması yapılan bu kriterlere ait tutarlılık oranı 0,068 çıkmıştır ve bu da tutarlı bir karşılaştırma yapıldığını göstermektedir. Kriterlerin ikili karşılaştırmaları neticesinde, hız, 0,084; kapasite, 0,058; maliyet, 0,101; konfor, 0,069; güvenlik, 0,157; tasarım, 0,045; marka değeri, 0,105 ve son olarak yerlilik oranı kriteri 0,380 önem ağırlığı seviyelerine sahiptirler. Türkiye'nin kalkınma hamlesi ile başlattığı yerli üretim ve arge faaliyetleri bu çalışma için de kamu alımlarında yerlilik oranının ön plana çıkmasına neden olmuştur. Yerlilik oranından sonra güvenlik, marka değeri ve maliyet kriterleri en önemli kriterler olarak ön plana çıkmaktadır.

İkinci aşamada, belirlenen dört alternatif, yukarıda kıyaslaması verilen kriterlerin her birine göre ayrı ayrı değerlendirilmiş ve alternatiflerin önem değerleri hesaplanmıştır. Her bir alternatifin kriterlere göre kıyaslamasının tutarlılık oranı ve alternatiflerin ağırlıkları Tablo 9.'de verilmiştir.

Bu aşamada değerlendirilmesi AHP yöntemine yapılan alternatiflerin ağırlıklarına bakıldığında ilk sırada Yerli Firma-II (%39), ikinci sırada Yerli Firma-I (%30), üçüncü sırada Yabancı Firma-I (%17) ve son sırada ise Yabancı Firma-II (%14) markalı tramvayların yer aldığı görülmektedir. Tutarlılık oranları da dikkate alındığında tutarlı bir sonuç çıktığı görülmektedir.

6.3.2. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi İle Önem Sevelerinin Bulunması

(Finding of the Importance level with Fuzzy Analytic Hierarchy Process)

Probleme ait bu aşamada karar verme yöntemi bulanık AHP olarak seçilmiş ve belirtilmiş olan 8 kriterin karşılaştırması yapılmış, her alternatif bu kriterler açısından değerlendirilmiş ve kriterlerin sentez değerleri hesaplanmıştır. Tablo 5'de belirlenen 8 kritere ait bulanık sayılarla yapılan karşılaştırma matrisi Tablo 7.'de verilmiştir.

Belirlenen dört tramvay alternatifi Tablo 9.'da ikili karşılaştırma matrisi verilen kriterlerin her birine göre değerlendirilmiştir. Bulanık sayıların sıralanması için kareli ortalama yöntemi kullanılmıştır. Her bir alternatifin kriterlere göre değerlendirilmesi sonucunda reel değerleri bulunan bulanık sayılar ve alternatiflerin sıralaması Tablo 10.'da verilmiştir. Şekil 3'te verilen grafikte alternatiflerin önem seviyelerine kriterlerin etki oranları gösterilmektedir. Grafığe göre yerli firmalar, yerlilik kriteri bakımından diğerlerine göre ön plana çıkmaktadır. Bunun yanısıra maliyet, kapasite ve konfor kriterleri bakımından da yabancı firmalara göre yerli firmalar ön plandadır. Yerli firmalar kendi aralarında ise konfor ve yerlilik oranı kriterleri ile alternatifi olan ile Yerli Firma-II alternatiflerinin önüne geçerek ilk sırada yer almıştır.

Bulanık AHP'nin kullanıldığı bu aşamada önem derecesi en yüksek olan Yerli Firma-II (%36), ikinci Yerli Firma-I (%29), üçüncü Yabancı Firma-I (%25) ve son olarak da Yabancı Firma-II (%11) çıkmıştır. Bu sonuçlar AHP sonuçları ile karşılaştırıldığında tutarlı bir sonuç çıktığı görülmektedir. Sonuçların karşılaştırılması Tablo 11.'de, belirlenen kriterler arasında yerlilik oranı yer almadığında AHP ve BAHF yöntemlerine ait sonuçlar ve karşılaştırmaları Tablo 12.'de gösterilmiştir.

