



Türkiye için Raylı Sistem Alternatifleri Seçiminin Çok Ölçütlü Değerlendirme Yöntemi ile Analizi

Kemal SOLAK¹, Ebru Vesile ÖCALIR²

¹ Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye

² Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Ankara, Türkiye

*ebruocalir@gazi.edu.tr

(Alınış/Received: 18.03.2021, Kabul/Accepted: 02.06.2021, Yayınlanma/Published: 31.07.2021)

Öz: Farklı ölçü birimleriyle ifade edilen birçok faktörü değerlendirme imkanı veren çok ölçütlü karar verme yöntemleri, toplu taşıma türlerinin seçimi süreci için kullanılabilir bir alternatif oluşturmaktadır. Bu çalışmada çok ölçütlü değerlendirme yöntemi ile Türkiye için raylı sistem alternatifleri değerlendirilmiştir. Belirlenen dokuz değerlendirme ölçütü ile üç farklı seçenek için oluşturulan üç ayrı senaryoya göre değerlendirme yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, raylı sistem tercihleri oluşturulurken Türkiye’de henüz kullanılmayan MAGLEV tren alternatifinin de tartışılmaya değer olduğunu ortaya koymaktadır. Düşük ilk yatırım maliyeti ile hızı artırılmış geleneksel trenler ön plana çıkarırken, çevre duyarlılığı ve çok yüksek hızı ile MAGLEV treni daha etkin performans sergilemektedir. Her ne kadar çok yüksek ilk yatırım maliyetleri gerekirse de, Türkiye’de raylı sistem tercihleri oluşturulurken, henüz Türkiye’de kullanılmayan MAGLEV tren sistemi alternatifi de öne çıkmaktadır.

Anahtar kelimeler: Çok-ölçütlü değerlendirme, Raylı sistem alternatifleri, Hızı artırılmış geleneksel tren, MAGLEV, Modern yüksek hızlı tren

Multi-Criteria Analysis of Rail System Alternatives for Turkey

Abstract: Multi-criteria analysis methods, which let to consider the important factors that are not expressed in same units, are an alternative for deciding public transport modes. In this study, rail system alternatives for Turkey are evaluated by multi-criteria evaluation method. Evaluation is made for three different scenarios, which are created for three different alternatives, with nine evaluation criteria. The achieved results show that, MAGLEV train, which is not yet used in Turkey, worth discussing as an alternative rail system preference. While traditional trains with increased speed stand out with low initial investment cost, MAGLEV train performs more effectively with its environmental awareness and very high speed. Although costs are also very high although the initial investment required, while creating rail system preferences in Turkey, yet unused Maglev trains in Turkey stands out as an alternative system.

Keywords: Multi-criteria analysis, Rail system alternatives, Increased speed conventional train, MAGLEV, New high speed train

1. Giriş

Yeni ulaştırma sistemleri kurulması ya da mevcut ulaştırma sistemlerinin geliştirilmesi kapsamında verilecek önemli kararlar, birden fazla seçenek arasından bir tanesinin seçilmesi ile yapılmaktadır. Ulaşım türü seçiminin doğru olarak yapılabilmesi için, farklı seçenekler arasında önemli ölçütler göz önünde bulundurularak bir karşılaştırmanın yapılması gerekmektedir.

Birden fazla seçenek arasında ve birden fazla ölçüte göre karşılaştırma yapılarak karar verme, çok sayıda faktörün devreye girdiği ve seçenek sayısının arttığı durumlarda oldukça güçleşmektedir [1]. Karar verirken ölçükleri farklı parametrelerin de değerlendirmeye katılabilmesi amacıyla çok ölçütlü değerlendirme yöntemleri kullanılmaktadır. Saaty tarafından geliştirilen bu yöntem, kalitatif verileri de göz önüne almaktadır [2,3]. Tıpkı fayda-maliyet analizi yöntemi gibi yatırımın

Atıf için/Cite as: K.Solak, E.V.Öcalır, “Türkiye için raylı sistem alternatifleri seçiminin çok ölçütlü değerlendirme yöntemi ile analizi,” *Demiryolu Mühendisliği*, no. 14, pp. 189-201, July. 2021. doi: 10.47072/demiryolu.899395

ekonomik yönünü dikkate alırken dışsal etkileri de daha gerçekçi olarak değerlendirebilmektedir [4].

Yeni ulaştırma sistemleri kurulması ya da mevcut ulaştırma sistemlerinin geliştirilmesi kapsamında verilecek önemli kararlar, birden fazla seçenek arasından (modern hızlı tren, MAGLEV treni, vs.) bir tanesinin seçilmesi ile yapılmaktadır. Ulaşım türü seçiminin doğru olarak yapılabilmesi için, farklı seçenekler arasında önemli ölçütler göz önünde bulundurularak bir karşılaştırmanın yapılması gerekmektedir. Karşılaştırmaya dahil edilecek etmenlerin bazılarının nicel özellikler taşımakta ya da nicelleştirilebilecek durumda iken pek çoğunun niteliksel olması, çözmesi zor bir problemidir. Yatırım seçeneklerinin karşılaştırılmasında ortaya çıkan önemli sorunlardan biri de sayısal olarak ifade edilemeyen bazı ölçütlerin analize dâhil edilmesi aşamasında ortaya çıkmaktadır. Bu tip ölçütler ya doğru olmayan biçimlerde sayısallaştırılarak değerlendirilmeye katılmakta ya da yalnızca sözel olarak değerlendirilmeye çalışılmaktadır [5].

Çok ölçütlü değerlendirme yönteminde bu etkiler parasallaştırılarak ifade edilmek yerine, onları ölçmeye en uygun gözükken birimlerle ifade edilmektedir. Genellikle ölçütlerin değerlerinin belirlenmesinde bir veya yüz üzerinden puanlandırma yöntemi esas alınır. Bu yöntem şekli, fayda maliyet analizi ile çok ölçütlü değerlendirme arasındaki temel fark olarak ortaya çıkmaktadır. Çok ölçütlü değerlendirme yönteminde genel olarak çeşitli etkiler ayrı ayrı değerlendirilmekte ve daha sonra her birine belli bir ağırlık verilerek bir sonuç puana ulaşılmaktadır. Çok ölçütlü bir değerlendirme yöntemi kuramsal olarak ulaştırmanın çok amaçlı yapısına uygunluğu, genel kabul görmesi, uygulamadaki yaygınlığı ve yayılma eğilimini sürdürmesi gerekçeleriyle uygun bir yöntem olarak benimsenmiştir.

