

Makale Bilgisi/Article Info

Geliş/Received: 16.09.2020 Kabul/Accepted: 26.12.2020

Araştırma Makalesi/Research Article, s./pp. 269-287

TOPLU ULAŞIM SİSTEMLERİNDE ARAÇ TİPİ SEÇİMİ: KIRIKKALE KAMPÜS HATTI ÖRNEĞİ

Hacı Mehmet ALAKAŞⁱ, Emre YAZICIⁱⁱ, Seda CEBECİⁱⁱⁱ, Eylül Ecem YILMAZ^{iv}, Tamer EREN^v

Öz

Ülkemizde kent içi ulaşımın büyük bir bölümü toplu ulaşım sistemleri ile gerçekleştirilmektedir. Ülkemizde toplu ulaşım, büyükşehirlerde tramvay, metro, minibüs ve otobüsler ile yapılmaktadır. Fakat küçük şehirlerde alternatifler azalıyor ve yalnızca otobüs ve minibüs gibi araçlar kullanılıyor. Bu çalışmada Kırıkkale üniversitesi kampüs-Kırıkkale merkez arası ulaşım yapan kişilerin yolculuklarının kolaylaştırılmasına ve daha fazla konfor sağlanmasına yönelik olarak hangi toplu taşıma aracının daha uygun olduğu belirlenmeye çalışılmıştır. Belirlenen güzergâhta yalnızca kara yolu taşımacılığı yapılmaktadır. Bu sebeple alternatifler, minibüs, midibüs, otobüs, vb. tipli araçlar olmak zorundadır. Bu kapsamda araçlara ilişkin kriterler belirlenmiştir. Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi ile kriter ağırlıkları elde edilmiştir. Bulunan ağırlıklar kullanılarak TOPSIS yöntemi ile alternatifler sıralanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre en uygun alternatif aracın seçimi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Araç seçimi, AHP, TOPSIS.

The Vehicle Type Selection in Public Transportation Systems: A Case Study In Kırıkkale Campus Line

Abstract

In our country, most of the urban transportation is carried out by public transportation systems. Public transportation in our country is made by vehicles such as tram, metro, minibus and bus in big cities. However, in small cities, these alternatives are diminishing and only such as buses or minibuses are used. In this study, it has been tried to determine which public transportation vehicles are more suitable to facilitate the travels of people using the transportation between Kırıkkale University campus and Kırıkkale center. Only road transport is carried out on the specified route. For this reason, the alternative vehicles, minibuses, midibuses, buses, etc. type of vehicles. In this context criteria for vehicles have been determined. Thereby using the weights found, alternatives determined were rank by the TOPSIS method. According to the obtained results, a suitable alternative was presented.

Keywords: Vehicle selection, AHP, TOPSIS

ⁱ Dr. Öğr. Üyesi, Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, hmalagas@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9874-7588

ⁱⁱ Doktora Öğrencisi, Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, emreyazici92@hotmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3661-2119

ⁱⁱⁱ Endüstri Mühendisi, Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, sedacbc1998@hotmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2864-6375

^{iv} Endüstri Mühendisi, Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, ecemeylulylmz@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2009-0758

^v Prof. Dr., Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, tamereren@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5282-3138

Giriş

Ulaşım, çeşitli nitelikteki fiziksel varlıkların, haberlerin ve insanların bir yerden başka bir yere hareketi olarak tanımlanmaktadır. İnsanlar toplumsal gelişmişlik düzeylerine göre ulaşım sürecinde çeşitli araçlar kullanılmıştır. Günümüzün toplumsal yapısı içerisinde insanların şehirlerarası ve şehir için ulaşımında kullanmış olduğu ulaşım araçları özel ve toplu ulaşım araçları olmak üzere iki ana başlığa ayrılabilir.

Günümüzde nüfusun artması, yeni yerleşim yerlerinin kurulması, şehirleşmenin artması vb. nedenlerden dolayı toplu ulaşım sistemleri yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Toplu ulaşım, özellikle büyük şehirlerde belediyeler ve özel taşımacılık işletmeleri tarafından sunulan önemli bir hizmettir. Karayolu, demiryolu ve coğrafi yapısı uygun şehirlerde denizyolu taşımacılığı ile toplu taşıma hizmetleri gerçekleştirilmektedir. Son zamanlarda kentsel yapılaşmanın mesafeleri artırması, küçük veya büyük bütün şehirlerde hatta köylerde ve mahallelerde toplu taşımaya olan ihtiyacı artırmıştır. Toplu taşıma içerisinde ise karayolu taşımacılığı kurulum maliyetinin diğer alternatiflere göre daha düşük olması ve işletmesinin kolay ve esnek olması nedeniyle en çok tercih edilen toplu taşıma tipidir.

Büyük ve karmaşık sistemler olan toplu taşıma sistemlerinde hizmetin ekonomik yapılabilmesi için toplu taşıma sisteminin seçimi, kurulumu, işletilmesi, yenilenmesi, geliştirilmesi gibi aşamalarında birçok karar problemi ortaya çıkmaktadır. Bu problemlerden bazıları hatların oluşturulması, araç seçimi, durak yerlerin belirlenmesi, zaman çizelgesinin oluşturulması gibi sıralanabilir. Bu problemlerden araç seçimi problemi hem toplu taşıma sistemlerinin kapasitesini hem de konfor ve müşteri memnuniyetini etkileyen önemli karar problemlerinden biridir. En ekonomik ve konforlu olarak toplu taşıma hizmetinin verilmesi için hangi tip aracın tercih edilmesi gerektiği belirlenmektedir. Bu seçimde hem nitel hem de nicel kriterler etkili olabilmektedir.

Bu çalışmada da Kırıkkale ilinde toplu taşımada kullanılabilecek araç tipinin belirlenmesi problemi ele alınmıştır. Kırıkkale'de en çok yolcu yoğunluğuna sahip olan ve kentin önemli iki noktası arasında hizmet veren kampüs hattı ele alınmıştır. Bu hatta çalışan araçların eski olması ve yolcuların memnuniyetsizlikleri dikkate alınarak yeni bir araç tipinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Hattın kampüs ve şehir merkezi arasında çalışmasının yanında, şehrin yolcu yoğunluğunun fazla olduğu yüksek ihtisas hastanesi, otogar ve tıp fakültesi gibi yerlere de ulaşımı sağlaması seçimde etkin olmuştur.

Problem yapısında nitel ve nicel etmenler yer almaktadır. Ayrıca seçim sürecini olumlu ve olumsuz etkileyen faktörler de yer almaktadır. Bu çalışmada en uygun araç tipinin belirlenmesi için farklı yapıdaki kriterleri değerlendirme imkanı sağlayan AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) ve TOPSIS (Technique For Order Preference By Similarity To Ideal Solution) yöntemleri kullanılmıştır. AHP ve TOPSIS yöntemleri çeşitli problemlere yönelik olarak entegre edilerek kullanılabilen yöntemlerdendir. Alakaş vd. (2019) AHP-TOPSIS yöntemlerini entegre ederek ambulans tedarikçisi seçimini gerçekleştirmiştir. Her iki yöntem de belirlenen

kriterlerin probleme etkisinin ve alternatiflerin değerlendirilip en uygununun seçimini sağlaması yöntemlerin seçilmesinde etkin olmuştur.

Ele alınan problem için öncelikle ana kriterler ve alt kriterler belirlenmiştir. Belirlenen bu kriterlerin AHP yöntemi ile ağırlıkları hesaplanmıştır. Bununla birlikte alternatif araçlar belirlenmiş TOPSIS yöntemi için karar matrisi oluşturulmuştur. Karar matrisi ve AHP yöntemi ile hesaplanan kriter ağırlıkları kullanılarak TOPSIS yöntemi ile alternatifler sıralanarak en uygun alternatif belirlenmiştir.

Çalışmanın ilk kısmında çalışma hakkında bilgiler verilmiştir. İkinci kısımda, literatürde yer alan araç seçim problemini ve toplu taşıma araç seçim problemini inceleyen çalışmalar özetlenmiştir. Üçüncü kısımda, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden AHP ve TOPSIS yöntemleri açıklanmıştır. Dördüncü kısımda ise kampüs hattına ilişkin araç seçim probleminin çözümüne yönelik uygulama yer almaktadır. Son kısımda ise sonuç ve değerlendirme yapılmaktadır.

Literatür Araştırması

Araç seçim problemi literatürde son zamanlarda yoğun olarak ilgi gören konular arasındadır. Çeşitli yöntemler ile araç seçim problemi incelenmiştir. Çok kriterli karar verme yöntemlerinin araç seçim problemlerinde sıkça kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışma kapsamında literatürde yer alan araç seçimi problemlerinin ele alındığı çalışmalar incelenmiştir. Bu bağlamda incelenen literatür çalışmaları Tablo 1’de özetlenmektedir.