Tablo 7. Üçgensel bulanık sayılarla oluşturulmuş ikili karşılaştırma matrisi (Pairwise comparison matrix by using triangular fuzzy numbers)

Kriterler	A	B	C	D	E	F	G	H
A	1	5	1/5	3	1/5	5	3	1/3
B	...	1	1/3	3	1/5	3	1/3	1/5
C	1	7	1/7	7	7	1/3
D	1	1/3	3	1/3	1/5
E	1	5	5	1/5
F	1	1/3	1/7
G	1	1/2
H	1

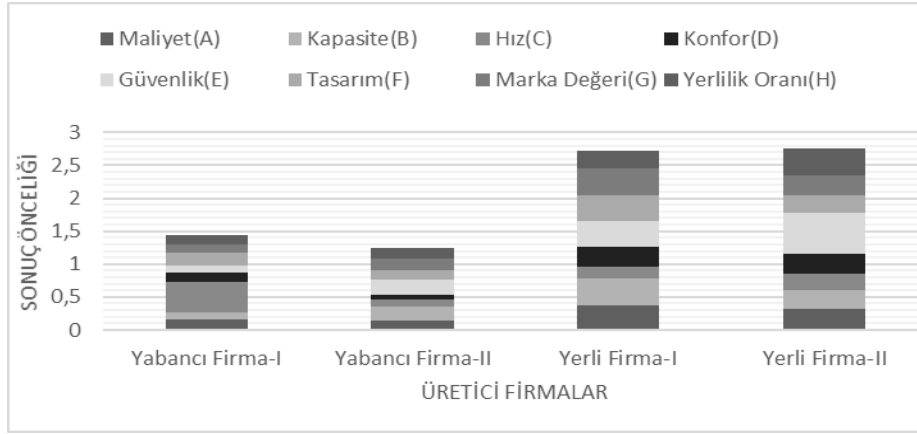
Tablo 8. AHP yöntemine ait ikili karşılaştırma matrisi (Pairwise comparison matrix of AHP method)

Kriterler	A	B	C	D	E	F	G	H
Hız (A)	1,00	2,00	0,50	0,50	0,5	2,00	2,00	0,20
Kapasite (B)	0,50	1,00	0,50	2,00	0,20	2,00	0,33	0,14

Maliyet (C)	2,00	2,00	1,00	2,00	0,50	2,00	0,50	0,33
Konfor (D)	2,00	0,50	0,50	1,00	0,50	2,00	0,50	0,14
Güvenlik (E)	2,00	5,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00	0,33
Tasarım (F)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	1,00	0,50	0,14
Marka Değeri (G)	0,50	3,00	2,00	2,00	0,50	2,00	1,00	0,20
Yerlilik Oranı (H)	5,00	7,00	3,00	7,00	3,00	7,00	5,00	1,00

Tablo 9. AHP yönteminde alternatiflerin her bir kritere göre ağırlık değerleri (*Importance weights of alternatives in the AHP method*)

Alternatifler	A	B	C	D	E	F	G	H	Öncelik değerleri
Yabancı Firma-I	0,18	0,10	0,47	0,11	0,15	0,20	0,12	0,14	0,17
Yabancı Firma-II	0,12	0,21	0,11	0,08	0,07	0,14	0,18	0,16	0,14
Yerli Firma-I	0,32	0,41	0,17	0,26	0,35	0,39	0,41	0,27	0,30
Yerli Firma-II	0,38	0,29	0,25	0,55	0,43	0,27	0,30	0,42	0,39
Tutarlılık O.	0,07	0,05	0,02	0,06	0,08	0,05	0,06	0,02	----

Şekil 3. Kriterlerin etki oranları (*Impact ratios of criteria*)Tablo 10. BAHP yönteminde alternatiflerin her bir kritere göre ağırlık değerleri (*Importance weights of alternatives in the FAHP method*)

Alternatifler	A	B	C	D	E	F	G	H	Önem seviyeleri
Yabancı Firma-I	0,25	0,06	0,47	0,29	0,30	0,19	0,25	0,05	0,25
Yabancı Firma-II	0,12	0,20	0,08	0,07	0,10	0,08	0,06	0,14	0,11
Yerli Firma-I	0,26	0,45	0,17	0,14	0,30	0,44	0,23	0,39	0,29
Yerli Firma-II	0,37	0,29	0,28	0,50	0,30	0,29	0,46	0,42	0,36