Çok ölçütlü değerlendirme yöntemlerinin ulaştırma yatırımlarının değerlendirilmesinde literatürde başka örnekler de yer almaktadır: Mojave Milli Parkı'nda (California-ABD)' evdışı rekreasyonel varış noktalarına ulaşmak için seçilen toplu taşıma alternatiflerinin karşılaştırıldığı bir ulaşım planlama çalışmasında, sürdürülebilirlik kavramı çok ölçütlü değerlendirme yöntemleri ile ilişkilendirilmiştir [6]. Flanders'te (Belçika) karayolu yük taşımacılığında farklı senaryoların değerlendirilmesi için sektör paydaşlarının dahil edildiği çok aktörlü bir çok ölçütlü değerlendirme yöntemi aracı kullanılmıştır [7]. İstanbul'da toplu taşıma yolcularının memnuniyetlerinin araştırıldığı bir çalışmada, çok ölçütlü bir değerlendirmede hibrid bir bulanık yaklaşım, Delphi yöntemi ve bulanık analitik hiyerarşi yöntemi birlikte kullanılmıştır [8]. Ulaştırma koridorlarında alınacak kararlar için Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı bir uygulama gerçekleştirilmiş, bir çok ölçütlü değerlendirme yöntemi olan analitik hiyerarşi modeli ile karayolu alternatifleri değerlendirmiştir [9]. Yerel ekonomik etkileri olan ulaştırma altyapısı projelerinin önceliklendirilmesi için Tshwane kentinde (Güney Afrika) çok ölçütlü değerlendirme yöntemleri ile bir analiz gerçekleştirilmiştir [10]. Ulaşım politika enstrümanlarının değerlendirilmesi için oluşturulan çok ölçütlü karar destek sisteminde, arazi kullanım, davranış, altyapı tedariki, altyapının yönetimi, bilgi tedariki ve fiyatlandırma başlıkları altında toplanan politika enstrümanları, 2004 Atina Olimpiyatları örneğinde değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, kriterlerin ağırlıklarının değiştirilmesinin farklı değerlendirmeler oluşturabileceğini göstermektedir [11]. Kentiçi toplu taşıma sistemlerinin çok ölçütlü değerlendirme yöntemlerinden analitik ağ süreci yöntemi ile karşılaştırmasında, İstanbul'da bir ulaştırma koridorunda hızlı otobüs sistemi ve hafif raylı sistem alternatifleri arasında karar vermeye yönelik bir değerlendirme yapılmıştır [12]. Havayolu sisteminin karmaşık, dinamik ve en önemli parçalarından havaalanlarının performans analizi, bulanık bir çok ölçütlü karar verme yaklaşımı ile gerçekleştirilmiştir [13]. Aslında bir çok ölçütlü değerlendirme yöntemi olan ve belirli ölçütler ve bu ölçütlerin ağırlıklarına bağlı olarak seçeneklerin birbirine göre baskınlık ölçüsüne dayanan Electre metodu ile kentiçi toplu taşıma yatırımlarının değerlendirilmesi için bir karar destek sistemi oluşturulmuştur [14]. Türkiye'de ulaştırma yatırımlarının değerlendirilmesi için bir yöntem önerisinde, her kurumun kendi projelerini seçip bunları yerel projelerde belediyeye, merkezi projelerde ise Ulaştırma Bakanlığı'na önermesi ve değerlendirme işleminin bu makamlar

tarafından yapılması öngörülmektedir. Çok ölçütlü değerlendirme yöntemleri ile oluşturulan bir karar destek sistemi kapsamında oluşturulacak bir Ulaştırma Danışma Kurulu'nun, ilgili kurum ve kuruluşlardan uzman görüşlerini toplaması düşünülmektedir [15].

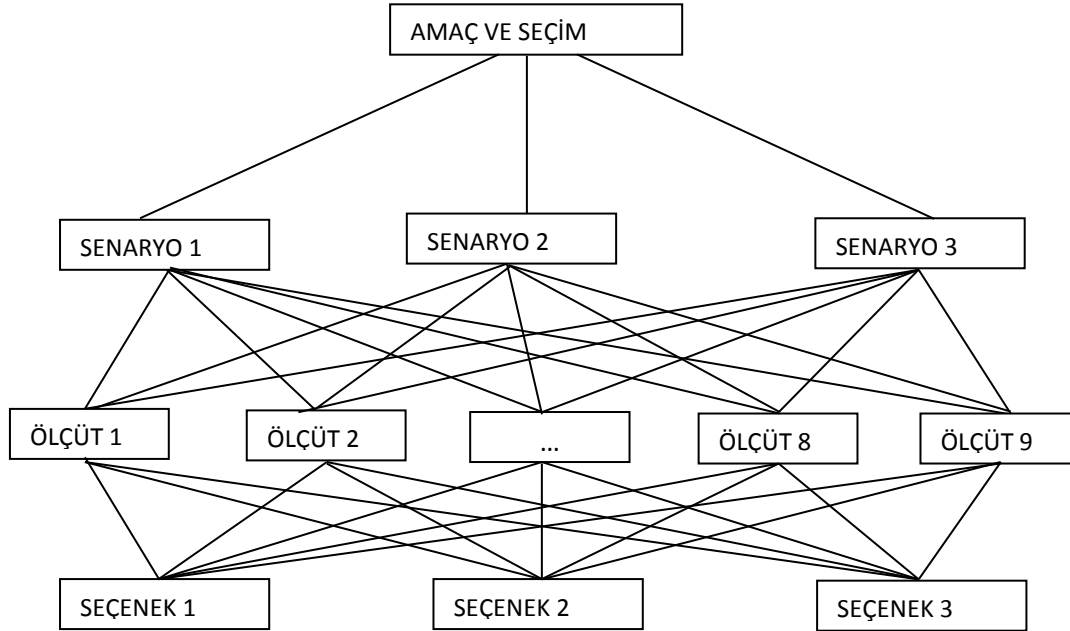
Türkiye'de 2000'li yılların başından itibaren hızlı tren sistemine yapılan yatırımlar sayesinde; 2009 tarihinde Ankara-Eskişehir Yüksek Hızlı Tren hattı ve 2011 yılında da Ankara-Konya Yüksek Hızlı Tren Hattı işletmeye açılmıştır. Yatırımlar aynı hızda devam ettirildiği takdirde Ankara-İstanbul hattının da açılacağı öngörülmektedir [16].

Lojistik sektöründe verilen kararların bir uygulaması ağır ticari araç seçimi problemi için yapılmıştır [17]. Çalışmada, bir firmanın araç filosuna katmayı düşündüğü yeni yük aracı alım sürecinin değerlendirilebilmesi için gereken seçim ölçütlerinin belirlenmesi ve bu ölçütlerin önem ağırlıkları doğrultusunda en iyi aracın seçilmesi modellenmiştir. Çalışmada ortaya konan modelin, taşımacılık sektöründe araç seçimi için önerilmiş olsa da donanım seçimi, tedarikçi seçimi, hizmet alımı gibi diğer karar problemlerinde de uygulanabileceği öngörülmüştür.

Bu çalışmada, Türkiye için raylı sistem alternatiflerinin değerlendirmesi yapılırken güvenlik, kirlilik ve yolculuk konforu gibi parametrelerin de değerlendirmeye katılabilmesi amacıyla çok ölçütlü değerlendirme yöntemleri kullanılmıştır.