Literatürde araç seçimi çalışmalarını çeşitli sektörler için gruplamak mümkündür. Çalışmalar, bireysel otomobil seçimi, lojistik ve taşıma faaliyetleri için araç seçimi ve toplu taşıma faaliyetleri için taşıma türü ve araç seçimi şeklinde gruplanabilir.

Otomobil seçimi; Apak vd. (2012), lüks otomobil seçim problemi için AHP yöntemini kullanmıştır. Soba (2012), PROMETHEE yöntemi ile en uygun otomobil seçimini gerçekleştirmiştir. Yavaş vd. (2014), çalışmalarında yakıt, maliyet, tasarım, servis imkanları, motor gücü ve donanım faktörlerini dikkate alarak otomobil seçimi için AHP ve AAS yöntemlerini kullanmıştır. Patil vd. (2017), dış görünüş, iç görünüş, ek özellikler, yol güvenilirliği ve satış sonrası kriterleri dikkate alarak en uygun otomobil seçimini bulanık AHP ve Gri İlişkiler analizi ile gerçekleştirmiştir. Yaykaşlı ve Ecemiş (2018), satın alma öncesi, satın alma sırası ve satın alma sonrası olarak ifade edilen üç ana kritere ait dokuz alt kriteri dikkate alarak otomobil seçim problemini incelemiştir. AHP yöntemi ile kriter ağırlıkları elde edildikten sonra Multi MOORA ve Gri İlişkiler analizi ile alternatiflerin sıralaması gerçekleştirilmiştir. Singh ve Avikal (2019), bulanık AHP ve TOPSIS yöntemleri ile Hindistan’da sedan otomobil seçimini incelemiştir. Babacan (2020), gelir düzeyindeki farklılıkları dikkate alarak VİKOR yöntemi ile orta gelir grubuna sahip bireylerin otomobil seçim problemini incelemiştir.

Lojistik ve taşıma sektöründe araç seçim problemi oldukça önemli sorunlar arasındadır. Faaliyetin yapısı gereği kullanılacak araç ana maliyet unsurları arasındadır. Bu

nedenle lojistik sektöründe araç seçim problemi literatürde önem arz bir seçim problemidir. Kabak ve Uyar (2013), çalışmalarında araç seçim problemini lojistik sektörüne yönelik olarak incelemişlerdir. Çalışmada ekonomiklik, performans, donanım satış sonrası hizmetler ve imaj ve prestij kriterleri dikkate alınarak AAS ve PROMETHEE yöntemleri ile en uygun ağır ticari araç seçimini gerçekleştirmiştir. Doğan vd. (2017), ise benzer kriterleri dikkate alınarak COPRAS-G yöntemi ile lojistik sektörüne yönelik olarak en uygun araç seçimini gerçekleştirilmiştir. Ömürbek vd. (2014), çalışmasında beyaz eşya servis faaliyetinde kullanılmak üzere alınması planlanan hafif ticari araç seçimi için AHP ve PROMETHEE yöntemlerini kullanmıştır. Arslan (2017), garanti süresi, fiyat, yakıt tüketimi ve güç kriterlerini dikkate alarak AHP ve ARAS (Additive Ratio Assessment) yöntemleri ile lojistik sektöründe ağır ticari araç seçimini gerçekleştirmiştir. Demirci (2020), çalışmasında nakliye aracı seçim problemini incelemiştir. Fiyat, yakıt, motor ömrü, satış sonrası destek ve ikinci el olanaklarını dikkate alarak yedi alternatif arasından TOPSIS ve VIKOR yöntemleri ile en uygun alternatifi belirlemiştir.

Toplu taşıma araçlarının seçimini inceleyen çalışmalar: Tzeng (2005), çok kriterli karar verme yöntemleri ile toplu ulaşım için en uygun alternatif yakıtlı otobüs seçimini gerçekleştirmiştir. Şengül vd. (2012), Erzurum ilinde belediyelerin toplu taşıma araç seçimini incelemişlerdir. Bu kapsamda çalışmada sekiz kriter ve beş alternatif belirlenerek bulanık AHP yöntemi ile en uygun alternatifin seçimi gerçekleştirilmiştir. Babakan vd. (2013), şehir içi ulaşımında toplu taşıma aracı seçimini AAS, TOPSIS ve Coğrafi Bilgi Sistemleri yöntemleri ile gerçekleştirmiştir. Shafabakhsh vd. (2014), bulanık AHP ve TOPSIS yöntemleri ile uluslararası bir havalimanına ulaşımında en uygun toplu taşıma sisteminin seçimini gerçekleştirmiştir. Aydın ve Kahraman (2014), Ankara'da toplu ulaşım için alternatif yakıtlı otobüs seçim problemini çok kriterli karar verme yöntemleri ile incelemişlerdir. Çalışmada ekonomik, sosyal ve teknoloji ana kriterleri ve on altı alt kriter dikkate alınarak bulanık AHP yöntemi ile kriter ağırlıkları elde edildikten sonra bulanık VIKOR yöntemi ile alternatifler sıralanmıştır. Akpınar (2016), AHP yöntemi ile İzmir'de bir üniversitede en uygun ring aracı seçimini gerçekleştirmiştir. Akman ve Alkan (2016), İzmit belediyesi sınırları içerisinde toplu taşıma araçlarının yoğun bir biçimde kullanıldığı bir güzergah için en iyi alternatifi belirlemek amacıyla AHP ve Aksiyomatik Tasarım yöntemlerini kullanarak bir seçim gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada alternatiflerin değerlendirilmesi için maliyet, ulaşım hattı özellikleri, araç özellikleri, çevreye duyarlılık ve müşteri memnuniyeti kriterlerini dikkate almışlardır. Hamurcu ve Eren (2017), toplu ulaşımında monoray teknolojisi seçimini çok kriterli karar verme yöntemleri ile gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada yedi ana kriter ve on beş alt kriter belirlenerek AHP ve TOPSIS yöntemleri ile en uygun alternatif belirlenmiştir. Büyüközkan vd. (2018), sürdürülebilir şehir ulaşımı için alternatiflerin seçimini çok kriterli karar verme yöntemleri ile incelemiştir. Hamurcu ve Eren (2018), çalışmasında teknolojik, ekonomik ve çevresel kriterler olarak ifade edilen üç ana kriterler ve toplamda 12 alt kriter ile üç alternatiften oluşan toplu taşıma sistemi seçimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada AHP yöntemi ile kriter ağırlıkları elde edildikten sonra AAS yöntemi ile alternatiflerin seçimi

gerçekleştirilmiştir. Süt vd. (2019), yeşil ulaşım kapsamında Kırıkkale üniversitesinde ring araçlarının seçimine yönelik olarak bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada yeşil ulaşım kapsamında değerlendirilebilen beş farklı otobüs teknolojisi alternatifleri incelenmiştir. Alternatiflerin değerlendirilmesinde sekizi ana kriter olmak üzere toplamda on iki alt kriter belirlenerek AHP ve TOPSIS yöntemi ile en uygun alternatifin seçimi gerçekleştirilmiştir. Hamurcu ve Eren (2020), yeşil ulaşım için çok kriterli karar verme yöntemleri ile elektrikli otobüs seçimini inceledikleri çalışmada hız, yolcu kapasitesi, ulaşım ağı ve araca ilişkin teknik özelliklerden oluşan altı kriter belirleyerek en uygun araç seçimini gerçekleştirmiştir.

Literatüre ilişkin özet bilgiler Tablo 1’de sunulmaktadır.