Tablo 11. AHP ve BAHP yöntem sonuçlarının karşılaştırılması (*Comparison of AHP and FAHP method results*)

Alternatifler	AHP Ağırlığı	BAHP Ağırlığı
Yerli Firma-II	%39	%36
Yerli Firma-I	%30	%29
Yabancı Firma-I	%17	%25
Yabancı Firma-II	%14	%11

Tablo 12. Yerlilik oranı kriterine göre sonuçlar (Results and domestic production)

Alternatifler	Yerlilik Oranı Dikkate Alındığında				Yerlilik Oranı Dikkate Alınmadığında			
	AHP		BAHP		AHP		BAHP	
	Oran	Sıralama	Oran	Sıralama	Oran	Sıralama	Oran	Sıralama
Yabancı Firma-I	0,17	3	0,25	3	0,19	3	0,31	2
Yabancı Firma-II	0,14	4	0,11	4	0,12	4	0,10	4
Yerli Firma-I	0,30	2	0,29	2	0,33	2	0,26	3
Yerli Firma-II	0,39	1	0,36	1	0,36	1	0,34	1

Tablo 11’de AHP ve BAHP sonuçları karşılaştırılması verilmiştir. Sonuçlar arasında sıralama akımından ir farklılık görülmemekle birlikte önem ağırlıklarında küçük değişiklikler görülmektedir.

Yerlilik oranının dikkate alındığı ve alınmadığı durumdaki yapılan çözüm sonuçlarının karşılaştırılması Tablo 12’de verilmiştir. Yine önem ağırlıklarında küçük değişiklikler olmasına rağmen sıralamalarda bir değişiklik olmamış ancak yerlilik oranının dikkate alınmadığı BAHP çözümünde iki ve üçüncü sıralarda değişim olduğu görülmüştür. Yerlilik oranının dikkate alındığı durumda sıralamanın değişmemesi yerli firmaların sadece yerlilik oranı bakımından değil aynı zamanda konfor, maliyet, kapasite gibi diğer değerlendirme ölçütlerine göre de belirli bir seviyeyi yakalamış olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Ayrıca bu sonuçlar ile yerli firmaların, sektörde kendine pazar payı bulabileceği ve uluslararası piyasada tutunabileceği öngörüsünü de yapmak mümkündür. Ülkemizde de büyükşehirlerin raylı sistem ihtiyacını karşılayabilecek olan yerli firmalar, üretimleri ile ithalatın önüne geçerek ekonomiye büyük katkı sağlayabilecektir ve yerli firmaların desteklenmesi ve reklamı ile dünya pazarında Türkiye’nin adının da duyurulması ile yerli üretime büyük önem veren ülkemizin adına hedefleri doğrultusunda atılan önemli bir adım olacaktır.

7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME (RESULT AND EVALUATION)

Günümüzde ihtiyaçların, sınırlı kaynaklardan en fazla faydayı sağlayacak şekilde seçilmek istenmesi karar vermeyi zor ve karmaşık bir hale getirmiştir. Ülke bütçesinin kullanılması ise buna bir örnektir. Ele alınan tramvay seçimi probleminde ikisi yerli, ikisi ithal olan dört adet tramvay alternatifi ele alınmış ve belirlenen sekiz adet kritere göre kıyaslanmaları çok ölçütlü karar vermede sıkça kullanılan AHP ve BAHP

yöntemlerine göre yapılmıştır. Her iki yöntemden elde edilen sonuçlara göre Yerli Firma-II en iyi tramvay alternatifi olarak karşımıza çıkmaktadır. Tramvay aracı tedarikinde belirli bir yerlilik oranının sağlanmasının istenmesi, literatüre yeni bir kriterin dahil olmasına sebebiyet vermiştir. Bu çalışmada ilk kez kullanılan yerlilik oranı kriteri ile literatür zenginleştirilmiştir. Kamu alımlarında yerlilik oranının aranması ise yakın gelecekte tamamen milli imkanlar ile üretimin sağlanmasına doğru önemli adımların atılmasına imkan sağlanmış olacaktır.

