

Kampüste Yeşil Ulaşım Uygulaması: Ring Araçlarının Seçimi için Bir Karar Verme Süreci

Nida İlbegüm SÜT^a, Mustafa HAMURCU^a, Tamer EREN^{*,a}

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

MAKALE BİLGİSİ

Alınma: 02.08.2018
Kabul: 07.03.2019

Anahtar Kelimeler:

Ring aracı
Yeşil ulaşım
AHP
TOPSIS

^{*}Sorumlu Yazar:

e-posta:

tamereren@gmail.com

ÖZET

Çevresel sürdürülebilirlik tüm kurumlarda olduğu gibi üniversiteler için de önemli bir kavramdır. Yapılabilecek küçük faaliyetlerin çevresel sürdürülebilirlik açısından büyük sonuçlar doğuracağı açıktır. Bu çalışmada yeşil ulaşım ele alınmış ve kampüs içi ulaşımında çevre dostu araçların kullanımı önerilerek, çeşitli özellikleri ile ön plana çıkan üç alternatif yakıtlı araç arasından Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve TOPSIS yöntemleri ile seçim yapılmıştır. Sonuçta, Kırıkkale Üniversitesi kampüsü için çevreye duyarlı en uygun ring araçlarının seçimi yapılarak değerlendirilmelerde bulunulmuştur. Değerlendirmede motor özelliği (yakıt tedariki, tırmanma kabiliyeti, motor gücü), donanım (Kapasite, konfor, Şarj/Hizmet süresi), estetik görünüm, enerji verimliliği, hareket kabiliyeti, engelsiz ulaşım, maliyet ve çevre kriterleri kullanılmıştır.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2019.01.02>

An Application of Green Transportation in Campus: A Decision-Making Process for Selection of Ring Vehicles

ARTICLE INFO

Received:02.08.2018
Accepted:07.03.2019

Keywords:

Ring vehicle
Green transport
AHP
TOPSIS

^{*}Corresponding

Authors

e-mail:

tamereren@gmail.com

ABSTRACT

Environmental sustainability is an important concept for universities as well as for all institutions. At the same time, the environmental awareness is increasing day by day and becoming critical. It is obviously going to give big consequences with the practicable small activities in terms of environmental sustainability. In this study, green transportation was handled and it was proposed to used environmentally friendly vehicles in the campus transportation, and the most appropriate tramway vehicle were selected among the three alternative-fuel vehicles with various features by using Analytic Hierarchy Process (AHP) and TOPSIS methods. As a result, evaluations were made for the Kırıkkale University Campus by choosing the most environmentally friendly ring vehicles. It was used engine characteristics (fuel supply, climbing capacity, engine power), vehicle features (capacity, comfort, charge / service time), aesthetic appearance, energy efficiency, mobility, barrier-free transportation, cost and environment criteria in the evaluation.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2019.01.02>

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Küresel ısınmanın ve kaçınılmaz iklim değişikliğinin sosyal ve çevresel sonuçları nedeniyle enerji tasarrufu ve karbon emisyonunun azaltılması

konularında belediyeler çalışmalarına büyük ölçüde önem vermektedir.

Çevrenin korunması ile ekonomik büyüme kavramlarının birlikte düşünülmesi esasına dayanan

yeşil yönetimin çıkış noktası, sürdürülebilir gelişme anlayışıdır. Sürdürülebilirlik, sosyal, ekonomik, ekolojik amaçların birlikte değerlendirilmesi ve her birinin yararına olacak şekilde faaliyetlerin düzenlenmesi olarak tanımlanabilir [1]. Yönetim organlarının ekonomik olarak güçlenmesi, doğal kaynakların daha etkin kullanımı, emisyon hacminin azaltılması, çevre korumanın ve daha temiz bir çevrenin oluşumunun sağlanması yeşil yönetsel yaklaşım ile başarıya ulaşacaktır. Bu kapsamda yeşil ulaşım: otomobil yerine toplu taşımaları tercih etme, alternatif çevre dostu yakıtlı araçların kullanılması, bisikletli ulaşım kapsamında bisiklet yolları ve kullanımının teşvik edilmesi, araçlara gürültü ve ses önleyicilerin takılması, toplu taşıma biletlerinde geri dönüşümlü malzemelerin kullanılması, şehir genelinde yeşil faaliyet programlarının teşvik edilmesi vb. uygulamaları ile ulaştırma faaliyetlerinde çevreye zarar verecek unsurların ortadan kaldırılarak sürdürülebilir enerji ile doğru zamanlama, doğru altyapı ve düşük maliyet ile yapılan faaliyetler olarak tanımlanabilir [2]. Bu tanımdan hareketle tüm kamu kurumlarında olduğu gibi üniversitelerde de yapılabilecek yeşil uygulama faaliyetleri bulunmaktadır. Tüm bu sebepler ile üniversitelerin kurulumundan itibaren işletilmesine kadar ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliği sağlaması ile iyi bir planlama gerekliliği ortaya çıkacaktır. Ülkemizde en az bir üniversitenin olduğu her şehirde öğrenci sayısı giderek artmaktadır. Üniversiteler öğrenci ihtiyaçlarını karşılama noktasında çeşitli faaliyetlerde bulunmaktadır. Bu faaliyetlerden biri kampüs ulaşımının çevre dostu araçlar ile sağlanmasıdır. Bu çalışmada da analitik yöntemler kullanılarak yeşil ulaşım kapsamında çevreci araçların seçimi yapılmıştır.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde literatürde yer alan çalışmalar kısaca özetlenmiştir. Üçüncü bölümde AHP ve TOPSIS yöntemi anlatılmıştır. Uygulamayı oluşturan dördüncü bölümde kampüs içi ulaşım için ring araçlarının seçimi yapılmıştır. Son bölüm olan beşinci bölümde sonuç ve değerlendirmelere yer verilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI (LITERATURE REVIEW)

Günümüzün en önemli kavramlarından biri olan ekolojik tasarım, devamlılık arz eden toplumsal, ekonomik veya ekolojik herhangi bir sistemin fonksiyonlarının kullanılan kaynakları bozmadan ve tüketmeden aralıksız olarak devam etmesini öngören, yüksek verimliliği hedefleyen anahtar bir kavramdır

[3]. Bu bağlamda çevresel tasarımla ilgilenen disiplinlerin tümü, kampüs ekolojik özelliklerinin sürekliliğinin sağlanmasında bazı kriterler çerçevesinde hareket etmelidir. Bu kriterler mikroklimatik verilerin etkin enerji ve maddesel kaynakların geliştirilmesi, topografik verilerin etkin şekilde kullanımı, doğal kaynakların etkin şekilde kullanımı ve bitki örtüsünün değerlendirilmesidir [4].

