



Doğu Karadeniz Bölgesinde planlanan demiryolu güzergâhlarının AHP ve TOPSIS yöntemleriyle sıralanması ve seçimi

Prioritising and selecting the railway routes planned in the Eastern Black Sea Region with the AHP and TOPSIS methods

Ediz BOZ^{1*}, Ersin TÜRK², Vedat TOĞAN³

¹İnşaat Teknolojisi Programı, Aydıntepe Meslek Yüksekokulu, Bayburt Üniversitesi, Bayburt, Türkiye.

edizboz@bayburt.edu.tr

²Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Mimarlık Fakültesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye.

ersinturk@ktu.edu.tr

³İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye.

togan@ktu.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 31.03.2022

Düzeltilme Tarihi/Revision: 07.11.2022

doi: 10.5505/pajes.2022.72437

Kabul Tarihi/Accepted: 17.11.2022

Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Doğu Karadeniz Bölgesi'nin kalkınması için ihtiyaç duyulan demiryolunun yapımı yaklaşık 110 yıldır tartışılan ve çözüme kavuşmamış bir konudur. Bölgenin jeomorfolojik yapısı ve karayolundaki gelişmeler demiryolu yapımının gecikmesinde rol oynamıştır. Ancak demiryolunda gelişen teknoloji, Türkiye'nin Demir İpek Yolu projesinin bir parçası olması ve yurtdışı bağlantılı yapılan anlaşmalar bölgeye demiryolu yapımını yeniden gündeme getirmiştir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından onaylanan ve yürürlükte olan Çevre Düzeni Planında (ÇDP), Doğu Karadeniz bölgesinin ulusal/uluslararası demiryolu ağıyla bütünleşmesine yönelik dört adet demiryolu güzergâhı planlanmıştır. Bu güzergâhlar; Samsun-Sarp, Trabzon-Erzincan, Of-Erzurum ve Tirebolu-Bayburt'tur. Ancak bu güzergâhların bir kısmı birbirine alternatif olup planlanmış güzergâhların tamamının hayata geçirilmesi büyük maliyet gerektirdiğinden fizibil ve rasyonel değildir. Bu çalışmanın amacı ÇDP'de planlı olan demiryolu güzergâhlarını sıralama ve seçmeye yönelik yöntem geliştirmektir. Bu amaç kapsamında çok kriterli karar verme yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve TOPSIS teknikleri kullanılarak, literatür ve uzman ekip yardımıyla belirlenen 4 kriter ile 10 alt kriterlere göre güzergâhlar sıralanmıştır. Çalışma sonucunda; her iki teknikte de sıralama aynı olmuş ve Samsun-Sarp demiryolunun en öncelikli demiryolu güzergâhı olduğu tespit edilmiştir. Trabzon-Erzincan ikinci, Of-Erzurum üçüncü ve Tirebolu-Bayburt dördüncü olmuştur.

Anahtar kelimeler: Çok kriterli karar verme, Analitik hiyerarşi prosesi, TOPSIS, Güzergâh planlama, Demiryolu.

Abstract

The construction of the railway, which is needed for the development of the Eastern Black Sea Region, is an issue that has been discussed and unresolved for about 110 years. The geomorphological structure of the region and the developments in the highway played a role in the delay of the railway construction. However, the developing technology in the railway, Turkey's being a part of the Iron Silk Road Project, and the agreements made with international connections have brought the railway construction to the region again. In the Environmental Plan (EP) approved and in force by the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change, four railway routes are planned to integrate the Eastern Black Sea region with the national/international railway network. These routes are; Samsun-Sarp, Trabzon-Erzincan, Of-Erzurum and Tirebolu-Bayburt. However, some of these routes are alternatives to each other and are not feasible and rational since the implementation of all planned routes requires great costs. The aim of this study is to develop a method for prioritizing and selecting the railway routes planned in the EP. Within the scope of this purpose, by using Analytical Hierarchy Process (AHP) and TOPSIS techniques, which are multi-criteria decision making methods, the routes were listed according to 4 criteria and 10 sub-criteria determined with the help of literature and expert team. As a result of the study; In both techniques, the order was the same and it was determined that the Samsun-Sarp railway was the most priority railway route. Trabzon-Erzincan came second, Of-Erzurum came third and Tirebolu-Bayburt came fourth.

Keywords: Multicriteria decision making, Analytic hierarchy process, TOPSIS, Route planning, Railway.

1 Giriş

Raylı sistemlerin tarihi Sanayi Devrimi öncesi döneme dayansa da yük ve insan taşımacılığındaki kullanımı özellikle buharlı makinelerin icadıyla birlikte artmıştır. Bu artışın en önemli etkeni olan trenler diğer ulaşım çeşitlerine göre oldukça avantajlı olması sebebiyle dönemin gelişmiş ülkeleri tarafından yoğun bir şekilde kullanılmıştır. Boyut, hız, kapasite, güvenlik, yakıt tüketimi gibi özellikleri geliştirilen trenlerin günümüzde de diğer ulaşım çeşitlerine göre avantajları hala devam etmektedir. Özellikle karayolları ile kıyaslandığında elektrifikasyonu tamamlanmış (yakıt tüketiminde dizel, kömür vb. kullanımından elektrik kullanımına geçilmiş) bir demiryolu

tren işletmeciliği yakıt tüketimi, emisyon salınımı, hız, güvenlik, trafik yoğunluğu ve taşımacılık maliyeti gibi faktörlerde oldukça öne çıkmaktadır [1]-[5]. Bu durum farklı ulaşım araçlarının birlikte kullanıldığı taşımacılık sisteminde denizyolu-karayolu yerine denizyolu-demiryolu ulaşım seçeneğinin tercih edilmesine yol açmaktadır.