Farklı çok ölçütlü karar verme yöntemleri olan VIKOR, TOPSIS, MOORA gibi sıralama yöntemleri kullanılabilir. Bu çalışma ile ele alınan seçim problem ayrıca tedarikçi seçimi olarak da değerlendirilerek firmaların kalite, hizmet süreci, bakım hizmeti gibi kriterler kullanılarak ele alınabilir. Aynı zamanda farklı bulanık sayılar kullanılarak mevcut çözümlerle sonuçlar karşılaştırılabilir. Farklı bulanık sayıların kullanılması ile ortaya çıkan sıralamaların anlamlılık düzeyleri tartışılabilir. Araç seçiminde olduğu gibi ulaşım planlamanın hemen hemen her karar sürecinde analitik yöntemlere başvurulması planlayıcılar için kolaylık sağlayacak ve kentsel ulaşımın iyileştirilmesinde hızlı ve daha tutarlı sonuçların alınması mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] “Kent nedir”, <https://www.nedir.com/kent>, [Erişim Tarihi: Mayıs 09, 2018]
- [2] İ. Pektaş, “Raylı Ulaşım Sistemleri Sektör Analizi”, ARUS, 2017. [Online]. <https://www.anadoluraylisistemler.org/content/uploads/document-files/rayli-sistemler-sektor-an-20180106163913.pdf>. [Erişim tarihi: Mart 03, 2018].
- [3] G. Baştürk, “Kent İçi Raylı Toplu Taşıma Sistemleri İncelemesi ve Dünya Örnekleri ile Karşılaştırılması,” Ulaştırma ve Haberleşme

Uzmanlığı Tezi, Ulaştırma, Denizcilik Ve Haberleşme Bakanlığı, Ankara, Türkiye, 2014.

[4] “Yerli ürün kullanılması ile ilgili Başbakanlık Genelgesi”, <https://www.mymemur.com.tr/yerli-urun-kullanilmasi-ile-ilgili-basbakanlik-genelgesi-91391h.htm>, [Erişim Tarihi: Mayıs.14, 2018].

[5] İ. Pektaş, “Raylı Sistemlerde Yerli ve Milli Üretimde Tarih Yazılıyor”, <http://www.anadoluraylisistemler.org/content/upload/document-files/rayli-sistemlerde-yerli-v-20180127104135.pdf>. [Erişim tarihi: Haz. 12, 2018].

[6] M. Hamurcu and T. Eren, “Selection of monorail technology by using multicriteria decision making,” *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, vol. 8, pp. 303-3014, 2017.

[7] M. Hamurcu, H. Alağaç and 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.

[8] M. Hamurcu and T. Eren, “Selection of urban rail mass transport type by using fuzzy AHP” *The 5th International Fuzzy Systems Symposium Ankara, Turkey, 14-17 Oct. 2017*.

[9] M. Hamurcu ve T. Eren, “Monoray araç seçimi için bulanık AHP ve TOPSIS uygulaması,” *Transist 10. Uluslararası Ulaşım Teknolojileri Sempozyumu ve Fuarı*, s. 81-88, 2017.

[10] M. Hamurcu ve T. Eren, “Toplu taşıma türünün seçiminde çok kriterli karar verme uygulaması,” *International Conference on Advanced Engineering Technologies (ICADET), Bayburt, Türkiye, Temmuz, 2017*.

[11] M. Hamurcu ve T. Eren, “Analitik ağ süreci ile Ankara’da kentsel ulaşım için monoray teknolojisinin seçimi,” *International Symposium on Railway Systems Engineering (ISERSE’2016), Karabük, Türkiye, 13-15 Ekim, 2016*.

[12] M. Hamurcu ve T. Eren, “Çok ölçütlü karar verme yöntemleri kullanılarak monoray teknolojisi seçimi,” *Transist 9. Uluslararası Ulaşım Teknolojileri Sempozyumu ve Fuarı, İstanbul, Türkiye, 2016*.