Kentlerde bulunan üniversitelerin kent- üniversite ilişkisine bakıldığında buldukları çevreye olumlu ve olumsuz etkileri bulunmaktadır. Ekonomik, sosyal ve kültürel olarak olumlu etkilerinin olmasıyla birlikte, kentin altyapısına elektrik, su, ısınma gibi ek yükler bindirdiği ve vergi dışı bir statüye sahip olduğu gerçeği göz ardı edilemez. Bu sebeple kent merkezinde bulunan üniversitelerin planlanmasıyla birlikte, sürdürülebilir hedefleri olması da daha fazla ön plana çıkmaktadır [5]. Sürdürülebilir ve yeşil kampüs alanları oluşturmada birbirleri ile yarışan ve bu noktada üniversite tanıtımlarında çevre bilincine yer veren üniversite yönetimleri çeşitli projeler ile de yeşil kampüs uygulamalarına destek vermektedirler. Bu kapsamda değerlendirilebilecek olan yeşil ulaşım, bu alanda yer alan önemli uygulamaların başında gelmektedir.

Çevresel sürdürülebilirlik açısından da ele alınabilecek olan araç seçim problemini: alternatif araçlar arasından, belirlenen kriterler ile amaçlarınız doğrultusunda en uygun olan aracın seçilmesi süreci olarak tanımlamak mümkündür. Teknolojinin gelişmesi ile ihtiyaçların ve gereksinimlerin farklılaşması ulaşımında yeni uygulamalara neden olmuştur. Özellikle çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması noktasında çevreye duyarlı araçların yaygınlaşması ve kendi içinde çeşitlenmesi seçim sürecini zorunlu kılmaktadır. Alternatifler ve değerlendirme kriterleri doğrultusunda yapılan analitik işlem ve süreçlerin kullanımı karar sürecinde karar vericiler için yardımcı olmakta ve daha iyi sonuçlar ortaya koymaktadır.

Literatür araştırmasında, alternatif yakıtlı araçların seçimi, alternatif yakıtların değerlendirilmesi başta olmak üzere araç seçim çalışmaları, ulaşımında alternatiflerin değerlendirilmesi ve mevcut uygulamaların analiz edilmesi gibi çeşitli yayınlar bulunmaktadır. Büyüközkan vd., kentsel ulaşım alternatifleri olarak farklı toplu taşıma teknolojilerini değerlendirmiş ve çok kriterli karar verme süreçlerini kullanarak çalışmalarında sürdürülebilirlik kriterleri oluşturmuş ve her bir kritere dayanarak araç seçeneklerini değerlendirmişlerdir [6]. Lanjewar vd.,

konvansiyonel ve konvansiyonel olmayan taşıma aracı yakıtlarının performans değerlendirmesi için bir hibrit çok kriterli metodoloji geliştirilmiştir [7]. Topal, konvansiyonel ve alternatif yakıtlı toplu taşıma araçlarının işletme performanslarının karşılaştırılmasına yönelik yaklaşımlara yer vermiş ve bunun için AHP-TOPSIS yöntemlerini kullanmıştır [8]. Tzeng vd., çalışmalarında çok kriterli bir analiz yaparak alternatif yakıt sistemli tüm araçların hava kirliliği yönünden önemli faydalar sunduğunun altını çizerlerken, elektrikli otobüs teknolojisi yeterince olgunlaşana kadar hibrit sistemli otobüsler geçiş döneminde, ulaşımda çevresel kaliteyi arttıracak şekilde boşluğu doldurması beklenildiğini belirtmişlerdir [9]. Yedla ve Shrestha, Delhi için farklı sürdürülebilir ulaşım sistemi alternatiflerini analiz etmişlerdir [10]. Yavuz vd., alternatif yakıtlı araçlar için çok kriterli bir değerlendirme yaptıkları çalışmalarında ABD’de evde sağlık hizmeti sunan bir hizmet sağlayıcı için yapılan seçim sürecinde en uygun aracın elektrikli araçların olduğunu belirtmişlerdir [11]. Patil vd., çalışmalarında alternatif yakıt otobüslerine yapılan yatırım için emisyon standartlarındaki eğilimlere ve teknoloji geliştirmeye daha fazla ışık tutacak ve bu anlayışları sağlam bir yatırım karar verme stratejisine dönüştürecek bir analitik çerçeve sunmaktadır [12]. Vahdani vd., alternatif yakıtlı otobüslerin seçimi için bulanık çok kriterli karar vermeyi kullanmış, etkinlik, fiyat ve kapasite gibi kriterlerin enerji tedariki, enerji etkinliği, hava kirliliği, ses kirliliği, bakım maliyetleri gibi kriterleri kullanarak bir değerlendirme yapmışlardır [13]. Hsiao vd., bulanık AHP ve TOPSIS yöntemleri ile Tapei’de alternatif yakıtlı otobüsleri karşılaştırmışlardır [14]. Aydın ve Kahraman, Ankara için yapmış oldukları uygulamada AHP ve bulanık VIKOR yöntemleri ile kentsel ulaşım için otobüs alternatiflerini değerlendirmişlerdir [15]. Şengül vd., belediyeler için toplu taşıma aracı seçiminde bulanık AHP yöntemini kullanmışlardır [16].

Çancı ve Önden, çalışmalarında sürdürülebilir bir otobüs sistemine etki eden kriterleri belirlemişler ve performans ölçümü yapmışlardır [17]. Monoray seçimi üzerine çalışan Hamurcu ve Eren [18-19], diğer çalışmalarında ise raylı toplu taşıma türünün seçimini [20] ve ulaşım projelerinin seçimini [21] yapmışlardır. Taş vd., monoray hat tipinin belirlenmesi [22] ve proje seçimi [23]; Gür vd., alternatif güzergâh ve farklı kapasitelere sahip olan monoray projelerinin seçimini yapmışlardır [24]. Ayrıca, hafif ticari araç seçimi; ağır ticari araç seçimi; panelvan otomobil seçimi ve 4x4 arama-

kurtarma aracı seçiminde de [25-29] karar verme süreçleri kullanılmıştır.

Tüm bu çalışmalar ulaşım planlama faaliyetlerinin önemli bir karar süreci olduğunu ve bu süreçlerde kullanılacak analitik yöntemlerin karar vermede etkili sonuçlar ortaya koyacağını göstermektedir. Ayrıca çevre sorumluluğunun sağlanması noktasında alternatif yakıtlı araç teknolojisinin gelişmesi ile çevre dostu teknolojilere doğru bir yönelim olduğu da anlaşılmaktadır.

3. AHP ve TOPSIS YÖNTEMLERİ (AHP and TOPSIS METHODS)

Çok kriterli karar verme (ÇÇKV), günümüzde birçok alanda karar vermeye yardımcı araçlardır. Belirli bir analitik süreci ortaya koyan ÇÇKV, karmaşık problemlerin çözümü için çeşitli alanlarda sıklıkla uygulanmaktadır. ÇÇKV, son birkaç yüzyıl boyunca çok kullanılan yöntemler arasında yer almıştır. Aynı zamanda, mevcut yöntemlerin kullanımı, yeni metodların geliştirilmesi ve zor karar problemlerine karşı çeşitli alanlarda farklı uygulamalardaki rolü de artmaktadır. ÇÇKV başlığı altında çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bunlardan bazıları: AHP, ELECTRE, PROMETHEE, hedef programlamadır [30]. Bu yöntemlerden iki tanesi AHP ve TOPSIS yöntemleridir. Bu çalışmada da kriter ağırlıklarını belirlemek için AHP ve en iyi sıralamayı bulmak için TOPSIS yöntemi uygulanmıştır.