2. Metot

Çok ölçütlü değerlendirme çok basitten son derece karmaşık olanlarına kadar değişik yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Öncelikle problem tam olarak belirlenmeli, amaç ve hedefin ne olduğu saptanmalıdır. Çözüm seçeneklerinin belirlenmesinde, çözümlerden veya seçeneklerden oluşan küme oluşturulmalıdır. Daha sonra seçeneklerin belirlenmesini sağlayacak, karar ölçütleri saptanmalıdır. Diğer bir deyişle hedeflere uygun olarak değerlendirme faktörleri belirlenmelidir.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan çok ölçütlü değerlendirme yönteminde problem yapısı

Şekil 1'de Türkiye için raylı sistem alternatifleri seçimi için geliştirilen çok ölçütlü değerlendirme yöntemi süreci gösterilmektedir. Bu çalışmada, literatüre bir katkı olarak sürece farklı senaryolar katılmış ve ölçütler bu senaryolara göre farklı şekillerde ağırlıklandırılmıştır.

Bir kamu hizmeti olarak planlanan toplu taşıma ile ilgili karar veriş süreçlerinde gerek uzmanlar gerek kullanıcılar gerekse işleticiler açısından önem taşıyan ölçütlerin aynı düzlemde dikkate alınması, olabildiğince geniş kapsamlı bir değerlendirmeyi beraberinde getirecektir. Sayısal olarak ifade edilemeyen önemli etmenleri de sağlıklı biçimde göz önünde bulundurmaya olanaklı kıldığından, çok ölçütlü karar verme süreçlerinin, bir toplu taşıma türü seçimi sürecinde anlamlı sonuç vereceği düşünülmektedir [5]. Bu çalışmada, kullanılan yöntem gerek basitliği gerekse farklı koşullara uyum sağlayabilme yeteneği dolayısıyla anlamlı sonuçlar alınmasını sağlamaktadır.

Karar verme sürecinde ise çözüm kümesindeki seçenekler karar ölçütlerine göre kıyaslanmalıdır. Bu kapsamda oluşturulan “Karar Matrisi”, Tablo 1’de gösterilmiştir. Karar matrisinde; satırlarında seçenekler, sütunlarında ise değerlendirme ölçütleri yer alarak oluşturulur. Karar matrisindeki a_{ij} , i alternatifinin j ölçütüne göre gerçek değerini göstermektedir. Karar matrisi, seçenek niteliklerinin bir arada gösterildiği bir yapıdır. Bu yapı oluşturulurken, ölçülemeyen niteliklere puanlar verilmekte ve bir araya getirilen veriler ortak bir değere indirilmektedir. Bu değerler sağladığı avantajlar doğrultusunda; ters ve doğru orantılı olarak 100 (yüz) veya 1 (bir) üzerinden puanlandırılmaktadır. Böylece farklı ölçütler ortak bir paydada incelenebilmektedir.

Tablo 1. Karar matrisi

	Ölçüt 1	Ölçüt 2	Ölçüt 3	...	Ölçüt n
Seçenek 1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	...	a_{1n}
Seçenek 2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	...	a_{2n}
Seçenek 3	a_{31}	a_{32}	a_{33}	...	a_{3n}
⋮	⋮	⋮	⋮	a_{ij}	⋮
Seçenek m	a_{m1}	a_{m2}	a_{m3}	...	a_{mn}

Ölçütler, seçeneklere uygulanırken hangi oranlarda yansıtılacağı ağırlık katsayıları ile belirlenmektedir. Belirlenen ağırlıklar hem gerçekçi hem de tutarlı olmalıdır. Ağırlıkların gerçekçi olması, içinde bulunan şartların uygunluğu anlamındadır ve tamamen karar vericinin bilgisine bağlıdır. Ağırlık katsayıları belirlenirken uzman görüşüne başvurmak daha gerçekçi sonuçlar alınmasına yardımcı olur. Bu çalışmada da ağırlık katsayıları belirlenirken uzman görüşüne başvurulmuştur. Ölçütlerin seçeneklere göre önem derecelerinin belirlenmesini göreceli ağırlık katsayıları (w_j) kullanılmaktadır. Karar matrisine son şeklini verecek olan işlem olarak; her sütun, ağırlıklar katsayısının ilgili elemanı ile çarpılarak ölçütlere verilen önemde bu matrise yansıtılmış olur

Tablo 2. Ağırlık katsayılarının karar matrisine uygulanması

	Ölçüt 1	Ölçüt 2	Ölçüt 3	...	Ölçüt n
Seçenek 1	$a_{11} \times w_1$	$a_{12} \times w_2$	$a_{13} \times w_3$...	$a_{1n} \times w_n$
Seçenek 2	$a_{21} \times w_1$	$a_{22} \times w_2$	$a_{23} \times w_3$...	$a_{2n} \times w_n$
Seçenek 3	$a_{31} \times w_1$	$a_{32} \times w_2$	$a_{33} \times w_3$...	$a_{3n} \times w_n$
⋮	⋮	⋮	⋮	a_{ij}	⋮
Seçenek m	$a_{m1} \times w_1$	$a_{m2} \times w_2$	$a_{m3} \times w_3$...	$a_{mn} \times w_n$

Her sütun, ağırlıklı katsayılarının ilgili elemanı ile çarpılarak (Tablo 2) ölçütlere verilen önem belirlenmiş olur. Seçenekleri kendi aralarında kıyaslamak için ilgili seçeneğin bulunduğu

satırdaki $((a_{m1} \times w_1) + (a_{m2} \times w_2) + (a_{m3} \times w_3) + \dots + (a_{mn} \times w_n))$ değerleri kendi aralarında toplanarak bulunur.

2.1. Değerlendirmeye alınan raylı sistem alternatifleri

Türkiye’de güzergâh planlamalarında raylı sistem alternatifleri değerlendirilirken, hızı arttırılmış geleneksel tren ve modern yüksek hızlı tren alternatiflerinin yanı sıra, dünyada yeni yeni kullanılmaya başlanan MAGLEV tren sistemi de göz önüne alınmıştır.

Hızı arttırılmış geleneksel tren: Geleneksel yolcu trenlerinin lokomotif, vagon ve raylarında yapılan iyileştirmeler sonucu mevcut hızının 160–250 km/saate kadar çıkartılması ile günümüz “hızı arttırılmış geleneksel trenleri” ortaya çıkmıştır. Yine 200 km/saat’e kadar taşımacılık yapmaya uygun konvansiyonel hatlarda, dağ veya boğazlardan geçişlere, dar ray aralığının kullanımına veya başka özel nedenlere bağlı olarak hız sınırlamaları olsa da, bu hatlar “Yüksek Hız Hattı” olarak kabul görmektedir. Çelik tekerlek - çelik ray teknolojisine dayalı olarak geliştirilmiş olan ve “yalpalı trenler” adıyla anılan yüksek hız trenleri ise, mevcut konvansiyonel hatlarda da işleyebilmektedir [18].

Modern yüksek hızlı tren: Genel olarak “Modern Yüksek Hızlı Tren” terimi saatte 200 kilometrenin üzerinde hız yapan yolcu trenleri için kullanılmaktadır [18]. Çelik tekerlek – çelik raylı hızlı trenler 350 km/saatin üstündeki hızlarda bu sistemlerin teknik sınırlarına erişilmektedir. Bu sınırdan karşılaşılan uygulama zorlukları ve gereksinimler; özel altyapı gereksinimi, büyük mekanik gerilmeler, 200 km/saatin üstündeki hızlarda tekerlek ve rayların her ikisinde de ciddi aşınmalar, güzergâh çerçevesinin korunmasındaki zorluklar, aşırı gürültü, çelik tekerlekli taşıtlara özgü titreşim, aynı hat üzerinde yüksek hızlı trenlerin sıklıkla işletilme zorluğudur [18].