[13] Ü. Şengül, M. Eren ve Şengül, Ü., S.E. Shiraz, “Bulanık AHP ile Belediyelerin Toplu Taşıma

Araç Seçimi,” *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, cilt. 40, s. 143-165, 2013.

[14] M. Akad, “Toplu Taşıma Türü Seçiminde Simülasyon Destekli Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı,” *İTÜ Dergisi*, cilt. 6.1, s. 88-98, 2007.

[15] G. Gardner, “Choosing a mass transit system for a developing city,” *Volume 3: Transport Policy. In World Transport Research. Proceedings of the 7th World Conference on Transport Research World Conference on Transport Research Society, 1996*.

[16] M. Hamurcu and T. Eren, “Transportation planning with analytic hierarchy process and goal programming,” *International Advanced Researches and Engineering Journal*, vol. 2, pp. 291-302, 2018.

[17] N.İ. Süt, M. Hamurcu and T. Eren, “Kampüs içi yeşil ulaşım için bir karar verme süreci: ring araçlarının seçimi,” *International Conference on Intelligent Transportation Systems (BANU-ITSC’18), 164-165, Bandırma, Türkiye, 2018*.

[18] T. Saaty and M. Niemira, “A framework for making a better decision,” *Research Review*, vol. 13, 2006.

[19] M. Hamurcu and T. Eren, “A hybrid approach of analytic hierarchy process-TOPSIS and goal programming for electric automobile selection,” *The 2018 International Conference of the African Federation of Operational Research Societies (AFROS 2018), Tunis, Tunisia, 2th-4th July, 2018*.

[20] M. Hamurcu ve T. Eren, “Kent içi ulaşım için bulanık AHP tabanlı VIKOR yöntemi ile proje seçimi,” *Engineering Sciences (NWSAENS)*, cilt. 13, s. 201-216, 2018.

[21] M. Hamurcu and T. Eren, “Determination of electric bus technology to improve the public transportation using AHP-TOPSIS methods,” *29th European Conference on Operational Research (EURO2018), Valencia, Spain, July 8-11, 2018*.

[22] 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, s. 437-443, 2017.