AHP’nin ana karakteristiği hem kriter ağırlıklarını hem de çeşitli kriterler bakımından alternatifleri karşılaştırılırken ikili karşılaştırma esasına dayanmasıdır [31]. AHP, matematiksel işlem kolaylığı nedeniyle oldukça yaygın bir kullanıma sahiptir. AHP, öncelik skalasını kullanarak uzman görüşlerine dayanan ikili karşılaştırmalara göre yapılan ölçüm teorisidir [32].

3.1. AHP Yöntemi (AHP Method)

Analitik Hiyerarşi Proses (AHP), Saaty tarafından bir model olarak geliştirilerek karar verme problemlerinin çözümünde kullanılabilir hale getirilmiştir. AHP’de problemin çözümü için genel olarak şu adımlar izlenir [33].

- Karar problemi ortaya konur ve çözümü için hedefler belirlenir.

- Kriterler ve alternatifler belirlenerek hiyerarşinin oluşturulması.
- Kriterlerin birbirleri ile kıyaslanmasını sağlayacak ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur.
- İkili karşılaştırma matrisi yardımı ile ağırlık vektörleri bulunur.
- Son adımda ikili karşılaştırmaların tutarlı olup olmadıklarını öğrenmek için tutarlılık analizi yapılır. Eğer tutarlılık testi sonucunda ikili karşılaştırmalar tutarsız ise ikili karşılaştırmalar gözden geçirilir ve adımlar tekrar edilir.

AHP’de, karar vericinin elde etmek istediği sonuç doğrultusunda kriterlerin ve alt kriterlerin belirlenip, hiyerarşik yapının meydana getirilmesi karar sürecinin ilk aşamasıdır. Hiyerarşik yapı oluşturulduktan hemen sonra her bir kriter alternatiflerin karşılaştırılması ve kriterlerin ikili karşılaştırmaları için karar matrisleri oluşturulur. Matrisler Saaty tarafından önerilen 1-9 önem skalası ile Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. 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)

İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasından sonra ilgili matristeki her bir ögenin diğer öğelere göre önemini gösteren özvektör hesaplanır.

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 sıralaması en büyük değere sahip olan alternatif, en iyi alternatiftir denir.

Kriterlerin yüzde önem dağılımlarını belirlemek için (1) denklemi kullanılır.

$$W = [w_i]_{n \times 1} \quad (1)$$

W sütun vektörü özvektördeki satır ağırlıklarının aritmetik ortalamasından oluşur. Her ikili karşılaştırma matrisi için tutarlılık oranı (CR) hesaplanır ve bu oran için üst limitin 0,10 olması istenir. Tutarlılık oranının hesaplanmasında ihtiyaç

duyulan bir başka değer ise rassallık endeksi (RI)’dir. Saaty tarafından oluşturulan sabit sayılardan meydana gelen ve n değerine göre belirlenen RI değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Rassallık endeksi verileri (*Random index (RI) values*)

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

Bu aşamada hiyerarşik yapıdaki n tane ölçütün her birinin meydana getirdiği $m \times 1$ boyutundaki üstünlük sütun vektörleri bir araya getirilerek $m \times n$ boyutundaki DW karar matrisi oluşturulur. Elde edilen matrisin ölçütler arası W üstünlük vektörü ile çarpımı sonucunda R sonuç vektörüne ulaşılır.

3.2. TOPSIS Yöntemi (*TOPSIS Method*)

TOPSIS yöntemi, sayılarla ifade edilebilen alternatifleri sıraya koymada en etkin ve kolay kullanılabilen yöntemlerden biridir. Yöntemin temelinde, pozitif-ideal çözüme en kısa mesafe ve negatif-ideal çözüme en uzak mesafedeki alternatifi seçmeye dayanmaktadır [34]. Karar verme süreçlerinde en iyi sıralamayı oluşturan TOPSIS yönteminin adımları sırasıyla 7 adımda verilmiştir [35].

▪ Adım 1: Amaçların belirlenmesi ve değerlendirme kriterlerinin tanımlanması.

▪ Adım 2: Kara matrisinin (a_{ij}) oluşturulması: Karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenen karar noktaları, sütunlarında ise karar vermede kullanılacak değerlendirme faktörleri yer alır. A matrisi karar verici tarafından oluşturulan başlangıç matrisidir. Karar matrisi aşağıdaki gibi gösterilir:

$$f(a_{ij}) = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{1n} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

a_{ij} matrisinde satırlar karar noktası sayısını, sütunlar ise değerlendirme faktörü sayısını verir.

▪ Adım 3: Standart Karar Matrisinin (r_{ij}) Oluşturulması: Standart karar matrisi, karar matrisi

(a_{ij}) oluşturulduktan sonra (3) numaralı denklem kullanılarak normalize edilmiş karar matrisi (r_{ij}) elde edilir.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (3)$$

Adım 4: Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulması: Öncelikle amaca göre değerlendirme kriterlerine ilişkin göreceli ağırlık değerleri (W_i) belirlenir. Daha sonra R matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili w_{ij} değeri ile çarpılarak V matrisi oluşturulur. Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi denklem (4)'te gösterilmektedir.

$$V_{ij} = (W_{ij} * r_{ij}) \quad (4)$$

Adım 5: Pozitif İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) Çözümlerin Oluşturulması: TOPSIS yöntemi, her bir değerlendirme faktörünün monoton artan veya azalan bir eğilime sahip olduğunu varsaymaktadır. İdeal çözüm ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisinin en iyi performans değerlerinden oluşurken, negatif ideal çözüm en kötü değerlerinden oluşur. İdeal çözüm setinin oluşturulabilmesi için V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en büyükleri seçilir. Negatif ideal çözüm seti ise V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en küçükleri seçilerek oluşturulur. İdeal çözüm setlerinin bulunması denklem (5) ve (6)'da gösterilmiştir.

$$A^* = \left\{ \left\{ \max_i v_{ij} \mid j \in J, (\max_i v_{ij}) \mid j \in J^* \right\} \right\} \quad (5)$$

$$A^- = \left\{ \left\{ \min_i v_{ij} \mid j \in J, (\max_i v_{ij}) \mid j \in J^- \right\} \right\} \quad (6)$$