MAGLEV trenleri: “MAGLEV” sözcüğü İngilizce “magnetic levitation” sözcüklerinin kısaltılmasıyla elde edilmiş olup, “manyetik olarak havada tutma, yükseltme, kaldırma” anlamına gelmektedir [16,17]. MAGLEV trenleri ise özel rayları üzerinde oluşturulan elektromanyetik alan yardımı ile havada hareket eden trenlerdir. MAGLEV tren teknolojisi, büyük ölçüde geliştirilme aşamasında olduğu için henüz yaygın olarak kullanılmaya başlanmamıştır ancak Almanya ve Japonya gibi gelişmiş ülkelerin MAGLEV tren teknolojileri üzerinde çalışmalarını aktif olarak devam ettirmektedir [19].

2.2. Çok ölçütlü değerlendirme

Kriter olarak Türkiye’nin değişen sosyal ve ekonomik boyutu ve siyasi gücünün ulaştırma politikası da göz önünde bulundurularak; ilk yatırım maliyeti, işletme maliyeti, güvenlik, bir yönde saatlik yolcu kapasitesi, km başına bilet ücret (dolar), yolculuk süresi tasarruf oranı, titreşim seviyesi, gürültü seviyesi, hava kirliliği değerleri incelenmiştir. Türkiye’de MAGLEV tren işletmeciliği henüz başlamamıştır. Bu nedenle, Türkiye için raylı sistem alternatiflerinin karşılaştırması yapılırken, MAGLEV için üzerinde ayrıntılı araştırma yapılan Kuzey - Güney Kaliforniya güzergâhı (ABD) için bu güzergâhta ölçülen değerler temel alınmıştır [20]. Kuzey - Güney Kaliforniya güzergâhı; San Diego, Los Angeles, San Francisco şehirlerini birbirine bağlayarak, 848 kilometreden oluşmaktadır.

Değerlendirme kriterleri: Çalışmada dokuz adet değerlendirme ölçütü oluşturulmuş ve Tablo 3’de sunulmuştur. Ölçütlerin seçeneklere göre değerlendirmesi Tablo 4’te sunulmaktadır. Tablo 4’te Hızı arttırılmış geleneksel tren, modern hızlı tren, MAGLEV tren sistemlerinin çevre ve yolcu güvenliği değerlerinin belirlenebilmesi için üniversite öğrencileri, demiryolu işletmecisinin karar verici personeli ve aktif yolculuk yapan vatandaşların anket uygulaması ile görüşleri alınmış, Modern Hızlı Tren ve Maglev Tren Sisteminin karayolları ulaşımından tamamen izole edildiği hesaba katılarak “Güvenlik Yüzdesi” sütunundaki puanlar verilmiştir.

Tablo 3. Çalışmada kullanılan değerlendirme ölçütleri

Değerlendirme ölçütü	Birimi
İlk Yatırım Maliyeti	km Başına Milyon Dolar
İşletme Maliyeti	km Başına Dolar
Güvenlik Yüzdesi	%
Bir Yönde Saatlik Yolcu Kapasitesi	kişi sayısı
Bilet Ücreti	km Başına Dolar
Yolculuk Süresi Tasarruf Oranı	%
Titreşim Seviyesi	desibel
Gürültü Seviyesi	desibel
Hava Kirliliği	yolcu-mil başına karbon dioksit

Tablo 4. Ulaşım türü seçiminde belirlenen seçenek ve ölçütler [20-24]

	SEÇENEKLER						ÖLÇÜTLER		
	İlk Yatırım Maliyeti (Km Başına Milyon Dolar)	İşletme Maliyeti (Km Başına Dolar)	Güvenlik Yüzdesi (%)	Bir Yönde Saatlik Yolcu Kapasitesi (kişi)	Bilet Ücreti (Km Başına Dolar)	Yolculuk Süresi Tasarruf Oranı (%)	Çevre Duyarlılığı		
							Titreşim Seviyesi (200 km/h) (Desibel)	Gürültü Seviyesi (Desibel)	Hava Kirliliği (Yolcu-mil başına karbondioksit)
Hızı Arttırılmış Geleneksel Tren	11	168	10	2640	0,157	1,0	93	94	0,473
Modern Hızlı Tren	35	394	45	5600	0,162	1,6	82	93	0,174
MAGLEV Tren Sistemi	54	389	45	7728	0,194	2,0	71	85	0,117

Tablo 4’de belirtilen değerler sağladığı avantajlar doğrultusunda; ters ve doğru orantılı olarak 100 üzerinden puanlandırıldığı takdirde Tablo 5 elde edilir.

Tablo 5. Ağırlık katsayılarının karar matrisine uygulanması

SEÇENEKLER	ÖLÇÜTLER								
	İlk Yatırım Maliyeti	İşletme Maliyeti	Güvenlik Yüzdesi	Bir Yönde Saatlik Yolcu Kapasitesi	Bilet Ücreti	Yolculuk Süresi Tasarrufu	Çevre Duyarlılığı		
							Titreşim Seviyesi	Gürültü Seviyesi	Hava Kirliliği
Hızı Arttırılmış Geleneksel Tren	65,88	53,82	10,00	16,53	35,99	21,74	29,04	32,08	12,88
Modern Hızlı Tren	20,70	22,94	45,00	35,07	34,88	34,78	32,93	32,43	35,03
MAGLEV Tren Sistemi	13,42	23,23	45,00	48,40	29,13	43,48	38,03	35,48	52,09
TOPLAM PUAN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Kriterlerin ağırlıklandırılması: Ölçütler seçeneklere uygulanırken hangi oranlarda yansıtılacağı ağırlık katsayıları ile belirlenmiştir. Karar matrisine son şeklini verecek olan işlem olarak; her sütun, ağırlıklar katsayısının ilgili elemanı ile çarpılarak ölçütlere verilen önemde bu matrise

yansıtılmış olur. Kriterlerin ağırlıklarının değerlendirilmesinde; üniversite öğrencileri, demiryolu işletmecisinin karar verici personeli ve aktif yolculuk yapan vatandaşların görüşleri alınmıştır. İşletme maliyeti değeri; yol bakımı, cihaz donanım bakımı, ulaştırma, yolcu trafiği ve hizmetleri, genel ve idari giderlerden oluşmakta olup, enerji kullanımını içermemektedir. Güvenlik yüzdesi hesaplanır iken uzman görüşlerinin sonuçları göz önüne alınmıştır.

Ölçütlerin seçeneklere göre önem derecelerinin belirlenmesini göreceli ağırlık katsayıları (w_j) kullanılmıştır. Ağırlıkların ortalama değerleri belirlenirken deneklere anket uygulamasından faydalanılmıştır. Bu kapsamda; raylı sistem alternatiflerinin seçilmesinde önemli rol oynayacak ölçütlerin ağırlık katsayılarının belirlenebilmesi için; ilk yatırım maliyeti, işletme maliyeti, güvenlik, bir yönde saatlik yolcu kapasitesi, km başına bilet ücret (dolar), yolculuk zaman tasarrufları, titreşim, gürültü, egzoz emisyonu seviyelerinin önem derecelerine göre bir ile beş arasında puan verilmiştir.