- [23] M. Hamurcu ve T. Eren, "Raylı sistem projeleri kararında AHP-HP ve AAS-HP kombinasyonu," *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, cilt. 3, s. 1-13, 2017.
- [24] M. Taş, Ş. Özlemiş, M. Hamurcu ve T. Eren "Ankara'da AHP ve PROMETHEE yaklaşımıyla monoray hat tipinin belirlenmesi," *Ekonomi, İşletme, Siyaset ve Uluslararası İlişkiler Dergisi*, cilt. 3, s. 65-89, 2017.
- [25] M. Taş, Ş. Özlemiş, M. Hamurcu ve T. Eren, "Analitik hiyerarşi prosesi ve hedef programlama karma modeli kullanılarak monoray projelerinin seçimi," *Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, cilt. 2, s. 24-34, 2017.
- [26] O. Geyik, M. Tosun, M. Hamurcu ve T. Eren, "Kitap basımevi seçiminde AHP ve TOPSIS yöntemlerinin kullanımı," *Uluslararası Sosyal ve Eğitim Bilimleri Dergisi*, cilt. 3, s. 106-126, 2016.
- [27] R. Shrestha and S. Yedla, "Application of analytic hierarchy process to prioritize urban transport options - comparative analysis of group aggregation methods," *Microeconomics Working Papers 22400*, East Asian Bureau of Economic Research. 2007.
- [28] A. Göksu ve İ. Güngör, "Bulanık analitik hiyerarşik proses ve üniversite tercih sıralamasında uygulanması," *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, cilt. 13, 2008.
- [29] D.Y. Chang, "Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP," *European Journal of Operational Research*, vol. 95, pp. 649-655, 1996.
- [30] Ö. Bali ve C. Gencer, "AHP, bulanık AHP ve bulanık mantık'la Kara Harp Okuluna öğretim elemanı seçimi," *Savunma Bilimleri Dergisi*, s. 24-43, 2005.
- [31] M. Hamurcu ve T. Eren, "Monoray araç seçimi için bulanık AHP ve TOPSIS uygulaması," *Transist 10. Uluslararası Ulaşım Teknolojileri Sempozyumu ve Fuarı*, s. 81-88, 2017.
- [32] M. Hamurcu ve T. Eren, "Sürdürülebilir kent içi ulaşım için bulanık AHP tabanlı VIKOR yöntemi ile proje seçimi," *International Conference on Advanced Engineering Technologies (ICADET 2017)*, Bayburt, Türkiye, 2017.
- [33] U. G. Çiçekli ve A. Karaçizmeli, "Bulanık analitik hiyerarşi süreci ile başarılı öğrenci seçimi," *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, cilt. 4, s. 71-94, 2013.
- [34] G. Akman ve A. Alkan, "Tedarik zinciri yönetiminde bulanık AHP yöntemi kullanılarak tedarikçilerin performansının ölçülmesi: otomotiv yan sanayinde bir uygulama," *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, cilt. 5, s. 23-46, 2006.
- [35] M. Dağdeviren, "Bulanık. analitik hiyerarşi süreci ile personel seçimi ve bir uygulama," *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, cilt. 22, s. 791-799, 2007.
- [36] D. Kaptanoğlu ve A. Özok, "Akademik performans değerlendirme için bir bulanık model," *İTÜ Dergisi*, cilt. 5, s. 193-204, 2006.
- [37] E. Özgörmüş, Ö. Mutlu ve H. Güner, "Bulanık AHP ile personel seçimi," *V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, 2005.
- [38] M. Avcılar ve E. Yakut, "Tüketicilerin indirim mağazası tercihlerinin analitik hiyerarşi süreci ve bulanık analitik hiyerarşi süreci yöntemleriyle tespiti: Osmaniye ilinde bir uygulama," *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, cilt. 25, s. 17- 40, 2016.
- [39] A. Güneri ve H. Şahin, "AHP ve fuzzy AHP ile Türkiye'de uygun tersane yeri seçimi," *Gemi ve Deniz Teknolojisi*, cilt. 172, s. 7-21, 2007.
- [40] B. Özyörük and E.C. Özcan, "Analitik hiyerarşi sürecinin tedarikçi seçiminde uygulanması: Otomotiv sektöründen bir örnek," *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, cilt. 13, 2008.
- [41] Yılmaz, S., Uçak Seçim Kriterlerinin Değerlendirilmesinde AHP ve bulanık AHP uygulaması," Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2006.
- [42] M. Hamurcu and T. Eren, "Prioritization of high-speed rail projects," *International Advanced Researches and Engineering Journal*, vol. 2, pp. 98-103, 2018.

Sema DİNÇ

1995 yılında Kırıkkale'de doğdu. İlk, Orta ve Lise öğrenimini Kırıkkale'de tamamladı. Kırıkkale

Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde 2018 yılında mezun olmuştur.

Mustafa HAMURCU

1990 Samsun doğumludur. Mustafa HAMURCU, 2013 yılında Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Aynı Üniversite’de Fen Bilimleri Enstitüsü’nde 2016 yılında yüksek lisansını tamamladı. 2015 yılında Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği’nde Araştırma Görevlisi olarak başladığı görevine halen devam etmektedir. Çok kriterli karar verme ve uygulamaları, optimizasyon ve ulaşım alanlarında çalışmaktadır.

Tamer EREN

1974 Balıkesir doğumludur. İlk orta ve lise eğitimini Balıkesir’de tamamlamıştır. Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği bölümünden 1996 yılında mezun olmuştur. Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde 1997 yılında araştırma görevlisi olarak göreve başlamıştır. Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde 1999 yılında araştırma görevlisi olarak görevlendirilmiştir. Aynı Üniversitede 2000 yılında yüksek lisansını, 2004 yılında da doktorasını tamamlayıp, Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümüne dönmüştür. 2004-2009 yılları arasında Araştırma Görevlisi Dr. olarak çalışmıştır. Aynı Üniversite’de 2009 yılından itibaren Yardımcı Doçent, 2013 yılından itibaren de Doçent olarak çalışmaktadır. Yöneylem Araştırması anabilim dalında çalışan Eren’in çalışma alanı çizelgeleme ve çok ölçütlü karar vermedir.