Adım 6: Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması: TOPSIS yönteminde her bir karar noktasına ilişkin değerlendirme faktör değerlerinin ideal ve negatif ideal çözüm setinden sapmalarının bulunabilmesi için Eucliden uzaklık yaklaşımından yararlanılmaktadır. Buradan elde edilen karar noktalarına ilişkin sapma değerleri ise ideal ayırım (S^*) ve negatif ideal ayırım (S^-) ölçüsü olarak adlandırılmaktadır. J alternatifin ideal çözümden uzaklığı ideal ayırım (S^*) ölçüsünün hesaplanması için (7) numaralı denklem, negatif ideal çözümden uzaklığı negatif ideal ayırım (S^-)

ölçüsünün hesaplanması için ise (8) numaralı denklem kullanılmaktadır.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (7)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (8)$$

Adım 7: İdeal Çözüme Göreceli Yakınlığın Hesaplanması: Her bir karar noktasının ideal çözüme göreceli yakınlığının (C_i^*) hesaplanmasında ideal ve negatif ideal ayırım ölçülerinden yararlanılır. Burada kullanılan ölçüt, negatif ideal ayırım ölçüsünün toplam ayırım ölçüsü içindeki payıdır. İdeal çözüme göreceli yakınlık değerinin hesaplanması eşitlik (9)'da gösterilmiştir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (9)$$

$C_i^*=1$ ilgili karar noktasının ideal çözüme, $C_i^*=0$ ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir.

Literatürde AHP ve TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanıldığı birçok çalışma mevcuttur. Havaalanlarında hizmet kalitesini değerlendirilmesi [36]; üretim şirketleri için bir performans ölçümü [37]; bakım teknolojisinin seçilmesi [38]; hizmet kalitesinin değerlendirilmesinde [39]; proses tasarımında [40]; malzemelerin işlenebilirliği değerlendirmede [41]; malzeme seçiminde [42]; basketbol takımlarının değerlendirilmesinde [43]; poliklinik değerlendirmede [44]; otobüs hatlarının performansının değerlendirilmesinde [45] gibi çalışmalar literatürde yer almaktadır.

4. RİNG ARAÇLARININ SEÇİMİ (SELECTION of RING VEHICLES)

Bu çalışmada sürdürülebilir bir kampüs içi ulaşım için motor özelliği (yakıt tedariki, tırmanma kabiliyeti, motor gücü), donanım (kapasite, konfor, şarj/hizmet süresi), estetik görünüm, enerji verimliliği, hareket kabiliyeti, engelsiz ulaşım, maliyet ve çevre kriterleri dikkate alınarak alternatif ring araçlarının seçimi yapılmıştır.

2017 yılı sonu itibariyle bünyesinde 12 Fakülte, 1 Yüksekokul, 7 Meslek Yüksekokulu, 3 Enstitü, Rektörlüğe bağlı 18 Araştırma ve Uygulama Merkezi ve laboratuvar ile 5 bölüm bulunmaktadır. Toplam 40.458 öğrencinin eğitim-öğretim gördüğü üniversitede, 1.246 akademik, 852 idari personel olmak üzere 2.098 personel görev yapmaktadır.

Kırıkkale Üniversitesi kampüsü doğusunda Yahşihan belediyesi, batısında Ankara olmak üzere Yahşihan belediyesi ilçe sınırları içinde yer almaktadır. Üniversitenin iki ana giriş kapısı olmakla beraber fakültele ulaşım aynı yollardan gerçekleşmektedir. Yahşihan Belediyesi'nde oluşan Yenişehir yerleşkesi çoğu öğrencinin kalabileceği devlet yurdu ve apartlara sahiptir. Burada bulunan öğrenciler kampüsün B kapısından fakültelerine tek vasıta ile gitmektedirler. Hat üzerinde Tıp Fakültesi, MYO, A kapısı, Hukuk Fakültesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi (İİBF), Rektörlük, Fen Edebiyat Fakültesi, Mühendislik Fakültesi, Veterinerlik Fakültesi ve Eğitim Fakültesi sırasıyla bulunmaktadır. Şekil 1' de gösterilen kampüsün mevcut hattındaki duraklar harflerle belirtilmiştir. A noktası üniversitenin B kapısı durağını, B noktası Tıp Fakültesi durağını, C noktası A kapısı durağını, D noktası Hukuk Fakültesi durağını, E noktası Fen Edebiyat durağını ve F noktası da son durağı simgelemiştir.

Engelli öğrencilerin eğitim gördükleri binalara kolay ulaşımın sağlanması için üniversitenin fiziki erişilebilirlik ve ulaşılabilirlik çalışmaları yapılmış ve yapılmaya da devam edilmektedir. Ayrıca üniversite tarafından gerek Ankara'dan gerekse Kırıkkale'den üniversite yerleşkesine ulaşım hizmetlerinin yetersiz ve kalitesiz olması, tekelleşme ve hantallaşma eğilimlerine engel olunamaması tehdit olarak görülmekte ve bunun önüne geçme noktasında kampüs içi ulaşımın iyileştirilmesi amacıyla yapılabilecek faaliyetlerden biri öğrencilere alternatifler sunmaktır. Bu alternatiflerden biri de ring aracı alımları ile ring ulaşımının iyileştirilmesi çalışmasıdır. Ayrıca kampüs içi ulaşımında şehir merkezi ile kampüs arası taşıma yapan özel toplu taşıma araçlarının kampüse girmesinin de önüne geçilerek kampüs içi ulaşımı düzenleme hedefi de karşılanmış olacaktır.



Şekil 1. Kırıkkale Üniversitesi kampüs güzergâhı (The campus route of Kırıkkale University)

4.1. Alternatiflerin Belirlenmesi (Determination of Alternatives)

Çalışmada, Türkiye'de faaliyet gösteren firmaların ürettikleri otobüs teknolojileri dikkate alınmıştır. Alternatiflerin özellikleri Tablo 3' te verilmiştir. Alternatif araçlar elektrik, doğalgaz ve dizel araçlardır.

Teknoloji-1: Sıfır emisyon teknolojisine önemli yatırımlar gerçekleştirilmektedir. Türkiye'nin tek yerli ve engelsiz aracıdır. Yüksek manevra kabiliyeti ve kompakt yapısı kısa dönüş yarıçapı ve üstün tırmanma performansı sayesinde, dar sokaklar ile eski şehirlerde kolayca seyahat edebilir ve tam yük altında rampalara kolaylıkla tırmanabilir.

Teknoloji-2: Sessiz, temiz, titreşimsiz, dumansız ve güvenli bir ulaşım sunmaktadır. Şehir içi ulaşımı konforlu kılmak için tasarlanmış ve sıfır emisyon değerine sahip çevre dostu bir otobüstür.

Teknoloji-3: Elektrikli olan bu araç, 6-8 saat arasında tam şarj olmaktadır. Araç üstü şarj ünitesi sayesinde ilave bir elektrik şarj altyapısına ihtiyaç duymayan bu teknoloji tipi 3 faz elektriğin olduğu her yerde şarj edilebiliyor. Daha temiz bir çevre, daha sessiz bir trafik, daha düşük işletme maliyetleri ve daha yüksek verimlilik vaat eden araçlardır.