Tablo 1. Literatür araştırması

Sektör	Yazar/Yıl	Amaç Fonksiyonu	Yöntem
Otomobil seçimi	Apak vd. (2012),	Lüks otomobil seçimi	AHP
	Soba (2012),	Otomobil seçimi	PROMETHEE
	Yaşar vd. (2014),	Otomobil seçimi	AHP ve AAS
	Yaykaşlı ve Ecemiş (2016),	Otomobil Seçimi	AHP, MOORA ve GİA
	Patil vd. (2017),	Otomobil Seçimi	Bulanık AHP ve GİA
	Singh ve Avikal (2019),	Sedan otomobil seçimi	AHP ve TOPSIS
	Babacan (2020),	Orta gelir grubu için otomobil seçimi	AHP ve VİKOR
Lojistik sektöründe araç seçimi	Kabak ve Uyar (2013),	Ağır ticari araç seçimi	AAS ve PROMETHEE
	Ömürbek vd. (2014),	Hafif ticari araç seçimi	AHP ve PROMETHEE
	Arslan (2017),	Ağır ticari araç seçimi	AHP ve ARAS
	Doğan vd. (2017),	Ağır ticari araç seçimi	COPRAS-G
	Demirci (2020),	Nakliye Aracı Seçimi	TOPSIS ve VİKOR
Toplu taşıma aracı seçimi	Tzeng vd. (2005),	Alternatif yakıtlı otobüs seçimi	AHP, TOPSIS ve VİKOR
	Songül vd. (2012),	Belediye için toplu taşıma aracı seçimi	Bulanık AHP, Kareli Ortalama ve Kwong Bai
	Babakan vd. (2013),	Toplu taşıma aracı seçimi	AAS, TOPSIS ve CBS
	Aydın ve Kahraman (2014),	Alternatif yakıtlı otobüs seçimi	Bulanık AHP ve Bulanık VİKOR
	Shafabakhsh vd. (2014),	Toplu taşıma aracı seçimi	Bulanık AHP ve TOPSIS
	Akman ve Alkan (2016),	Toplu taşıma aracı seçimi	Aksiyomatik Tasarım
	Hamurcu ve Eren (2017 b),	Toplu taşıma türünün seçimi	AHP ve AAS
	Hamurcu ve Eren (2017 a),	Monoray teknolojisi seçimi	AHP ve TOPSIS
	Büyükoçkan vd. (2018),	Alternatif yakıtlı otobüs seçimi	TOPSIS ve Fuzzy Choquet Integral (IFCI)
	Süt vd. (2019),	Yeşil ulaşım için ring araçlarının seçimi	AHP ve TOPSIS
	Hamurcu ve Eren (2020),	Elektrikli Otobüs Seçimi	AHP ve TOPSIS

Bu çalışmada literatürden farklı olarak toplu ulaşım faaliyetinin gerçekleştirildiği hattın yapısına göre araç seçimine odaklanılmıştır. Toplu taşıma aracı seçiminde hattın coğrafi özellikleri dikkate alınarak kriterler bu bağlamda değerlendirilmiştir. Aracın hacmi, dış hacim ve iç hacim olarak iki ayrı ana kriterde değerlendirilmiştir. Çalışmada aracın dış hacim ana kriteri ve dış yükseklik, dış genişlik ve dış uzunluk alt kriterleri coğrafi olarak dar yollara sahip bölgeler için önem arz etmektedir. Aynı zamanda performans kriterinin değerlendirilmesinde bu ilin coğrafi özelliklerine dikkate alınarak karşılaştırılma yapılmıştır.

Araçların performansları oldukça önemlidir. Ancak performans kriteri aynı zamanda maliyeti de artıran bir kriterdir. Bu nedenle yüksek performans gücüne gerek duymayan yerlerde performans buna göre değerlendirilmelidir. Bu kriteri Kırıkkale ilinin yapısına göre değerlendirilmiştir.

Şehir İçi Ulaşım ve Toplu Taşıma Sistemleri

Günümüzde insanlar çeşitli nedenler ile şehir içi seyahat gerçekleştirmektedir. Şehirlerde meydana gelen kentsel yapılaşma seyahat mesafelerini artırmıştır. Bu nedenle şehir içi seyahatte çeşitli toplu taşıma araçları tercih edilmektedir. Çalışanlar işe gitmek için, öğrenciler okula gitmek için günün belli saatlerinde toplu taşıma araçlarını yoğun bir biçimde kullanmaktadırlar.

Toplu taşıma sistemleri, kullanılan taşıt cinsine, taşıma yöntemine ve taşıma özelliklerine göre çeşitlenebilmektedir. Otobüs, minibüs ve raylı sistemler başlıca şehir içi toplu taşıma araçlarıdır(Akbulut, 2016). Şehir içi ulaşımında raylı sistemlerin kurulması alt yapı yetersizliği, coğrafi koşulların yüksek maliyet gerektirmesi ve talep yetersizliği nedeniyle her şehir için mümkün olmayabilir. Bu nedenle şehir içi ulaşımında ülkemizde yaygın bir biçimde kullanılan araçların başında otobüs, minibüs ve midibüsler yer almaktadır.

Ankara'da hafta içi bir iş günü toplu ulaşım verileri incelendiğinde bir günde 1.708.485 kişinin toplu ulaşım araçlarını kullandığı görülmektedir. Toplu taşıma araçlarını kullanan 1.164.364 kişinin karayolu araçlarını, 544.121 kişinin ise demiryolu araçlarını kullandığı görülmektedir (www.ego.gov.tr, Erişim Tarihi: 26.08.2020). İETT verilerine göre ise İstanbul'da 2019 yılında raylı sistemler, karayolu ve denizyolu ile toplu taşıma sistemlerini kullanan günlük yolcu sayısı 15.149.333 olarak açıklanmıştır. Toplam yolcunun % 77,1'i karayolu toplu taşıma araçlarını kullanmıştır(www.iETT.istanbul/tr, Erişim Tarihi: 28.08.2020). Ülkemizde raylı sistemler Ankara, İstanbul ve İzmir gibi uygun alt yapıya sahip büyükşehirlerde bulunurken raylı sistemlerin kurulmasının mümkün olmadığı ve raylı sistemlerin bulunmadığı birçok şehir vardır. Bu nedenle raylı sistemler ve denizyolu alternatifi bulunmayan şehirlerde şehir içi ulaşımında kullanılan toplu taşıma araçları lastik tekerlekli karayolu araçlarıdır.

Şehir içi ulaşımında kullanılan karayolu araçlarının başında otobüs, dolmuş/minibüs ve midibüsler gelmektedir. Otobüsler, oluşturulan durak ağları ile tüm yerleşim alanına ulaşabilen ve diğer ulaşım sistemlerine göre daha az yatırım gerektiren araçlardır. Bununla birlikte şehir içi ulaşımında yoğun bir biçimde kullanılan bir diğer araç grubu olan minibüs ve midibüsler ise insanların otobüs duraklarında saatlerce beklemesini ve otomobil kullanımını azaltmak için tercih edilen ara bir toplu taşıma aracıdır (Abbasgil, 1994).

Gerek sayısal veriler gerekse karayolu toplu taşıma araçlarının işlevi bu araçların önemini ortaya koymaktadır. Özellikle küçük şehirlerde toplu taşıma hizmetinin tamamen karayolu araçları ile yapıldığı şehirlerde ulaşım sürelerinin uzaması yolcuların ve hizmet sağlayıcıların problemler ile karşılaşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle toplu taşıma

araçlarının seçiminde doğru kararın verilmesi toplu taşıma faaliyetinin her iki tarafını da etkileyen önemli bir karardır.

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Çok kriterli karar verme yöntemleri, otomobil seçimi, konut seçimi, depo yer seçimi, otel seçimi, ERP seçimi ve performans ölçümü gibi birçok alanda karar verme sürecinde kullanılan yöntemlerdendir. Bu kararların verilmesi sürecinde AHP, AAS, TOPSIS, PROMETHEE, VIKOR ve ELECTRE gibi çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmaktadır (Özbek, 2017). Bu çalışmada en uygun araç seçimi için AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılacaktır.