Mülakatlar sonucu doldurulan formlardan elde edilen bilgiler çalışma kapsamında değerlendirilmiştir ve sonuçlar Tablo 6'da sunulmuştur. Bu değerlendirmeye göre; güvenlik ve yolcu kapasitesi, en az ağırlık verilen kriterler olurken, ilk yatırım maliyeti, demiryolu işletmecisinin bu konudaki hassasiyeti de değerlendirilerek en önemli kriter olarak görülmektedir. Anket sonuçlarına göre, üniversite öğrencileri açısından en önemli kriterin bilet ücreti olduğu da ortaya çıkmaktadır.

Tablo 6. Ankete katılanların verdikleri puanlar (100'lük ölçek)

KRİTERLER	Üniversite Öğrencileri	Demiryolu işletmecisi kuruluş karar vericileri	Çevreye Duyarlı Vatandaş
W _{İlk Yatırım Maliyeti}	8,00	35,00	8,00
W _{İşletme Maliyeti}	8,00	15,00	8,00
W _{Güvenlik Yüzdesi}	8,00	7,00	8,00
W _{Bir Yönde Saatlik Yolcu Kapasitesi}	8,00	7,00	8,00
W _{Bilet Ücreti}	24,00	8,00	8,00
W _{Yolculuk Süresi Tasarruf Oranı}	20,00	7,00	8,00
W _{Titreşim Seviyesi}	8,00	7,00	17,00
W _{Gürültü Seviyesi}	8,00	7,00	17,00
W _{Hava Kirliliği}	8,00	7,00	18,00
TOPLAM	100,00	100,00	100,00

Tutarlılık hesabı: Çok ölçütlü değerlendirme yönteminde bir diğer işlem adımı da tutarlılık hesabının yapılmasıdır. Çünkü yatırım ve işletme maliyetleri, güvenlik, hava kirliliği, titreşim ve gürültü seviyeleri gibi farklı özelliklerdeki ölçütler değerlendirilirken, yanlış derecelendirme yapma gibi hataların oluşması mümkündür. Bu kapsamda hem ulaşım türü seçiminde belirlenen değerlerin puanlamaları üzerinde hem de bu puanlamalara ağırlık katsayıları uygulandıktan sonra tutarlılık hesabı yapılmalıdır. İkili karşılaştırma matrisinin tutarlılığını ölçmek için Saaty tarafından önerilen bir tutarlılık oranı kullanılmaktadır [2,3]. Bu oran için önerilen üst limit $0,10^3$ 'dur. Yargılar için hesaplanan tutarlılık oranı $0,10^3$ 'un altında ise yargıların yeterli bir tutarlılık sergilediği ve değerlendirmenin devam edebileceği kabul edilmektedir. Eğer yargıların tutarlılık oranı $0,10^3$ 'un üstünde ise yargılar tutarsız kabul edilmektedir. Bu durumda yargıların kalitesinin iyileştirilmesi gerekir. Tutarlılık oranı yargıların yeniden gözden geçirilmesiyle düşürülebilir. Ancak bu işlemde başarısız olunursa, problemin daha doğru bir biçimde tekrar kurulması ve sürecin en baştan ele alınması gerekmektedir.

Hem Tablo 1 hem de Tablo 2’de belirtilen matrisler için en büyük özdeğer (λ_{max}) Eş.1 kullanılarak hesaplanır. Tutarlılık göstergesi (TG) Eş.2’de belirtildiği üzere, matrisin en büyük özdeğerinden matris boyutu çıkarılıp, matris boyutunun bir eksiğine bölünerek bulunur [2,3].

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} \times w_j}{w_i} \right] \quad (1)$$

$$TG = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} \quad (2)$$

Tutarlılık oranı (TO) Eş.3 kullanılarak hesaplanır. Bu oranın 0,1 veya daha düşük olması halinde, matris tutarlı kabul edilir. Aksi halde karşılaştırmalar incelenerek yeniden değerlendirilmeli ve tutarlılık düzeyi artırılmaya çalışılmalıdır [2,3].

$$TO = \frac{TG}{RG} \leq 0,1 \quad (3)$$

Burada; a_{ij} ikili karşılaştırmalar matrisinin (i, j) değeri, n matrisin boyutu, w_j göreceli ağırlık katsayısının j elemanı, λ_{max} matrisin en büyük özdeğeridir.

Toplu taşıma yatırımlarında ulaşım türü tercihinde etkin olacak ölçütlerin belirlenmesi için, daha önceki çalışmalarda ele alınan ölçüt kümeleri gözden geçirilmiştir. Değişik çalışmalarda kullanıldığı gözlenen ölçütler arasından, bu çalışma kapsamında uygun olacağı düşünülenler belirlenmiştir. Bunlar; ilk yatırım maliyeti, işletme maliyeti, güvenlik, bir yönde saatlik yolcu kapasitesi, km başına bilet ücreti, yolculuk süresi tasarruf oranları, titreşim seviyesi, gürültü seviyesi, hava kirliliğine etkisidir.

3. Bulgular

Bu çalışma, MAGLEV trenin Türkiye’de kullanılması halinde diğer alternatiflerle karşılaştırılması konusunu değerlendirdiğinden, seçenekler belirlenirken Türkiye’ye özel bazı değerlendirmeler yapılmıştır. Anketlerden belirlenen ağırlık katsayıları üç farklı senaryoya uygulanmıştır. Bu senaryolar;

1. Düşük ilk yatırım ve işletme maliyetine sahip ulaştırma sistemi,
2. Yolcu tercihlerinin ön plana çıkartılarak oluşturulan ulaştırma sistemi,
3. Çevre duyarlılığını ön plana çıkararak sistem, olarak özetlenebilir.

Tablo 7. Ölçütlerin göreceli ağırlık katsayısı değerleri

SENARYOLAR	Wilk Yatırım Maliyeti	Wİşletme Maliyeti	WGuvenlik Yüzdesi	WBir Yönde Saatlik Yolcu Kapasitesi	WBilet Ücreti	WYolculuk Süresi Tasarruf Oranı	Çevre Duyarlılığı		
							WTitreşim Seviyesi	WGürültü Seviyesi	WHava Kirliliği
1 Düşük Yapım Maliyetli Tercih	0,35	0,15	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07
2 Yolcu Tercih	0,08	0,08	0,08	0,08	0,24	0,20	0,08	0,08	0,08
3 Çevreye Duyarlı Tercih	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,17	0,17	0,18

Bu çalışmada, her senaryonun belirli kriterleri ön plana çıkaracağı varsayılmıştır. Bu kapsamda birinci senaryo (düşük ilk yatırım ve işletme maliyetine sahip ulaştırma sistemi); yatırım maliyeti

ve işletme maliyeti kriterlerindeki en yüksek değerleri almıştır. İkinci senaryo (yolcu tercihlerinin ön plana çıkartılarak oluşturulan ulaştırma sistemi), bilet ücreti ve yolculuk süresini ön plana çıkaracağından, bu kriterler için belirlenen en yüksek değerleri kabul etmiştir. Üçüncü senaryo (çevre duyarlılığını ön plana çıkaran sistem) için en önemli kriterler; titreşim seviyesi, gürültü seviyesi ve egzoz emisyonudur. Bu durumda, Tablo 6’da belirtilen puanlar, Tablo 7’de her bir senaryonun özelliği göz önünde bulundurularak göreceli ağırlık katsayıları olarak değerlendirilmiştir.