Teknoloji-4: Elektrikli akü ile çalışan, 10m uzunlukta, hızlı yolcu indirme-bindirme olanağı sağlayan, %100 alçak tabanlı, 90 yolcu kapasiteli, çevre dostu, sessiz, verimli ve ekonomik bir otobüstür.

Teknoloji-5: Yeni tasarımı, şık ve modern görünüşüyle şehir içi yolcu taşımacılığına yeni bir

alternatifdir. Yüksek motor gücü ve hafif gövde yapısı ile güç ve ekonomiyi sunmaktadır. Yüksek tork değeri ile rampaları kolayca tırmanır. Engelli yolcu rampası ve bu uzunlukta sınıfının tek tam alçak tabanlı tasarımına sahip yüksek yolcu kapasiteli otobüslerdir.

Gelişen teknoloji ile birlikte ortaya çıkan çevreci otobüsler toplu ulaşımda rahat, konforlu, sessiz ve sıfır emisyonlu olmaları ile tercih sebebidir. Ayrıca esnek bir güzergâh izleyebilmeleri özel amaçlı

kullanımını da sağlamaktadır. Kampüs içi ulaşımda üzerinde önemle durulan konu, engelsiz ulaşım, çevre dostu otobüsler ve özel dolmuş aracı yoğunluğunu azaltmaktır. Özel araç yoğunluğuna ek olarak dolmuş aracı yoğunluğu da eklenince gerek kampüs havası gerekse trafik sıkışıklığı üzerindeki etkisi kaçınılmaz olmaktadır. Önerilen kampüs otobüsleri hizmeti ile bu durum ortadan kaldırılarak daha yaşanabilir ve temiz kampüs ortamı sağlanmış olacaktır.

Tablo	3.	Alternatiflerin	özellikleri	<i>(Characteristic of alternatives)</i>			
Özellikler/Alternatifler	Birimler	Teknoloji-1	Teknoloji-2	Teknoloji-3	Teknoloji-4	Teknoloji-5	
Güç-Tork	<i>kW</i>	125	2006	103	1355	107	
Şarj Süresi	<i>saat</i>	8	---	6	---	---	
Uzunluk	<i>mm</i>	5845	12000	9312	11880	8381	
Genişlik	<i>mm</i>	2055	2540	2350	2535	2330	
Kapasite	<i>kişi</i>	24	86	50	90	64	
Hız	<i>Km/s</i>	70	80	90	85	95	
Ağırlık	<i>kg</i>	10000	18000	14000	18000	1200	
Akü/*Yakıt Tankı Kapasitesi	<i>kWh-lt</i>	160	1232*	170	1176*	152	
Yakıt Tipi	-	Elektrik	Doğal Gaz	Elektrik	Doğal Gaz	Dizel	
Donanım	-	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	
Estetik Görünüm	-	Orta	Orta	İyi	İyi	Çok İyi	
Maliyet	-	Orta	Yüksek	Yüksek	Orta	İyi	
Enerji Verimliliği	-	Orta	İyi	İyi	İyi	Orta	
Hareket Kabiliyeti	-	Çok İyi	Orta	İyi	İyi	Çok İyi	
Engelsiz Erişim	-	Çok İyi	İyi	İyi	Çok İyi	Orta	

Tablo 4. Değerlendirme kriterleri ve açıklamaları *(Criteria/ sub-criteria and their definitions)*

Kriter	Alt Kriterler ve Açıklama
Motor Özelliği (A)	Yakıt tedariki (A1): Aracın kullandığı yakıt türü ve yakıt erişim kolaylığı Tırmanış kabiliyeti (A2): Aracın tırmanma yeteneği, motorlu taşıtın azami yüklü ağırlığı ile tırmanabildiği en yüksek eğimin yataya göre tanjant cinsinden yaptığı açının yüzde (%) olarak ifade edilen değeridir. Bir aracın ağırlık/güç oranı ne kadar küçük olursa, o aracın ivmelenme ve tırmanma kabiliyeti de o oranda büyük olur. Motor Gücü (A3): Tork, bir işi yapabilme kabiliyetidir. Yani bir kütleye sahip aracın tekerlerinin döndürülmesi ve ilerleyebilmesidir.
Donanım (B)	Kapasite (B1): Aracın barındırabildiği yolcu sayısıdır. Konfor (B2): Aracın kullanılabilmesi ve kullanımının kolaylaştırılması için eklenen özelliklere donanım denir. Aracın albenisini artırır ve seçilmesini kolaylaştırır. Mesela konforu için uygun genişlikte olması o aracın seçilmesine bir sebeptir. Şarj Süresi/Hizmet süresi (B3): Dahası kısa şarj süreleri otobüs operatörlerinin kısa aralıklarda gerekli servis ve bakım işlemlerini gerçekleştirmelerine izin vermektedir. Ayrıca bir depo ile alınan mesafe olarak da ifade etmek mümkündür.
Estetik Görünüm (C)	Aracın itibarının artırılması için kalitesine ve uygunluğuna önem verilmelidir. Kullanımı kolaylaştıracak farklı fikirler prestij için oldukça önemlidir. Standartların aksine farklı model araçlar tercih edilme sebepleri arasında yer almaktadır.

Maliyet (D)	En önemli kriterlerden biridir. Fiyatı düşük bir aracın diğerlerine göre artışı yüksektir. Daha sonra kalite kavramıyla düşünceler şekil değiştirebilir.
Enerji Verimliliği (E)	Araçların en büyük özelliği çevre dostu olmalarıdır. Kullandıkları enerjinin etkinliği değerlendirilmede önemli bir kriterdir.
Hareket Kabiliyeti (F)	Engelibeli yollar, dar yollarda ilerleyebilme ve virajlardan rahat dönebilme kriteridir.
Engelsiz Erişim (G)	Katlanabilir erişim rampası olması engelli yolcular için vazgeçilmez bir kolaylık ve seçenektir.
Çevre (H)	Araçların çevreye verdiği ses ve hava kirliliği gibi olumsuz durumların minimize edilmesinin sağlamaya yönelik değerlendirme kriteridir.

4.2. Kriterlerin Belirlenmesi (Determination of criteria)

Kriterleri belirlemede; literatür çalışmalarından ve uzman kişilerden elde edilen bilgilerden faydalanılmıştır. Alternatif 5 otobüs teknolojisi, 8 kriter ve bu 8 kriterin ikisine ait 6 alt kriter ile değerlendirme yapılmıştır. Kriterler ve alt kriterler Tablo 4' de gösterilmiştir. Ayrıca uzman kişilerin değerlendirmeleri doğrultusunda ikili karşılaştırmalar yapılarak kriterlerin önem seviyeleri bulunmuştur.

Kriterlerin ikili karşılaştırma değerleri Tablo 5'te gösterilmiştir. Bu karşılaştırma neticesinde ana kriterlerin önem seviyeleri bulunmuştur. Daha sonra alt kriterler kendi içinde karşılaştırılarak yerel ağırlıkları bulunmuştur.