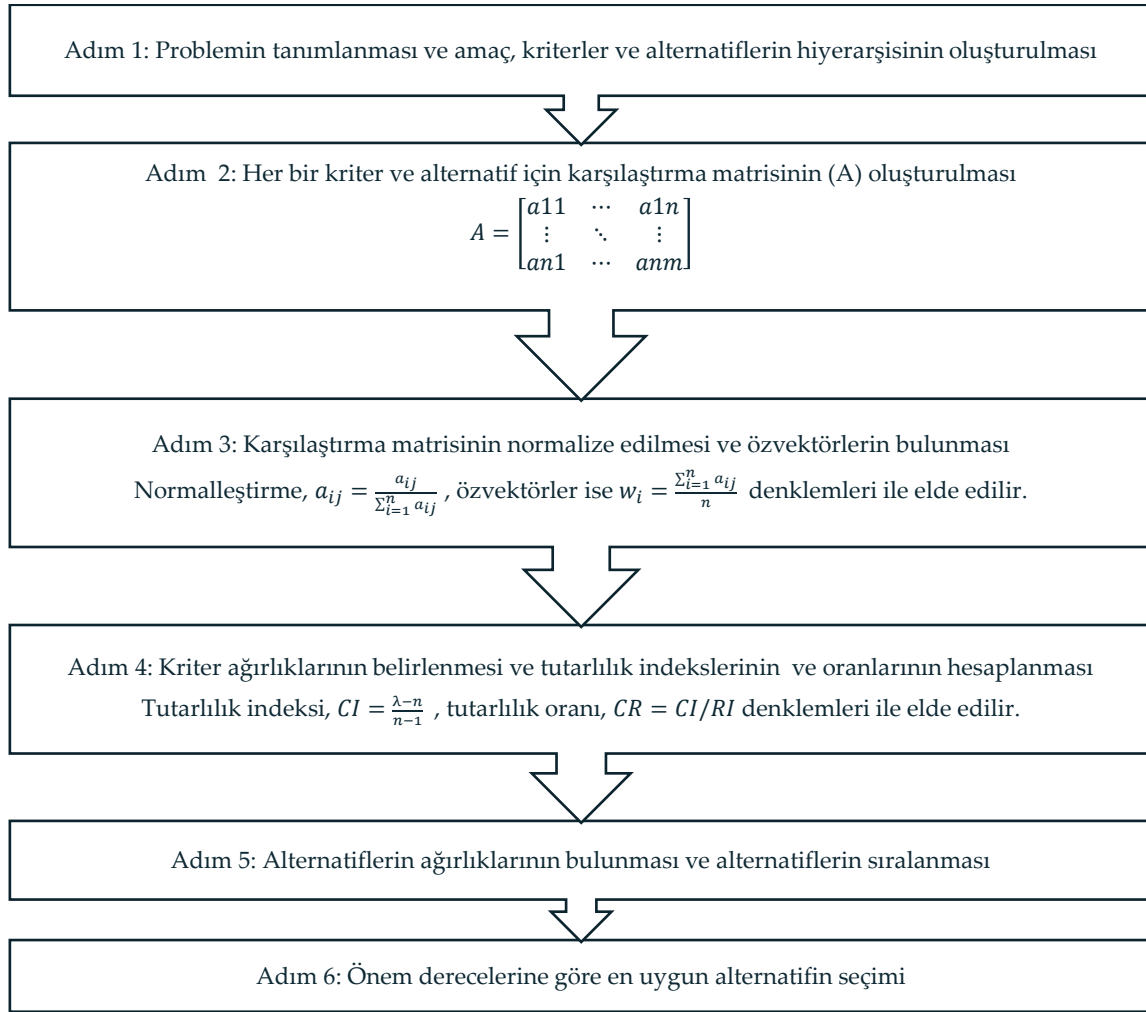
Analitik Hiyerarşi Prosesi

Hayatımızda karşılaştığımız birçok durum bir karar verme sürecini oluşturmaktadır. Uygun maliyetli ev, araba alma veya bir okul veya kariyer seçimi, tatil yeri seçimi veya siyasi bir adaya oy vermek günlük yaşantımızda karşılaşılan problemler arasındadır. Bunlarla birlikte ekipman satın alma, bir ürünün pazarlanması, bir personel seçimi, yatırım düzeylerine karar verme, fonlamada en iyi kaynak seçimi gibi bir birçok karmaşık seçim problemleri de karşımıza çıkmaktadır. İnsanların bu karmaşık karar verme sürecine ilişkin olarak tüm faktörleri ve etkilerini aynı anda değerlendirmesi beklenemez. Bu tür problemlerin çözümünde matematiksel modellere dayanan varsayımlar kullanılmaktadır. Karar verme sürecinde kullanılan yöntemlerden birisi de Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır. AHP yöntemi ilk olarak 1977 yılında Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiştir. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi bütün bu karar verme sürecinde etkili olan faktörlerin hiyerarşik bir şekilde temsilini sağlayan ve süreci doğrusal bir matematiksel düşünceye dayandıran bir yöntemdir. İkili karşılaştırmaya dayalı AHP yönteminin adımları aşağıdaki gibidir. (Saaty,1990).

AHP yönteminde tutarlılık oranını hesaplamak için kullanılan rassallık göstergeleri (RI) değerleri Tablo 2’de yer almaktadır.

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

AHP yönteminin adımları Şekil 1’de sunulmaktadır. Şekil 1’de CI, tutarlılık göstergelerini, CR, karşılaştırma matrisinin tutarlılığını temsil eder. CR değerinin 0.10’un altında çıkması istenmektedir.

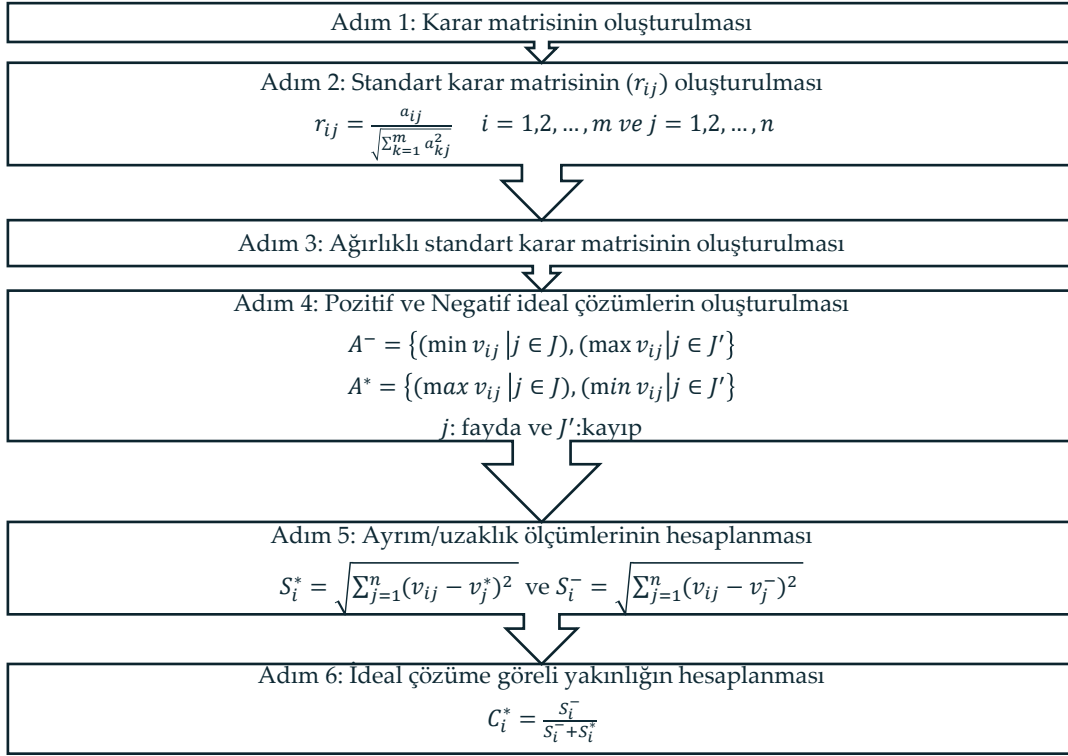


ŞEKİL 1. AHP YÖNTEMİ ADIMLARI

TOPSIS Yöntemi

TOPSIS yöntemi ilk olarak Hwang ve Yoon (1981) tarafından çok kriterli karar verme yöntemi olarak sunulmuştur. TOPSIS yöntemi karar vericiden sınırlı düzeyde subjektif bilgiye ihtiyaç duyduğu için cazip bir yöntemdir (Olson, 2004). TOPSIS yönteminin temelinde pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüm en uzak alternatifin belirlenmesi yer almaktadır. Yönteminin tek varsayımı her kriterin monoton bir biçimde artan ve yahut azalan, tek yönlü bir faydasının olduğudur. TOPSIS yönteminin adımları Şekil 2’de sunulmaktadır. (Abalı vd., 2012).

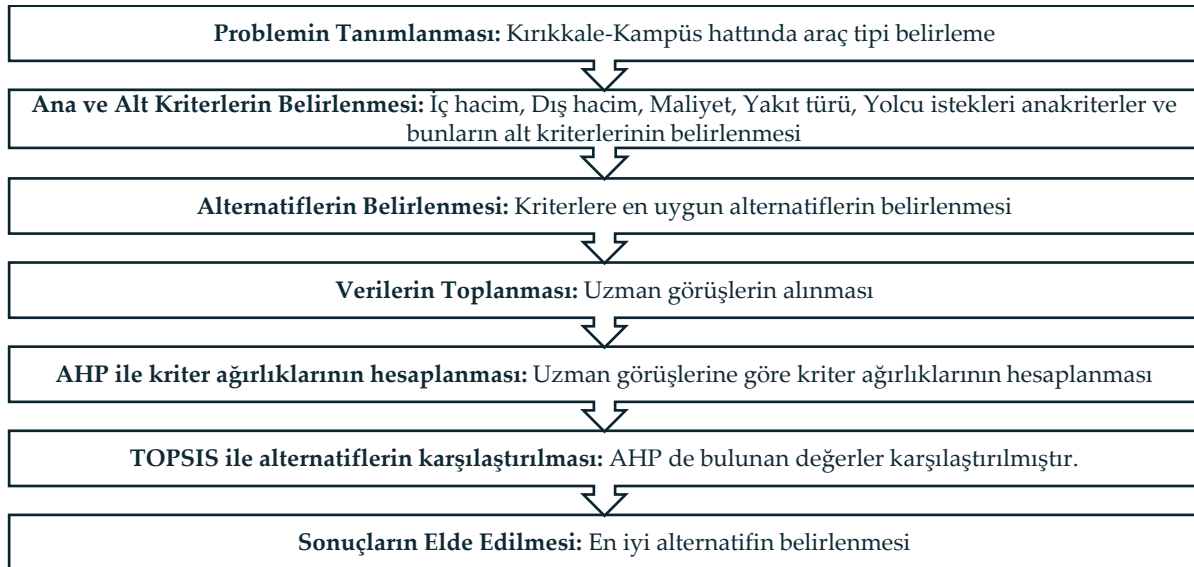
Şekil 2’de A^+ ağırlık standart karar matrisindeki en iyi değeri temsil eder, A^- ise en kötü değeri temsil eder. Adım 5’te S_i^+ , alternatifin ideal çözüme pozitif uzaklığını, S_i^- ise negatif uzaklığını temsil eder. C_i^+ ise alternatifin ideal çözüme yakınlığını ve aynı zamanda çözüm değerini ifade eder.