Her sütun, ağırlı katsayılarının ilgili elemanı ile çarpılarak ölçütlere verilen önem belirlenmiştir. Seçenekleri kendi aralarında kıyaslamak için ilgili seçeneğin bulunduğu satırdaki $((a_{m1} \times w_1) + (a_{m2} \times w_2) + (a_{m3} \times w_3) + \dots + (a_{mn} \times w_n))$ değerleri kendi aralarında toplanarak bulunmuştur. Bu aşama, her bir senaryonun ağırlık katsayıları için tekrarlanacaktır. Her aşamada, Tablo 5’te her bir seçenek için ortaya konmuş değerler, Tablo 7’de belirtilen ilgili senaryoya belirtilmiş göreceli ağırlık katsayısı ile çarpılır.

Birinci senaryo gereği, düşük ilk yatırım ve işletme maliyetine sahip ulaştırma sistemi oluşturmak amacıyla kullanılacak göreceli ağırlık katsayıları, Tablo 7’nin birinci satırında yer almaktadır. Elde edilen sonuçlar, Tablo 8’de sunulmaktadır. Belirtilen satırlardaki puanlar toplandığında hızı arttırılmış geleneksel tren 42,57 puan, yeni yüksek hızlı tren 28,55 puan ve MAGLEV tren sistemi 28,89 puan almıştır. Düşük ilk yatırım ve işletme maliyetine sahip ulaştırma sisteminin hızı arttırılmış geleneksel tren olduğu görülmektedir.

Tablo 8. Düşük ilk yatırım ve işletme maliyetine sahip ulaştırma sistemi (1.Senaryo)

SEÇENEKLER	ÖLÇÜTLER									Toplam
	İlk Yatırım Maliyeti	İşletme Maliyeti	Güvenlik Yüzdesi	Saatlik Yolcu Kapasitesi	Bilet Ücreti	Yolculuk Süresi Tasarrufu	Çevre Duyarlılığı			
							Titreşim Seviyesi	Gürültü Seviyesi	Hava Kirliliği	
Hızı Arttırılmış Geleneksel Tren	23,06	8,07	0,70	1,16	2,88	1,52	2,03	2,25	0,90	42,57
Modern Hızlı Tren	7,25	3,44	3,15	2,45	2,79	2,43	2,31	2,27	2,45	28,55
MAGLEV Tren Sistemi	4,70	3,49	3,15	3,39	2,33	3,04	2,66	2,48	3,65	28,89

İkinci senaryo gereği, cazip yolcu tercihlerinin ön plana çıkartan ulaştırma sistemi elde etmek amacıyla Tablo 7’nin ikinci satırında belirtilen ağırlık katsayıları, Tablo 5’teki değerler ile çarpılarak Tablo 9 oluşturulmuştur. Tablo 9’da satır toplamalarında hızı arttırılmış geleneksel tren 30,60 puan, modern yüksek hızlı tren 33,26 puan ve MAGLEV tren sistemi 36,14 puan almıştır. Cazip yolculuk tercihlerinin ön plana çıkartılarak oluşturulan ulaştırma sisteminin MAGLEV tren sistemi olduğu görülmektedir.

Tablo 9. Yolcu tercihlerinin ön plana çıkartılarak oluşturulan ulaştırma sistemi (2.Senaryo)

SEÇENEKLER	ÖLÇÜTLER									Toplam
	İlk Yatırım Maliyeti	İşletme Maliyeti	Güvenlik Yüzdesi	Saatlik Yolcu Hacmi	Bilet Ücreti	Yolculuk Süresi Tasarrufu	Çevre Duyarlılığı			
							Titreşim Seviyesi	Gürültü Seviyesi	Hava Kirliliği	
Hızı Arttırılmış Geleneksel Tren	5,27	4,31	0,80	1,32	8,64	4,35	2,32	2,57	1,03	30,60
Modern Hızlı Tren	1,66	1,84	3,60	2,81	8,37	6,96	2,63	2,59	2,80	33,26
MAGLEV Tren Sistemi	1,07	1,86	3,60	3,87	6,99	8,70	3,04	2,84	4,17	36,14

Üçüncü senaryo gereği, çevre duyarlılığını ön plana çıkaran sistemi elde etmek amacıyla Tablo 7'nin üçüncü satırında belirtilen ağırlık katsayıları, Tablo 5'teki değerler ile çarpılmak suretiyle Tablo 10 elde edilmektedir.

Tablo 10. Çevre duyarlı ulaştırma sistemi (3. Senaryo)

SEÇENEKLER	ÖLÇÜTLER									Toplam
	İlk Yatırım Maliyeti	İşletme Maliyeti	Güvenlik Yüzdesi	Saatlik Yolcu Hacmi	Bilet Ücreti	Yolculuk Süresi Tasarrufu	Çevre Duyarlılığı			
							Titreşim Seviyesi	Gürültü Seviyesi	Hava Kirliliği	
Hızı Arttırılmış Geleneksel Tren	5,27	4,31	0,8	1,32	2,88	1,74	4,94	5,45	2,32	29,03
Modern Hızlı Tren	1,66	1,84	3,6	2,81	2,79	2,78	5,6	5,51	6,3	32,89
MAGLEV Tren Sistemi	1,07	1,86	3,6	3,87	2,33	3,48	6,47	6,03	9,38	38,09

Satır toplamalarında, hızı arttırılmış geleneksel tren 29,03 puan, yeni yüksek hızlı tren 32,89 puan ve MAGLEV tren sistemi 38,09 puan almıştır. Çevre duyarlılığını ön plana çıkaran sistem MAGLEV tren sistemidir.

İkili karşılaştırmalar matrisinin (Tablo 11) tutarlılığı öncelikle Eş.1 kullanılarak matrisin en büyük özdeğeri (λ_{\max}) hesaplanır. $\lambda_{\max} = 9,006158$ olarak bulunur (Eş. 1).

TG Eş.2'de belirtildiği üzere, matrisin en büyük özdeğerinden matris boyutu çıkarılıp, matris boyutunun bir eksiğine bölünerek bulunur [2,3]. Bu kapsamda; $TG = 76,9754 \times 10^{-5}$ olarak bulunur.