Kriter ağırlıkları, yapılan ikili karşılaştırmalar neticesinde bulunmuştur ve kriter ağırlıkları Tablo 6'da gösterilmektedir. Kriterler arasından engelsiz erişim, çevre ve enerji verimliliği kriterleri yüksek önem seviyeleri ile ön plana çıktığı görülmektedir.

Bulunan bu kriterlerin önem ağırlıkları, TOPSIS yöntemi için ağırlıklandırma kullanılacaktır.

TOPSIS sıralama yönteminde başlangıç matrisi motor özelliği kriterinin alt kriterleri için bulunan değerler, AHP ile hesaplanan, bu üç alt kriter için ayrı ayrı değerlendirilen alternatiflerin öz vektör değerleridir. B1 kriteri araç kapasiteleri ve diğer kriterler ise mevcut özellikleri dikkate alınarak oluşturulan puanlama (çok iyi, 7; iyi, 5; orta, 3 ve kötü, 1) ile sağlanmıştır. TOPSIS başlangıç matrisi Tablo 7'de gösterilmektedir.

Karar matrisindeki kriterlere ait puan veya özelliklerin kareleri toplamının karekökü alınarak normalize edilir ve standart karar matrisi oluşturulur. Ağırlıklı standart karar matrisini oluşturmak için öncelikle değerlendirme faktörlerine ilişkin ağırlıklar hesaplanmalıdır. Örnek uygulamadaki değerlendirme faktörlerinin ağırlık değerleri, AHP yöntemiyle bulunan veriler kullanılmıştır.

Tablo 5. Kriterler arası karşılaştırma tablosu (Comparison matrix between criteria)

Kriterler	A	B	C	D	E	F	G	H
Motor Özelliği (A)	1,000	3,000	3,000	0,333	1,000	1,000	0,333	0,333
Donanım (B)	0,333	1,000	3,000	0,333	0,333	1,000	0,333	0,333
Estetik Görünüm (C)	0,333	0,333	1,000	0,333	0,333	0,333	0,200	0,333
Maliyet (D)	3,000	3,000	3,000	1,000	1,000	3,000	0,333	0,333
Enerji Verimliliği (E)	1,000	3,000	3,000	1,000	1,000	3,000	0,333	1,000
Hareket Kabiliyeti (F)	1,000	1,000	3,000	0,333	0,333	1,000	0,333	0,333
Engelsiz Erişim (G)	3,000	3,000	5,000	3,000	3,000	3,000	1,000	1,000
Çevre (H)	3,000	3,000	3,000	3,000	1,000	3,000	1,000	1,000

Tablo 6. Yerel ve global ağırlık tablosu (Local and global weights of criteria)

Kriterler	Yerel Ağırlık-1	Alt-Kriterler	Yerel Ağırlık-2	Global Ağırlık
Motor Özelliği	0,095	Yakıt tedariki	0,106	0,010
		Tırmanma	0,261	0,025
		Motor Gücü	0,633	0,060

Estetik Görünüm	0,039	---	---	0,046
Maliyet	0,140	---	---	0,090
		Kapasitesi	0,633	0,040
Donanım	0,064	Konfor	0,106	0,007
		Şarj Süresi	0,261	0,017
Enerji Verimliliği	0,138	---	---	0,192
Hareket Kabiliyeti	0,070	---	---	0,045
Engelsiz Erişim	0,248	---	---	0,266
Çevre	0,206	---	---	0,206

Tablo 7. TOPSIS başlangıç matrisi değerleri (The beginning values of TOPSIS matrix)

Kriterler Alternatifler	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C	D	E	F	G	H
Teknoloji_1	0,321	0,402	0,402	48	3	7	5	1	5	7	7	7
Teknoloji_2	0,09	0,118	0,087	86	5	3	3	3	3	5	5	5
Teknoloji_3	0,321	0,203	0,203	50	7	7	5	1	5	3	7	7
Teknoloji_4	0,09	0,074	0,082	90	7	5	5	3	3	5	7	5
Teknoloji-5	0,18	0,203	0,234	64	7	7	7	5	3	7	3	1

Değerlendirme faktörlerinin ağırlıkları belirlendikten sonra standart karar matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili ağırlık değeri ile çarpılarak ağırlıklı standart matris oluşturulur. Örneğimiz için ağırlıklı standart matris Tablo 8' deki gibidir.

İdeal çözüme göre yakınlığın hesaplanmasında ise; her bir alternatif değeri için negatif ideal çözüm değerini, kendi değeri ve aynı alternatifin pozitif ideal çözüm değerinin toplamına bölünmesiyle bulunmuştur. İdeal çözüme yakınlık tablosu Tablo 9' daki gibidir.

Literatür araştırması sonucunda belirlenen 8 kriter (motor özelliği, estetik görünüm, maliyet, donanım, enerji verimliliği, hareket kabiliyeti, engelsiz erişim ve çevre) kullanılarak Türkiye'de üretilen 5 farklı otobüs teknolojisi önce AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmış ve sonraki aşamada ise alternatif otobüsler, hesaplanan kriter ağırlıkları kullanılarak TOPSIS yöntemi ile sıralanmıştır bu sıralama sonucu Tablo 9' da verilmiştir.

Yapılan bu değerlendirme ile kampüs için en uygun araç olan Teknoloji-1 önerilmiştir. Teknoloji-1'in seçilmesinde, özellikle yüksek öneme sahip olan engelsiz erişim, çevre ve enerji verimliliği kriterlerini büyük ölçüde karşılıyor olması neden olmuştur.

Çalışma ayrıca sadece AHP ve eşit ağırlıklı TOPSIS ile ayrı ayrı çözülmüş ve çözüm sonuçlarının karşılaştırılması Tablo 10'da verilmiştir. Karar süreçlerinde görüldüğü gibi teknoloji-1 her çözümde de 1. sırada çıkmıştır. Tablo 10'da dikkati çeken bir nokta eşit ağırlıklı TOPSIS çözümünde dizel otobüs olan teknoloji-5 2. Sırada yer alırken diğer yöntemlerin çözümünde son sırada yer almaktadır. Bu otobüs maliyet, estetik görünüm ve engelsiz ulaşım sağlaması ile ön plana çıkarken çevre kriteri bakımından arka planda kalmıştır. Her yöntemde 1. sırada seçilen teknoloji-1 ise diğerlerine göre daha yüksek maliyeti olmasına rağmen, elektrikli araç olup sıfır emisyon ile çevre dostu, engelsiz ulaşım katkı sağlayan ve enerji verimliliği bakımından ve hareket kabiliyeti bakımından tercih sebebi olmuştur.

5. SONUÇLAR (RESULTS)

Çok kriterli karar verme yöntemleri araştırmacıların son yıllarda oldukça yoğunlaştığı konulardan biridir. Bu çalışmada çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak yeşil ulaşım için ring araçlarının seçimi yapılmıştır. Çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP kullanılarak ağırlıklar belirlenmiş ve daha sonra TOPSIS yöntemi kullanılarak seçim yapılmıştır. Çalışmada Kırıkkale Üniversitesi kampüs içi ulaşım için öneri sunulmuştur.