ŞEKİL 2. TOPSIS YÖNTEMİ ADIMLARI

KAMPÜS HATTI ARAÇ SEÇİMİ UYGULAMASI

Bu çalışmada Kırıkkale ilinde, Kırıkkale Üniversitesi ve Kırıkkale Merkez hattında hizmet veren toplu taşıma araçları için en uygun alternatifin belirlenmesine yönelik olarak bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Alternatif toplu taşıma araçlarından en uygun aracın belirlenmesi için, AHP yöntemi ile kriter ağırlıkları elde edilerek daha sonra TOPSIS yöntemi ile alternatiflerin sıralaması gerçekleştirilmiştir. Problemin tanımlanmasından alternatif sıralarının elde edilmesine kadar geçen uygulama süreci Şekil 3'de akış şemasında verilmiştir.



ŞEKİL 3. UYGULAMA AKIŞ ŞEMASI

Problemin Tanımlanması

Kırıkkale üniversitesinde 2019-2020 öğretim yılı Ağustos ayı itibariyle 32.121 ön lisans ve lisans öğrencisi, 2371 enstitü öğrencisi eğitim görmektedir. Kırıkkale ilinde yaşayan öğrencilerin genellikle Yahşihan ilçesi ve Kırıkkale merkezde ikamet ettikleri bilinmektedir. Kırıkkale ilinin 2019 yılı merkez 198.477 nüfusu Yahşihan ilçesinin nüfusu ise 31.013'tür. Yahşihan bölgesinin nüfusunu özellikle öğrenciler oluşturmaktadır. Çalışmada incelenen Kırıkkale üniversitesi kampüs-Kırıkkale merkez hattının kullanıcıları öncelikle öğrenciler olmakla birlikte aynı zamanda kampüste bulunan Tıp Fakültesi nedeniyle özellikle sağlık sıkıntısı olan yerli halkta bu hattı yoğun olarak kullanmaktadır. Gerek mevcut öğrenci sayısının yüksekliği gerek Tıp fakültesine erişim nedeniyle söz konusu hat yüksek düzeyde yolcu kapasitesine sahiptir. Kırıkkale üniversitesi kampüs-Kırıkkale Merkez hattındaki kullanılan mevcut araçların kapasitesinin yetersiz olması, araçların güvenli ve ergonomik olmaması ayrıca sistemin kullanıcısı olan öğrencilerin, akademisyenlerin ve bölge halkını tatmin etmemesi durumu bu çalışmanın yapılmasının önemli sebeplerinden biri olmuştur. Özellikle son zamanlarda otomotiv sektörüne yönelik olarak gerçekleştirilen teknolojik iyileştirmeler, modern tasarımlar, ergonomik özellikler ve çevre dostu yakıt kullanımı gibi gelişmeler hem hizmet sunucularının arz düzeylerini hem de hizmet alanların talep düzeylerini değiştirmiştir. Bu nedenle bu hatta hizmet verecek araçlar büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmanın amacı Kırıkkale Kampüs-Merkez hattı arasında yolcu isteklerine uygun, ergonomik ve daha güvenli olan en iyi aracın belirlenmesidir. Bu problemin çözülmesi için Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve TOPSIS olmak üzere iki farklı çok kriterli karar verme yöntemi kullanılmıştır.

KRİTERLERİN BELİRLENMESİ

Çalışmada kriterlerin belirlenmesinde öncelikle Kırıkkale kampüs-merkez hattını kullanacak olan yolcular (öğrenci, hastaneye gelen hasta, vb.) ve hizmet sağlayıcıları ile yüz yüze mülakatlar gerçekleştirilmiştir. Bu mülakatlar sonucunda önemli bir kriterimiz olan yolcu istekleri kriteri belirlenmiştir Yaklaşık olarak 100 kişilik bir yolcu grubu ile mülakat gerçekleştirilmiştir. Mülakatta yolcuların bir toplu taşıma aracından beklentilerini ifade etmeleri istenilmiştir. Örneğin: "sizce bir toplu taşıma aracı nasıl olmalıdır, içerisinde neler barındırmalıdır" şeklinde sorular sorularak alınan açık uçlu cevaplar ile görüşmeler tamamlanmıştır. Bu sorular dahilinde yolcuların öneri ve görüşleri ile istekler doğrultusunda yolcu istekleri kriteri belirlenmiştir.

Bu kapsamda belirlenen altı ana kriter ve yirmi dört alt kritere ilişkin açıklamaları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Kriterlerin Tanımlanması

Ana Kriterler	Alt Kriterler
İç Hacim	Yükseklik: Aracın iç taban ve iç tavan arasındaki yükseklik seviyesidir. Genişlik: Aracın iç yanlarda iki cam arasındaki genişlik seviyesidir. Koridor genişliği: Yan yana iki koltuk arasındaki mesafedir. Uzunluk: Aracın iç kısmında en ön koltuk ile en arka koltuk arasındaki mesafedir. Ayakta yolcu kapasitesi: Ayakta seyahat edebilecek yolcu sayısıdır. Oturan yolcu kapasitesi: Araçta oturarak seyahat edebilecek yolcu sayısıdır.
Dış Hacim	Dış yükseklik: Aracın yerden en üst noktasına olan yüksekliğidir. Dış genişlik: Aracın dış genişliğidir. Dış uzunluk: Aracın ön izi ile arka izi arasındaki mesafedir.
Yakıt Türü	Dizel: Dizel yakıtla çalışan motorlu araçlardır. Fazla güce ihtiyaç duyan araçlarda kullanılır. Doğalgaz: Doğalgaz yakıtı ile çalışan motorlu araçlardır. Çeşitli hidrokarbonlardan oluşan yanıcı bir gazdır. Elektrikli: Motoru elektrik gücü ile çalışan araçlardır. Şarjlı olarak çalışabilmektedir.
Maliyet	Bakım maliyeti: Aracın yıllık olarak bakım maliyetidir. Alım maliyeti: Aracı satın alma bedelini ifade etmektedir. Yakıt maliyeti: Aracın 100 km'de yaptığı yakıtın TL cinsinden ifadesidir.
Performans	Motor gücü: Araç motorunun gücüdür. kW cinsinden dikkate alınmıştır. Tork: Döndürme kuvveti demektir. Araçlarda motorda yer alan krank milinin bir dakika içerisinde yaptığı dönüş sayısıdır. Silindir adedi: Silindir motorlarda yer alan krank milini döndüren parçadır. Yol tutuşu: Bir otomobilin virajlı ve engebeli yollarda hâkimiyetinin sağlanabilmesi özelliğidir.
Yolcu Talepleri	Rampa: Engelli ve bebekli yolcular için kolaylık sağlamak amaçlı kurulan mekanizmadır. Klima: Yazın ve kışın yolcuların rahatı için kullanılır. Otomatik yolcu sayacı: Araca binen her yolcuyu otomatik olarak sayarak ücret alımını kolaylaştıran bir sistemdir. Tutacak yükseklikleri: Tutacak yükseklikleri özellikle ayakta yolcu taşıma kapasitesi yüksek olan araçlarda önemlidir. Ortalama düzeyde olması seyahat esnasında yolcular için kolaylık sağlayacaktır. Koltuk ve tutacak ergonomisi: Koltuk ve tutacakların ortalama yükseklik ve genişlikte olması yolcuların aradığı bir özelliktir.