Tablo 11. İkili karşılaştırmalar matrisi

	İlk Yatırım Maliyeti	İşletme Maliyeti	Güvenlik Yüzdesi	Saatlik Yolcu Hacmi	Bilet Ücreti	Yolculuk Süresi Tasarrufu	Çevre Duyarlılığı			
							Titreşim Seviyesi	Gürültü Seviyesi	Hava Kirliliği	
İlk Yatırım Maliyeti	1,00	1,22	6,59	3,99	1,83	3,03	2,27	2,05	5,11	
İşletme Maliyeti	0,82	1,00	5,38	3,26	1,50	2,48	1,85	1,68	4,18	
Güvenlik Yüzdesi	0,15	0,19	1,00	0,60	0,28	0,46	0,34	0,31	0,78	
Saatlik Yolcu Hacmi	0,25	0,31	1,65	1,00	0,46	0,76	0,57	0,52	1,28	
Bilet Ücreti	0,55	0,67	3,60	2,18	1,00	1,66	1,24	1,12	2,79	
Yolculuk Süresi Tasarrufu	0,33	0,40	2,17	1,32	0,60	1,00	0,75	0,68	1,69	
Çevre Duyarlılığı	Titreşim Seviyesi	0,44	0,54	2,90	1,76	0,81	1,34	1,00	0,91	2,25
	Gürültü Seviyesi	0,49	0,60	3,21	1,94	0,89	1,48	1,10	1,00	2,49
	Hava Kirliliği	0,20	0,24	1,29	0,78	0,36	0,59	0,44	0,40	1,00

Rassallık göstergesi, elemanları tamamen rassal olarak seçilmiş çok sayıda matristen hareketle elde edilen ortalama gösterge değeridir. Saaty tarafından belirlenen 1-15 boyutlarındaki matrisler için rassallık göstergeleri (RG) Tablo 12'de gösterilmiştir [2,3].

Tablo 12. Matris boyutlarına göre rassallık göstergesi

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RG	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

TG aynı büyüklükte fakat elemanları tamamen rassal olarak seçilmiş çok sayıda matristen hareketle elde edilmiş ortalama gösterge değeri olan rassallık göstergesine oranlanarak (Eş.3), ilgili karşılaştırma matrisi için TO hesaplanır. Bu oranın 0,1 veya daha düşük olması halinde, matris tutarlı kabul edilir. Aksi halde karşılaştırmalar incelenerek yeniden değerlendirilmeli ve tutarlılık düzeyi artırılmaya çalışılmalıdır [2,3].

Eş.3'den faydalanarak $TO = 53,0865 \times 10^{-5}$ olarak bulunur. Bulunan tutarlılık oranı 0,1'den küçük olduğundan, çok ölçütlü değerlendirme yönteminde kullanılan matris tutarlıdır. Uzman görüşleri sonucu belirlenen ölçütlerin göreceli ağırlık katsayıları (Tablo 7) ulaşım türü seçiminde belirlenen ölçütlerin değerlerine (Tablo 5) uygulandığında elde edilen dokuzlu kare matrisinin tutarlılığı öncelikle Eş.1 kullanılarak $\lambda_{\max} = 9,000304$ olarak bulunur. Eş.2'den faydalanarak $TG = 38 \times 10^{-6}$ olarak bulunur. Tutarlılık oranı ise tutarlılık göstergesinin dokuzlu kare matrisin rassallık göstergesi olan 1,45'e bölünmesi ile elde edilir (Eş. 3). $TO = 26 \times 10^{-6}$ olarak bulunur. Bulunan tutarlılık oranı 0,1'den küçük olduğundan çok ölçütlü değerlendirme yönteminde kullanılan matris tutarlıdır [2,3].

4. Sonuç

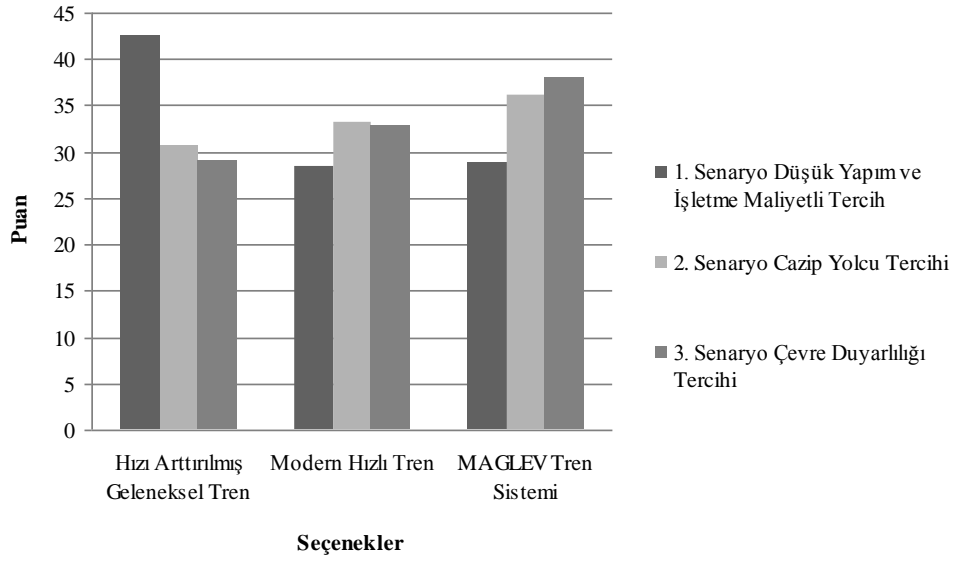
Üç değişik senaryonun sonuçları Tablo 12'de gösterilmiştir. Birinci senaryoda; hızı arttırılmış geleneksel tren 42,57 puan, yeni yüksek hızlı tren 28,55 puan ve MAGLEV tren sistemi 28,89 puan almıştır. Düşük ilk yatırım ve işletme maliyetine sahip ulaşım sisteminin oluşturulmasında hızı arttırılmış geleneksel trenin avantajlı olduğu görülmektedir.

İkinci senaryoda; hızı arttırılmış geleneksel tren 30,60 puan, modern yüksek hızlı tren 33,26 puan ve MAGLEV tren sistemi 36,14 puan almıştır. Cazip yolcu tercihlerinin ön plana çıkartılarak oluşturulan ulaşım sisteminin MAGLEV tren sistemi olduğu görülmektedir.

Tablo 12. Genel değerlendirme (%)

SEÇENEKLER	SENARYOLAR		
	1. Senaryo	2. Senaryo	3. Senaryo
	Düşük Yapım ve İşletme Maliyetli Tercih	Cazip Yolcu Tercihi	Çevre Duyarlılığı Tercihi
Hızı Arttırılmış Geleneksel Tren	42,57	30,60	29,03
Modern Hızlı Tren	28,55	33,26	32,89
MAGLEV Tren Sistemi	28,89	36,14	38,09
TOPLAM	100,00	100,00	100,00

Üçüncü senaryoda; hızı arttırılmış geleneksel tren 29,03 puan, modern yüksek hızlı tren 32,89 puan ve MAGLEV tren sistemi 38,09 puan almıştır. Çevre duyarlılığını ön plana çıkaran sistem olarak MAGLEV tren sistemi olduğu görülmektedir.



Şekil 2. Genel değerlendirme

Sonuç olarak, düşük ilk yatırım maliyeti ile hızı arttırılmış geleneksel trenler ön plana çıkarırken, çevre duyarlılığı ve çok yüksek hızı ile MAGLEV treni daha etkin performans sergilemektedir (Şekil 2). Her ne kadar çok yüksek ilk yatırım maliyetleri gerektirse de, Türkiye’de raylı sistem tercihleri oluşturulurken, henüz Türkiye’de kullanılmayan MAGLEV tren sistemi alternatifinin tartışılmaya değer olduğu görülmektedir.