Kentsel ulaşımında olduğu gibi kampüs içi ulaşımında ve kampüs içi alanlarda da yeşil ulaşım ve yeşil çevre kapsamında çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması noktasında ever dostu ve engelsiz ulaşım imkân sağlayan araçların kullanımı, daha yaşanabilir bir çevre ve daha yaşanabilir şehirlerin oluşturulmasında büyük bir adım atılmış olacaktır.

Gelecek çalışmalarda AHP yönteminin daha gelişmiş hali olan ve kriterler arasındaki bağılılığı dikkate alan analitik ağ süreci (AAS) yöntemiyle de problem çözülüp sonuçlar karşılaştırılabilir. Aynı

zamanda belirsizlik ortamında karar vermeye yardımcı olan bulanık sayılardan yararlanılarak bulanık AHP ile de uygulamalar yapılabilir. Araç seçiminde daha geniş kapsamlı düşünülerek kentsel ulaşımında yapılabilecek toplu taşıma araçlarının seçim süreçleri ile planlama kararlarında analitik yöntemlere başvurulabilir. Bu çalışmada kullanılan kriterlere ek olarak, ekonomik ömür, satış sonrası servis ve garanti, güvenlik, bakım giderleri gibi kriterler de göz önünde bulundurularak uygulama genişletilebilir.

Tablo 8. Ağırlıklı standart matris (*Weighted standard matrix*)

Alternatifler	Kriterler											
	A1	A2	A3	B	C	D1	D2	D3	E	F	G	H
Ağırlıklar	0,010	0,025	0,060	0,046	0,090	0,040	0,007	0,017	0,192	0,045	0,266	0,206
Teknoloji_1	0,006	0,018	0,044	0,014	0,020	0,083	0,008	0,011	0,109	0,025	0,149	0,726
Teknoloji_2	0,002	0,005	0,010	0,025	0,033	0,059	0,008	0,032	0,066	0,011	0,106	0,519
Teknoloji_3	0,006	0,009	0,022	0,015	0,047	0,083	0,013	0,011	0,109	0,018	0,106	0,726
Teknoloji_4	0,002	0,003	0,009	0,027	0,047	0,071	0,013	0,032	0,066	0,018	0,149	0,519
Teknoloji-5	0,003	0,009	0,026	0,019	0,047	0,083	0,019	0,053	0,066	0,025	0,064	0,104

Tablo 9. İdeal çözüme yakınlık tablosu (*The values of the ideal solution for TOPSIS*)

Alternatifler	A ⁺	A ⁻	Ci (S ⁻ / (S ⁻ + S ⁺))	Yüzde (%)	Sıralama
Teknoloji_1	0,031	0,101	0,764	27,619	1
Teknoloji_2	0,074	0,044	0,375	13,553	4
Teknoloji_3	0,033	0,096	0,747	27,003	2
Teknoloji_4	0,061	0,085	0,584	21,118	3
Teknoloji_5	0,093	0,039	0,296	10,706	5

Tablo 10. Üç yöntem için karşılaştırmalı sonuç tablosu (*Result table for three methods*)

Alternatifler	AHP		TOPSIS		AHP-TOPSIS	
	Ağırlık	Sıralama	Ağırlık	Sıralama	Ağırlık	Sıralama
Teknoloji_1	0,348	1	0,263	1	0,276	1
Teknoloji_2	0,191	4	0,126	5	0,135	4
Teknoloji_3	0,335	2	0,203	3	0,270	2
Teknoloji_4	0,235	3	0,159	4	0,211	3
Teknoloji_5	0,173	5	0,249	2	0,107	5

faktörler,” *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1(10), 313-339, 2008.

Kaynaklar (References)

[1] Akatay A., ve Aslan Ş. “Yeşil yönetim ve işletmeleri ISO 14001 sertifikası almaya yönelik

[2] Gültaş P. ve Yücel M. “Yeşil lojistik: Yeşil ulaşım hizmetleri Malatya Büyükşehir Belediyesi örneği,” *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, 6(2), 70-83, 2015.

- [3] Kartal B. "İstanbul'daki tarihi saray bahçelerinin peyzaj mimarlığı açısından incelenmesi," Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2009.
- [4] Atıl A., Gülgün B. ve Yörük, İ. "Sürdürülebilir kentler ve peyzaj mimarlığı," *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42, 215-226, 2005.
- [5] Oktay D. "Üniversite kent ilişkisi," *Yapı Dergisi*, 302, 42-47, 2007.
- [6] Büyüközkan G., Feyzioğlu O. ve Göçer F. "Selection of sustainable urban transportation alternatives using an integrated intuitionistic fuzzy Choquet integral approach," *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 58, 186-207, 2018.
- [7] Lanjewar P.B., Rao R.V. and Kale A.V. "Assessment of alternative fuels for transportation using a hybrid graph theory and analytic hierarchy process method," *Fuel*, 154, 9-16, 2015.
- [8] Topal O. "Electric bus concept against to diesel and CNG bus for public transport operations," *In Smart Grid and Cities Congress and Fair (ICSG), 2017 5th International Istanbul (pp. 105-109). IEEE*.
- [9] Tzeng G.H., Lin C.W. and Opricovic S. "Multi-criteria analysis of alternative-fuel buses for public transportation," *Energy Policy*, 33(11), 1373-1383, 2005.
- [10] Yedla S. and Shrestha R.M. "Multi-criteria approach for the selection of alternative options for environmentally sustainable transport system in Delhi," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 37(8), 717-729, 2003.
- [11] Yavuz M., Oztaysi B., Onar S.C. and Kahraman C. "Multi-criteria evaluation of alternative-fuel vehicles via a hierarchical hesitant fuzzy linguistic model," *Expert Systems with Applications*, 42(5), 2835-2848, 2015.
- [12] Patil A., Herder P. and Brown K. "Investment decision making for alternative fuel public transport buses: the case of Brisbane transport," *Journal of Public Transportation*, 13(2), 6, 2010.
- [13] Vahdani B., Zandieh M. and Tavakkoli-Moghaddam T. "Two novel FMCDM methods for alternative-fuel buses selection," *Applied Mathematical Modelling*, 35(3), 1396-1412, 2011.
- [14] Hsiao H., Chan Y.C., Chiang C.H. and Tzeng G.H. "Fuzzy AHP and TOPSIS for selecting low pollutant emission bus systems," *In: 28th IAEE International Conference. Taipei, Taiwan*, pp. 1-19, 2005.
- [15] Aydın S. and Kahraman C. "Vehicle selection for public transportation using an integrated multi criteria decision making approach: a case of Ankara," *J Intel Fuzzy Syst*, 26:2467-81, 2014.
- [16] Şengül Ü., Eren M. and Shiraz S.E. "Bulanık AHP ile belediyelerin toplu taşıma araç seçimi," *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (40), 143-165, 2012.
- [17] Çancı M. and Önden İ. "Sürdürülebilir otobüs sistemi oluşturmak için başarı kriterlerinin belirlenmesi," *Transist 6. Ulşaim Sempozyumu ve Fuarı*, 25-26 Aralık, İstanbul, 231-240, 2013.
- [18] Hamurcu M. and Eren T. "Selection of monorail technology by using multicriteria decision making," *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 8(2), 303-314, 2017.
- [19] Hamurcu M. ve Eren T. "Analitik ağ süreci İle Ankara'da kentsel ulaşım için monoray teknolojisinin seçimi," *3rd International Symposium on Railway Systems Engineering (ISERSE'2016)*, 13-15 Ekim 2016, Karabük, Türkiye, 561-568.
- [20] Hamurcu M. ve Eren T. "Kent içi raylı toplu taşıma türünün seçiminde çok kriterli karar verme yaklaşımı," *Transist 10. Uluslararası Ulaşım Teknolojileri Sempozyumu ve Fuarı*, İstanbul, 98-106, 2017.
- [21] Hamurcu M., Alağaç H.M. and Eren T. "Selection of rail system projects with analytic hierarchy process and goal programming," *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 8(2), 291-302, 2017.
- [22] Taş M., Özlemiş Ş.N., Hamurcu M. ve Eren T. "Ankara'da AHP ve PROMETHEE yaklaşımıyla monoray hat tipinin belirlenmesi," *Ekonomi, İşletme, Siyaset ve Uluslararası İlişkiler Dergisi*, 3.1, 65-89, 2017.