Kriterlerin belirlenmesinde hizmet sağlayıcılarının odaklanmış oldukları alternatiflerin mühendislik ve teknik verileri incelenerek kriterler tanımlanmıştır. Ayrıca kriterlerin tanımlanmasında, literatürde otobüs seçimi (Hamurcu & Eren, 2020), ring aracı seçimi (Süt vd., 2019) ve toplu ulaşım araçlarının seçimini (Akman & Alkan, 2016) inceleyen çalışmalar dikkate alınmıştır.

Alternatiflerin Belirlenmesi

Çalışmada Kırıkkale Üniversitesi-Kırıkkale Merkez hattında faaliyet gösteren toplu taşıma hizmet sağlayıcıları ile yapılan mülakatlar neticesinde, *midibüs* cinsi araçlar içerisinde alternatifler belirlenmiştir. Hizmet sağlayıcıları tarafından mevcutta kullanılan *minibüs* cinsi araçların yolcu kapasiteleri düşük olması nedeniyle tercih edilmediği ifade edilmiştir. Alternatiflerin belirlenmesinde özellikle şehirdeki yolların dar olmasından dolayı büyük araçların kullanımının zor olduğu ve aynı zamanda *minibüs* cinsi araçların yolcu kapasitesinin

yetersiz olması nedeniyle *midibus* tipi araçların tercih konusu olduğu hizmet sağlayıcıları tarafından ifade edilmiştir. Bu kapsamda alternatiflerin belirlenmesinde *midibus* cinsi araçlara odaklanılarak Isuzu CITIBUS, Otokar Sultan LF ve BMC Neocity olmak üzere üç alternatif belirlenmiştir. Alternatifler Tablo 4’te açıklanmaktadır.

Tablo 4. Alternatifler ve özellikleri

Isuzu Cıtıbus	Yeni nesil Euro6 emisyon standartlarına uygun, 4500 cc motor hacimli, 4 silindirli güçlü motoru ile performansı yüksek bir araçtır. 9515 mm uzunluğuna sahip düşük yakıt tüketimlidir. ABS ve ASR gibi güvenli fren sistemlerine ilave olarak iki adet engelli rampası bulunan üç kapılı ergonomik bir tasarıma sahip bir araçtır.
Otokar Sultan F	Yüksek motor gücü ve hafif gövde yapısına sahiptir. Geniş ön ve arka kapısı ve alçak tabanlı gövde yapısı ile kalabalık ve dar sokaklı şehirler için modern çözüm üretir. 8.3 metrelik uzunluğa, düşük devirlerde elde edilen yüksek tork değerli bir araçtır. Yüksek yolcu kapasitesi, geniş yolcu sahanlığı ve değişik koltuk yapısı ile yolcu konforuna önem verilen bir araç tipidir.
BMC Neocity	8.5 metrelik uzunluğu ile dar şeritli yollarda rahat etmeyi sağlamaktadır. Artan manevra kabiliyeti ve yol tutuşu ile üstün sürüş konforu sağlar. Taşıma kapasitesi önemli derece fazla olan araç 72 kişiye kadar yolcu taşıyabiliyor. Araç içinde bulunan beşik sistemi sayesinde yolcuların araç içinde hissettiği titreşim en aza indirilmiştir.

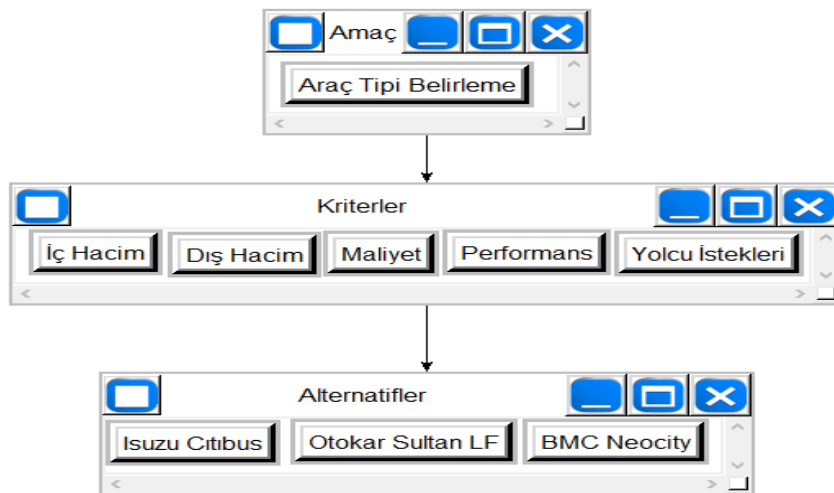
Problemin Çözümü

Bu çalışmada problemin çözümü için çok kriterli karar verme yöntemlerinden yararlanılmıştır. AHP ve TOPSIS yöntemleri ile en uygun araç seçimi gerçekleştirilmiştir.

AHP Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

AHP yöntemi ile iç hacim, dış hacim, yakıt türü, maliyet, performans, yolcu istekleri olmak üzere altı ana kriterin ve alt kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir.

AHP yönteminde ilk olarak karar verme sürecine konu olan probleme yönelik amaç, kriterler ve alternatifler ile hiyerarşik bir yapı oluşturulur. Hiyerarşinin en üst seviyesinde bir amaç, amacın altındaki seviyede kriterler ve en alt seviyede ise alternatiflerin yer aldığı bir hiyerarşik yapı Şekil 4’te sunulmaktadır.



ŞEKİL 4. HİYERARŞİK YAPI

Adım 2’de Karşılaştırma Matrisi (Kriterlerin Önem Derecelerinin Belirlenmesi) yer almaktadır. Bu adımda kriterler uzmanlar tarafından değerlendirilir ve önem dereceleri bu

değerlendirmelere göre hesaplanır. Eşit öneme sahip iki kriterin birbirine olan önem değeri bir alınır. Ana kriterlerin Karşılaştırma Matrisi Tablo 5’te sunulmaktadır.

Tablo 5. Ana kriterler arası karşılaştırma matrisi

	İç Hacim	Maliyet	Dış Hacim	Performans	Yolcu Talepleri	Yakıt
İç Hacim	1	5	2	4	0,5	3
Maliyet	0,2	1	0,5	2	0,33	4
Dış Hacim	0,5	2	1	5	0,25	3
Performans	0,25	0,5	0,2	1	0,166	2
Yolcu Talepleri	2	3	4	6	1	5
Yakıt	0,33	0,25	0,33	0,5	0,2	1

Karşılaştırma matrisinin oluşturulmasının ardından AHP yönteminin adımları sırasıyla gerçekleştirilir ve ana kriterlerin ve alt kriterlerin önem dereceleri elde edilir. AHP yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları Tablo 6’da yer almaktadır.

Tablo 6. Ana kriterler ve alt kriterlerin önem dereceleri

Ana Kriterler	Ana Kriter Ağırlıkları	Alt Kriterler	Alt Kriter Ağırlıkları
İç Hacim	0,2492	Yükseklik(mm)	0,0636
		Genişlik(mm)	0,0865
		Koridor Genişliği(mm)	0,1551
		Uzunluk(mm)	0,1046
		Ayakta Yolcu Kapasitesi (adet)	0,2430
		Oturan Yolcu Kapasitesi (adet)	0,3472
Maliyet	0,1101	Bakım Maliyeti(TL)	0,1772
		Yakıt Maliyeti(TL)	0,1569
		Alım Maliyeti(TL)	0,6658
Dış Hacim	0,1584	Dış Yükseklik(mm)	0,1416
		Dış Genişlik(mm)	0,3338
		Dış Uzunluk(mm)	0,5247
Performans	0,0598	Motor Gücü (kW)	0,4064
		Tork (NM)	0,3218
		Yol Tutuşu	0,1648
		Silindir Adedi	0,1071
Yolcu Talepleri	0,3717	Rampa(adet)	0,2362
		Klima	0,3877
		Otomatik Yolcu Sayacı (adet)	0,0694
		Tutacak Yükseklikleri (cm)	0,1129
		Koltuk ve Tutacak Ergonomisi	0,1937
Yakıt Türü	0,0508	Dizel	0,5571
		Doğalgaz	0,3202
		Elektrikli	0,1226

AHP yöntemine göre çözüm sonuçlarına göre ana kriterler arasından “yolcu talepleri” kriterinin %37 önem derecesi ile en önemli kriter olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bir diğer önem

derecesi yüksek olan kriter ise %25 önem derecesi ile iç hacim kriteridir. Bu kriterleri sırasıyla dış hacim, maliyet, performans ve yakıt kriterleri takip etmektedir. Kriterlerin tutarlılık oranları %10'un altında çıkmıştır.