Kaynakça

- [1] D. Öztürk, F. Kılıç, “Mekânsal Karar Problemleri İçin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Çok Ölçütlü Karar Analizinin Bütünleştirilmesi,” *E-Science and Information Management Proceedings, 3rd International Symposium on Information Management in a Changing World*, Sep.19-21 2012, Hacettepe University, Ankara, 12-19, 2012
- [2] R. W. Saaty, “The analytic hierarchy process—what it is and how it is used,” *Mathematical modelling*, 9(3-5), 161-176,1987.
- [3] T.L. Saaty, *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*, RWS Publications, Pittsburgh, 1994.
- [4] B. Şafak, “Türkiye’de Ulaştırma Yatırımlarının Değerlendirilmesinde Karar Sürecinin Önemi,” *Bildiriler Kitabı, 7.Ulaştırma Kongresi*, 19-21 Eylül 2007, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, İstanbul, 117-126, 2007.
- [5] M. Akad, “Toplu Taşıma Türü Seçiminde Simülasyon Destekli Analitik Hiyerarşi yaklaşımı,” Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 11-14, 2006.
- [6] J.Y.J. Chow, S.V Hernandez, A. Bhagat, M.G. McNally, “Multi-Criteria Sustainability Assessment in Transport Planning for Recreational Travel,” *International Journal of Sustainable Transportation*, 8:151–175, 2014.
- [7] L. Vermote, C. Macharis, K. Putman, “A Road Network for Freight Transport in Flanders: Multi-Actor Multi-Criteria Assessment of Alternative Ring Ways,” *Sustainability*, 5: 4222-4246, 2013.
- [8] O. N. Bilisik, M. Erdogan, I. Kaya, H. Baracli, “A hybrid fuzzy methodology to evaluate customer satisfaction in a public transportation system for Istanbul,” *Total Quality Management & Business Excellence*, 24:9-10, 1141-1159, 2013.
- [9] R. Sadasivuni, C.G.O’Hara, R. Nobrega, J. Dumas, “A Transportation Corridor Case Study For Multi-Criteria Decision Analysis,” *ASPRS 2009 Annual Conference*, March 9-13, 2009, Baltimore, Maryland, USA, 2009.
- [10] I.C. Schutte, A. Brits, “Prioritising Transport Infrastructure Projects: Towards A Multi-Criterion Analysis,” *Southern African Business Review*, Volume 16, Number 3, 97-117, 2012.

- [11] A. Tsamboulas, D. Kopschacheili, "A Multicriteria Decision Support Methodological Framework for the Evaluation of Transport Policy Instruments," *1st Annual Conference of the WCTR Special Interest Group 10 on Urban Transport Policy Instruments*, July 2002, Leeds, UK.,2002.
- [12] Y.I. Topcu, S.C. Onar, "A Multi-Criteria Decision Model for Urban Mass Transit Systems," *Proceedings of the 41st International Conference on Computers & Industrial Engineering*, Los Angeles, Ca, USA, 860-865, 2011.
- [13] M.H. Gökdalay, G. Evren, "Havaalanlarının Performans Analizinde Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme Yaklaşımı," *İTÜ Dergisi/d Mühendislik*, Cilt 8, Sayı 6, 157-168, 2009.
- [14] M. Karacasu, N. Yayla, "Kentiçi Toplu Taşıma Yatırımlarının Değerlendirilmesinde Karar Destek Modeli (Electre Yöntemi) Kullanımı," *İTÜ Dergisi/d Mühendislik*, Cilt 3, Sayı 6, ss:155-164, 2004.
- [15] B. Şafak, G. Evren, "Türkiye’de Ulaştırma Yatırımlarının Değerlendirilmesi İçin Bir Yöntem Önerisi," *İTÜ Dergisi/d Mühendislik*, Cilt 1, Sayı 2, 88-98, 2002.
- [16] TCDD, *Faaliyet Raporu 2012*, TCDD Genel Müdürlüğü, Ankara, 2013.
- [17] M. Kabak, O. O.Uyar, "A Multi Criteria Approach For Heavy Commercial Vehicle Selection Problem In Logistics Sector," *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, Vol 28, No 1, 115-125, 2013.
- [18] A. Göker, "Yüksek Hızlı Tren TÜBİTAK Raporu," *TÜBİTAK BTP*, Ankara, 2-16, 1996.
- [19] İ. Şahin, "Kılavuzlanmış Yüksek Hız Kara Ulaştırma Sistemleri Teknolojileri," Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Ulaştırma Anabilim Dalı, İstanbul, 01-02, 2001.
- [20] R.G. Rhodes, B.E. Mulhall, *Magnetic Levitation for Rail Transport*, Oxford University Press, Oxford, UK, 1981.
- [21] U.S. Department of Transportation Federal Railroad Administration, *Costs and Benefits of Magnetic Levitation*, U.S. Department of Transportation FRA, Washington, D.C., 5-12, 24-25, 2005.
- [22] FRA (Federal Railroad Administration), *High Speed Ground Transportation for America*, US Department of Transportation, FRA Document Library, 150-153, 1997.
- [23] U.S. Department of Transportation Federal Railroad Administration, *Vibration Characteristics of the Transrapid TR08 MAGLEV System*, John A. Volpe National Transportation Systems Center, DOT-VNTSC-FRA-02-06, Washington D.C., 61-62, 117-118; 129-131, 2002.
- [24] J. Kinstlinger, "Maglev High Speed Rail Along the Northeast Corridor," *Proceedings of the 2010 Joint Rail Conference JRC2010*, April 27-29, Urbana, IL, USA, 2010.

Özgeçmiş



Kemal SOLAK

1980 tarihinde doğmuştur. Lisans eğitimini Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesinde, Yüksek Lisans Eğitimini Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde tamamlamıştır. Elektrik Üretim A.Ş. Afşin-Elbistan A Termik Santrali Koordinasyon ve İşletme Müdürlüğünde çalışmaktadır.

E-Posta: kemal.solak.80@gmail.com



Ebru Vesile ÖCALIR

Gazi Üniversitesi Şehir ve Bölge Planlama bölümünden lisans derecesini aldıktan sonra ODTÜ’de Bölge Planlama alanında yüksek lisans derecesi aldı. YÖK bursuyla gittiği Viyana Teknik Üniversitesi’nde (Avusturya) Doktora derecesini aldı. Uzmanlaştığı konular; ulaşım ve ulaşım sistemleri planlaması (ekolojik, ekonomik ve teknik yönler, bunların zaman içindeki ilişkileri ve geri bildirimleri), CBS ve karar destek sistemleridir. İyi derecede İngilizce ve Almanca konuşmaktadır. Halen Gazi Üniversitesi Şehir ve Bölge Bölümünde profesör olarak görev yapmaktadır.

E-Posta: ebruocalir@gazi.edu.tr

Beyanlar:

Bu makalede bilimsel araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur. Tüm yazarların eşit oranda katkısı olmuştur.