- [23] Taş M., Özlemiş Ş.N., Hamurcu M. ve Eren T. "Analitik hiyerarşi prosesi ve hedef programlama karma modeli kullanılarak monoray projelerinin seçimi," *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 2(2), 24-34, 2017.
- [24] Gür Ş., Hamurcu M. ve Eren T. "Ankara'da monoray projelerinin analitik hiyerarşi prosesi ve 0-1 hedef programlama yöntemleri ile seçimi," *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(4), 437-443, 2017.
- [25] Ömürbek N., Karaatlı M., Eren H. ve Şanlı B. "AHP temelli PROMETHEE sıralama yöntemi ile hafif ticari araç seçimi," *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(4), 47-64, 2014.
- [26] Doğan E.M., Miraç E. ve Çelik K. "Lojistik sektöründe ağır ticari araç seçimi problemine yönelik copras-g yöntemi ile karar verme," *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(1), 153-178, 2017.
- [27] Kabak M. ve Uyar Ö.O. "Lojistik sektöründe ağır ticari araç seçimi problemine çok ölçütlü bir yaklaşım," *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28(1), 115-125, 2013.
- [28] Soba M. "Promethee yöntemi kullanarak en uygun panelvan otomobil seçimi ve bir uygulama," *Journal of Yaşar University*, 28(7), 4708-4721, 2012.
- [29] Şahin Y. ve Akyer H. "Ülke kaynaklarının verimli kullanımı: 4x4 arama ve kurtarma aracı seçiminde AHS ve TOPSIS yöntemlerinin uygulaması," *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 72-87, 2011.
- [30] Velasquez M. and Hester P.T. "An analysis of multi-criteria decision-making methods," *International Journal of Operations Research*, 10(2), 56-66, 2013.
- [31] Loken E. "Use of multi-criteria decision analysis methods for energy planning problems," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(7), 1584-1595, 2017.
- [32] Saaty T.L. "Decision making with the analytic hierarchy process," *International Journal of Services Sciences*, 1(1): 83-98, 2008.
- [33] Saaty T.L. "Decision making-the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP)," *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 13(1), 1-35, 2004.
- [34] Orçanlı K. ve Özen Ü. "Çok kriterli karar verme yöntemlerinden Ahp Ve Topsis' in e-kitap okuyucu seçiminde uygulanması," *Uşak üniversitesi sosyal Bilimler Dergisi*, (15), 282-310, 2013.
- [35] Chen C.C., Lee Y.T. and Tsai C.M. "Professional baseball team starting pitcher selection using AHP and TOPSIS methods," *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14(2), 545-563, 2014.
- [36] Tsaur S.H., Chang T.Y. and Yen C.H. "The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM," *Tourism Management*, 23(2), 107-115, 2002.
- [37] Yurdakul M. ve İç Y.T. "AHP ve TOPSIS yaklaşımlarını kullanan imalat şirketleri için bir performans ölçüm modelinin geliştirilmesi," *Uluslararası Üretim Araştırmaları Dergisi*, 43 (21), 4609-4641, 2005.
- [38] Shyjith K., Ilangkumaran M. and Kumanan S. "Multi-criteria decision-making approach to evaluate optimum maintenance strategy in textile industry," *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 14(4), 375-386, 2008.
- [39] Ustasüleyman T. "Bankacılık sektöründe hizmet kalitesinin değerlendirilmesi: Ahs-Topsis yöntemi," *Bankacılar Dergisi*, 69, 33-43, 2009.
- [40] Han F.Y., Jia X.P. and Tan X.S. "Two key support tools for environmentally friendly process optimal synthesis," *Computer Aided Chemical Engineering*, 15, 1274-1279, 2003.
- [41] Rao R.V. "Machinability evaluation of work materials using a combined multiple attribute decision-making method," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 28(3), 221-227, 2006.
- [42] Rao R.V. and Davim J.P. "A decision-making framework model for material selection using a combined multiple attribute decision-making method," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 35(7), 751-760, 2006.

[43] Geyik O. ve Eren T. "Evaluation of sports toto basketball super league and euroleague basketball teams with AHP-TOPSIS methods," *Spor Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 3 (1), 32-53, 2018.

[44] Taş C., Bedir N., Alakaş H.M., Eren T. ve Çetin S. "AHP-TOPSIS yöntemleri entegrasyonu ile poliklinik değerlendirilmesi: Ankara'da bir uygulama," *Sağlık Yönetimi Dergisi*, 2 (1), 1-16, 2018.

[45] Güner S. "Toplu ulaşım sistemlerinde operasyonel etkinlik ve hizmet kalitesi analizi," *Journal of Transportation and Logistics*, 2(2), 33-48, 2017.

ÖZGEÇMİŞ

Nida İlbegüm SÜT

1995 yılında Antalya'da doğdu. İlk, Orta ve Lise öğrenimini Antalya'da tamamladı. Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde öğrenimi devam etmektedir.

Mustafa HAMURCU

Mustafa HAMURCU, 2013 yılında Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Aynı Üniversite'de Fen Bilimleri Enstitüsü'nde 2016 yılında yüksek lisansını tamamlayarak doktora eğitimine başladı. 2015 yılında Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği'nde Araştırma Görevlisi olarak başladığı görevine halen devam etmektedir.

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.