TOPSIS Yöntemi ile Alternatiflerin Sıralanması

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi çok kriterli karar verme yöntemlerindedir. 'm' sayıda alternatifi ve 'n' sayıda kriteri olan çok amaçlı karar verme problemi n x m 'lik matris şeklinde oluşturulmaktadır. Hwang ve Yoon (1981), TOPSIS yöntemini, çözüm alternatifinin pozitif-ideal çözüme en kısa mesafe ve negatif-ideal çözüme en uzak mesafe düşüncesini ele alarak oluşturmuştur. TOPSIS ile alternatiflerin karşılaştırılması yapılmıştır. Kırıkkale Kampüs-Merkez hattı araç seçimi probleminde Isuzu Cıtibus, Otokar Sultan LF ve BMC Neocity alternatifleri; iç hacim, dış hacim, yakıt türü, maliyet, performans, yolcu istekleri olmak üzere altı ana kriter dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Adım 1: Karar Matrisinin (A) Oluşturulması (Tablo 7):

Tablo 7. Karar Matrisi

	Isuzu Cıtibus	Otokar Sultan LF	BMC Neocity
Yükseklik (mm)	2641	2038	2390
Genişlik (mm)	1751	1819	2350
Koridor Genişliği (mm)	658	511	565
Uzunluk (mm)	6975	6460	6517
Ayakta Yolcu Kapasitesi (adet)	44	42	51
Oturan Yolcu Kapasitesi(adet)	25	21	21
Bakım Maliyeti(TL)	8400	8900	8100
Yakıt Maliyeti (100 km/TL)	155	170	145
Alım Maliyeti(*1000)(TL)	837	820	934
Dış Yükseklik(mm)	3117	2932	3143
Dış Genişlik(mm)	2409	2330	2450
Dış Uzunluk(mm)	9515	8381	8500
Motor Gücü (kW)	157	107	157
Tork (NM)	850	632	850
Yol Tutuşu	5	6	6
Silindir Gücü	4	4	4
Rampa(adet)	2	1	1
Klima(adet)	1	1	2
Otomatik Yolcu Sayacı(adet)	1	1	1
Tutacak Yükseklikleri (mm)	1656	1728	2090
Koltuk ve Tutacak Ergonomisi	6	4	5
Dizel (Lt)	215	152	210
Doğalgaz	0	0	0
Elektrikli	0	0	0

Adım 2: Ağırlıklı Normalleştirilmiş Karar Matrisinin (V) Oluşturulması (Tablo 8)

Adım 3: İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Değerleri (Tablo 8)

Tablo 8. Ağırlıklı Normalleştirilmiş Karar Matrisi ve Pozitif ve Negatif İdeal Çözüm Değerleri

	Isuzu Cıtibus	Otokar Sultan LF	BMC Neocity	A+	A-
Yükseklik(mm)	1,0197	0,7869	0,9228	1,0196	0,7868
Genişlik(mm)	1,0942	1,1367	1,4686	1,4685	1,0942
Koridor Genişliği(mm)	2,5254	1,9612	2,1684	2,5253	1,9611
Uzunluk(mm)	1,5775	1,4610	1,4739	1,5775	1,4610
Ayakta Yolcu Kapasitesi(adet)	3,3561	3,2036	3,8901	3,8900	3,2035
Oturan Yolcu Kapasitesi(adet)	5,5709	4,6796	4,6796	5,5709	4,6795
Bakım Maliyeti(TL)	1,1165	1,1829	1,0766	1,1829	1,0766
Yakıt Maliyeti(TL)	0,9846	1,0799	0,9211	1,0798	0,9210
Alım Maliyeti(TL)	4,0939	4,0107	4,5683	4,5683	4,0107
Dış Yükseklik(mm)	1,3164	1,2382	1,3273	1,3273	1,2382
Dış Genişlik(mm)	3,0679	2,9672	3,1201	3,1200	2,9672
Dış Uzunluk(mm)	5,1803	4,5629	4,6277	5,1802	4,5629
Motor Gücü	1,5488	1,0556	1,5488	1,5488	1,0555
Tork	1,2050	0,8960	1,2050	1,2050	0,8959
Yol Tutuşu	0,5006	0,6007	0,6007	0,6006	0,5005
Silindir Gücü	0,3699	0,3699	0,3699	0,3698	0,3698
Rampa(adet)	7,1694	3,5847	3,5847	7,1693	3,5846
Klima(adet)	5,8839	5,8839	11,7678	11,7678	5,8839
Otomatik Yolcu Sayacı(adet)	1,4897	1,4897	1,4897	1,4897	1,4897
Kapı ve Tutacak Yükseklikleri(mm)	2,1882	2,2834	2,7617	2,7617	2,1882
Koltuk ve Tutacak Ergonomisi	4,9243	3,2828	4,1035	4,9242	3,2828
Dizel	1,8068	1,2774	1,7648	1,8068	1,2773
Doğalgaz	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Elektrikli	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

TOPSIS yönteminin üçüncü adımında herhangi bir alternatifin her bir kritere göre ideal çözüme yakınlığını belirlemek için pozitif ideal çözüm değeri hesaplanırken, ayrıca herhangi bir alternatifin her bir kritere göre ideal çözümden uzaklığını belirlemek için negatif ideal çözüm değeri hesaplanmaktadır.

Adım 4: Ayrım ölçütlerinin hesaplanması (Tablo 9):

Tablo 9. Ayrım/uzaklık ölçütleri sonucu

Isuzu Cıtibus	S1+	5,9687	S1-	4,2163
Otokar Sultan LF	S2+	7,3142	S2-	0,2396
BMC Neocity	S3+	3,8483	S3-	6,1015

Adım 5: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması (Tablo 10):

Tablo 10. İdeal çözüme göreli yakınlık sonuçları

Isuzu Cıtibus	$4,2163 / (4,2163 + 5,9687)$	0,4140
Otokar Sultan LF	$0,2396 / (0,2396 + 7,3142)$	0,0317
BMC Neocity	$6,1015 / (6,1015 + 3,8483)$	0,6132

Adım 6: Alternatiflerin sıralarının seçilmesi (Tablo 11):

Tablo 11. TOPSIS yöntemine göre alternatiflerin sıralanması

Sıra	Alternatifler	Ağırlıkları
1	BMC Neocity	0,6132
2	Isuzu Cıtbody	0,4140
3	Otokar Sultan LF	0,0317

Sonuç ve Değerlendirme

Toplu taşıma hizmeti vatandaşların seyahat hakları kapsamında yoğun bir şekilde kullandıkları hizmetlerden birisidir. Özellikler bireysel araçları olmayan vatandaşların seyahatlerinin büyük bir bölümü toplu taşıma araçları ile gerçekleşmektedir. Ülkemizde şehirden şehre farklı araçlar ile sunulan toplu taşıma hizmetinin büyük bir bölümü karayolu araçları ile sunulmaktadır. Hizmetin sunulduğu şehre göre kullanılan karayolu araçları da çeşitlenmektedir. Bu nedenle toplu taşıma hizmetlerinde kullanılan karayolu araçlarının seçimi bir problem haline gelmektedir.

Çalışma kapsamında Kırıkkale üniversitesi kampüs-Kırıkkale merkez hattında toplu taşıma hizmetinde kullanılacak en uygun aracın belirlenmesi amaçlanmıştır. En uygun araç belirleme konusunda öncelikle akademik araştırmalar sonucunda 6 adet ana kriter ve 24 adet alt kriterleri belirlenmiştir. Aynı zamanda belirlenen güzergâhı kullanan yolcuların istekleri değerlendirmeye alınmıştır. Çalışmada literatür çalışmaları ve yolcu istekleri ile belirlenen kriterler dikkate alınarak alternatiflerin belirlenmesi gerçekleştirilmiştir.

Problemin çözümünde Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden AHP yöntemi ile kriterlerin öncelik değerleri elde edilmiştir. Daha sonra TOPSIS yöntemi ile alternatiflerin sıralaması gerçekleştirilmiştir. AHP yöntemi ile elde edilen sonuçlara göre önem derecesi en yüksek kriter %37,1'lik önem derecesi ile yolcu talepleri kriteri olmuştur. Bu kriterin hemen ardından %24,9 önem derecesi ile iç hacim, %15,8 ile dış hacim, %10,9 ile maliyet, %5,9 ile performans ve son olarak %5 önem derecesi ile yakıt kriterleri gelmektedir. Yolcu talepleri kriterleri arasında yer alan alt kriterlerden engelli yolcular için araçlarda rampa bulundurulması %23,6, klima %38,7 ve ergonomi ise %19,3 önem derecesi ile yüksek düzeyde önem derecesine sahip kriterler arasında yer almaktadır. Mesafenin kısa olduğu hatlarda bu faktörler oldukça göz ardı edilmektedir. Ancak elde edilen önem derecesi mesafe kısa olsa da bu faktörlerin önemini ortaya koymuştur.

AHP yöntemi ile kriterlerin önem dereceleri elde edildikten sonra TOPSIS yöntemine göre alternatiflerin sıralaması belirlenmiştir. TOPSIS yöntemi çözüm sonuçlarına göre en uygun araç %61,3'lük bir oranla BMC Neocity olmuştur. Bunu takip eden araç %41,4'lük oranla Isuzu Cıtbody olmuştur. Son olarak da %3'lük oranla Otokar Sultan LF gelmektedir. Alternatifler belirlenirken Kırıkkale ilinin ulaşım yapısına uygun alternatifler değerlendirilmeye alınmıştır. Bu nedenle belirlenen alternatifler Kırıkkale iline özgü olmakla birlikte seçilen alternatif benzer tip ulaşım yapısına sahip bölgeler içinde en uygun alternatif olarak değerlendirilebilir.

Bu çalışma yaklaşık olarak 300.000 nüfuslu Kırıkkale ilinde gerçekleştirilmiştir. Bu ilde ulaşım tamamen karayolu araçları ile gerçekleştirilmektedir. İlde yaklaşık olarak 35.000 civarı

üniversite öğrencisi eğitim görmektedir. Bu yönüyle çalışma benzer illerde, ilçelerde veya öğrenci sayısı yüksek ve geniş kampüs alanlarına sahip kampüs hatlarında uygulanabilir. Ayrıca karayolu ile birlikte farklı ulaşım alternatifi olan kampüs yerleşkeleri için bir matematiksel model kurarak hedef programlama yöntemi ile de problem incelenebilir.

Kaynakça

- Abalı, Y. A., Kutlu, B. S., & Eren, T. (2012). Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri İle Bursiyet Seçimi: Bir Öğretim Kurumunda Uygulama. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 26(3-4), 259-272.
- Abbasgil, E. (1994). *İstanbul'daki Toplu Taşımacılık Kapsamında Raylı Sistemlerin Değerlendirilmesi (Esenler-Aksaray Hızlı Tramvay Örneği)*. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Akbulut, F. (2016). Kentsel Ulaşım Hizmetlerinin Planlanması ve Yönetiminde Sürdürülebilir Politika Önerileri. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11, 336-355.
- Akman, G., & Alkan, A. (2016). İzmit Kent İçi Ulaşımında Alternatif Toplu Taşıma Sistemlerinin Aksiyomlarla Tasarım Yöntemi ile Değerlendirilmesi. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 22(1), 54-63. <https://doi.org/10.5505/pajes.2015.55376>
- Akpınar, M. E. (2016). Üniversite Ring Sistemi Kalitesinin Optimizasyonu. *Uluslararası Katılımlı 16. Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, 50-55.
- Alakaş, H. M., Bucak, M. Y., & Kızıldaş, Ş. (2019). AHP-TOPSIS ve AHP-VIKOR Yöntemleri ile Ambulans Tedarikçisi Seçimi. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 4(1), 93-101.
- Apak, S., Gögüş, G. G., & Karakadılar, İ. S. (2012). An Analytic Hierarchy Process Approach with a Novel Framework for Luxury Car Selection. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 58, 1301-1308. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.1113>
- Arslan, H. M. (2017). AHP-ARAS Hibrit Yöntemi ile Lojistik İşletmelerinin En Uygun Araç Seçimi. *The Journal of Operations Research, Statistics, Econometrics and Management Information Systems*, 5(2), 271-282. <https://doi.org/10.17093/alphanumeric.339476>
- Aydın, S., & Kahraman, C. (2014). Vehicle selection for public transportation using an integrated multi criteria decision making approach : A case of Ankara. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 26, 2467-2481. <https://doi.org/10.3233/IFS-130917>
- Babacan, A. (2020). Türkiye'de Orta Gelir Grubuna Yönelik Otomobil Seçimi: Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi Olarak VIKOR Yöntemi. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21(1), 293-307.
- Babakan, A. S., Taleai, M., & Alimohammadi, A. (2013). Public Transportation Mode Selection in an Urban Corridor : Application of Multi-Criteria Decision Making Methods. *Urban-Regional Studies and Research Journal*, 5(18), 1-6.
- Büyüközkan, G., Feyzioğlu, O., & Göçer, F. (2018). Selection of sustainable urban transportation alternatives using an integrated intuitionistic fuzzy Choquet integral approach. *Transportation Research Part D*, 58(December 2017), 186-207. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.12.005>
- Demirci, A. (2020). Nakliye Aracı Seçimi: Çok Kriterli Karar Verme Modeli Önerisi. *Antalya Bilim Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(1), 17-33.
- Doğan, E. M., Eren, M., & Çelik, K. (2017). Lojistik Sektöründe Ağır Ticari Araç Seçimi Problemine Yönelik Copras - G Yöntemi ile Karar Verme. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(1), 153-178.
- Hamurcu, M., & Eren, T. (2017a). Selection of Monorail Technology by Using Multicriteria Decision Making. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 8(4), 303-314. <http://www.eds.yildiz.edu.tr/AjaxTool/GetArticleByPublishedArticleId?PublishedArticleId=2547>
- Hamurcu, M., & Eren, T. (2017b). Toplu Taşıma Türünün Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme

- Uygulaması. *International Conference on Advanced Engineering Technologies*.
- Hamurcu, M., & Eren, T. (2020). Electric Bus Selection with Multicriteria Decision Analysis for Green Transportation. *Sustainability (Switzerland)*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/su12072777>
- Kabak, M., & Uyar, Ö. O. (2013). Lojistik Sektöründe Ağır Ticari Araç Seçimi Problemine Çok Ölçütlü Bir Yaklaşım. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28(1), 115–125.
- Olson, D. L. (2004). Comparison of Weights in TOPSIS Modesl. *Mathematical and Computer Modelling*, 40, 721–727.
- Ömürbek, N., Karaatlı, M., Eren, H., & Şanlı, B. (2014). AHP Temelli PROMETHEE Sıralama Yöntemi ile Hafif Ticari Araç Seçimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(4), 47–64.
- Özbek, A. (2017). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Excel İle Problem Çözümü* (1. Baskı). Seçkin Yayıncılık.
- Patil, A. N., Bhale, N. G. P., Raikar, N., & Prabhakaran, M. (2017). Car Selection Using Hybrid Fuzzy AHP and Grey Relation Analysis Approach. *International Journal of Performability Engineering*, 13(5), 569–576. <https://doi.org/10.23940/ijpe.17.05.p2.569576>
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process.pdf. *European Journal of Operational Research*, 48, 9–26.
- Şengül, Ü., Eren, M., & Shiraz, S. E. (2012). Bulanık AHP İle Belediyelerin Toplu Taşıma Araç Seçimi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 40(Aralık), 143–165.
- Shafabakhsh, G. A., Hadjihoseinlou, M., & Taghizadeh, S. A. (2014). Selecting the appropriate public transportation system to access the Sari International Airport by fuzzy decision making. *European Transport Research Review*, 6(3), 277–285. <https://doi.org/10.1007/s12544-013-0128-7>
- Singh, R., & Avikal, S. (2019). A MCDM-Based Approach for Selection of a Sedan Car from Indian Car Market. *Harmony Search and Nature Inspired Optimization Algorithms*, 741, 569–579. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-0761-4>
- Soba, M. (2012). PROMETHEE Yöntemi Kullanarak En Uygun Panelvan Otomobil Seçimi ve Bir Uygulama. *Journal of Yaşar University*, 28(7), 4708–4721. <https://doi.org/10.19168/jyu.39764>
- Süt, N. İ., Hamurcu, M., & Eren, T. (2019). Kampüste Yeşil Ulaşım Uygulaması : Ring Araçlarının Seçimi için Bir Karar Verme Süreci. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(1), 9–21.
- Tzeng, G. H., Lin, C. W., & Opricovic, S. (2005). Multi-criteria analysis of alternative-fuel buses for public transportation. *Energy Policy*, 33(11), 1373–1383. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2003.12.014>
- www.ego.gov.tr. (2020). www.ego.gov.tr. <https://www.ego.gov.tr/dosya/indir/21925.pdf>
- www.iett.istanbul/tr. (2019). www.iett.istanbul/tr. <https://www.iett.istanbul/tr/main/pages/istanbulda-toplu-ulasim/95>
- Yavaş, M., Ersoz, T., Kabak, M., & Ersoz, F. (2014). Otomobil Seçimine Çok Kriterli Yaklaşım Önerisi - Proposal for Multi-Criteria Approach to Automobile Selection. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 2(4), 110–118.
- Yaykaşlı, M., & Ecemiş, O. (2018). Otomobil Satın Alma Probleminde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Bir Uygulama. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10(26), 977–997. <https://doi.org/10.20875/makusobed.500167>.