Doğu Karadeniz Bölgesinin ulusal/uluslararası demiryolu ağıyla bütünleşmesi, demiryolları ile yük ve yolcuların daha ekonomik ve hızlı bir şekilde iletilmesini ve bölgedeki ticaret hacminin ve refah seviyesinin artmasını sağlayacaktır. Bölge aktif bir ihracata, uluslararası havalimanlarına, faal limanlara, üniversitelere sahip olmasına rağmen demiryolunun bulunmaması sanayi ve ulaşım konusunda bölgeyi

*Yazışılan yazar/Corresponding author

zayıflatmaktadır. Kuzey-güney ya da doğu-batı istikametinde bir demiryolu bulunması Trabzon Limanından daha fazla yararlanılmasına ve bölgesel kalkınmanın sağlanmasına hizmet edecektir [6]. Trabzon-Hatay güzergâhında yapılan bir taşımacılık analizinde sadece karayolu kullanılarak yapılan ulaşımın ekonomik açıdan oldukça verimsiz olduğu, demiryolu ulaşımı ile yükün Samsun'a götürülüp oradan Trabzon'a götürülmesinin bile en kısa güzergâha sahip karayolu ulaşımından daha az maliyetli olduğu tespit edilmiştir [5]. Bu gerçek Trabzon limanına demiryolu bağlantısının lojistik önemini de açığa çıkartmaktadır.

Doğu Karadeniz'e demiryolu yapılması yeni ortaya çıkmış bir fikir değildir. Yaklaşık 110 yıldır tartışılan ve hala çözüme kavuşmamış bir konudur. Doğu Karadeniz'deki en önemli limanlardan birine sahip olan Trabzon'a demiryolu yapılması ilk olarak İkinci Meşrutiyetin ilanından sonra gündeme gelmiştir [7]. Üretim ve istihdamın artması, bölge halkının göç etmemesi, yeraltı zenginliklerinin kullanılması için dönemin Trabzon Valisi tarafından da gerekli görülen demiryolu projesi o dönemki maddi sıkıntılardan dolayı gerçekleştirilememiştir [8]. Cumhuriyetin ilanından sonra da gündeme gelen projenin inşası mecliste kabul edilmesine rağmen başta siyasi ve ekonomik olmak üzere çeşitli sebeplerden dolayı gerçekleştirilememiştir [9]. İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra da Türkiye Cumhuriyeti demiryolu politikasından vazgeçmiş ve karayoluna ağırlık vermiştir [3]. Ancak gelişen teknoloji ve ticaret yolları demiryolunun önemini bir kez daha gündeme getirmiştir. Türkiye'nin Avrupa-Kafkasya-Asya koridorunu birbirine bağlayan modern İpekyolu projesinin bir parçası olması ve bu konuda imzalanan anlaşmalar da demiryoluna teknolojik ve altyapı yatırımlarının yapılması ihtiyacını doğurmaktadır [10]. Devletin ilgili kurumlarının hazırladığı stratejik planlarda da bu konuya kayıtsız kalınmadığı

görülmektedir. Trabzon'un Avrupa-Kafkasya-Asya koridoruna da yakın olması yapılan yatırımlardan pay alması gerektiğini göstermektedir.

1.1 Türkiye'deki mevcut demiryolu durumu

Türkiye'de 2019 yılı itibarıyla 11590 km'si konvansiyonel 1213 km'si yüksek hızlı hat olmak üzere toplam 12803 km uzunluğunda demiryolu hattı bulunmaktadır [11]. Şekil 1'de Türkiye'de bulunan mevcut konvansiyonel, elektrikli ve yüksek hızlı demiryolu hatlarının yanı sıra yapımı ve projesi devam eden demiryolu hatları gösterilmektedir.

Tablo 1'de 2015-2019 yılları arasındaki demiryolu hat uzunluklarının istatistikleri verilmektedir. Bu istatistiklere bakıldığında 2015-2019 yılları arasında 271 km yeni demiryolu hattının hizmete sunulduğu görülmektedir. Ayrıca 5 yıllık süreç içerisinde toplam 1899 km'lik demiryolu hattının elektrifikasyon çalışmaları da tamamlanmıştır. Elektrifikasyon işlemi işletme maliyeti, karbon salınımı ve yakıt tüketiminde verimlilik sağlamaktadır [11]. Bu sebeple hatların elektrifikasyon işlemlerinin tamamlanması da demiryolunun verimli kullanımı açısından önemli bir gelişmedir.

Tablo 1. Mevcut Hat Uzunlukları (km).

	2015	2016	2017	2018	2019
Elektrikli	3854	4350	4660	5365	5651
Elektriksiz	8678	8182	7948	7375	7152
Toplam	12532	12532	12608	12740	12803



Şekil 1. Mevcut durum elektrifikasyon haritası [11].

Figure 1. Current situation electrification map [11].

1.2 Doğu Karadeniz Bölgesi'ne yapılması planlanan demiryolu güzergahları

İlk onay tarihi 24.06.2011 olan ve ardından Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın 17.08.2016 tarih ve 14077 sayılı Bakanlık Makamı Olur'u ile revize edilen Ordu-Trabzon-Rize-Giresun-Gümüşhane-Artvin Planlama Bölgesi 1/100.000 Ölçekli Çevre Düzeni Planında (ÇDP) dört adet demiryolu güzergâhı planlanmıştır [12]. Anılan ÇDP'nin plan açıklama raporunun ulaşım kademelenmesi ve kararları kısmında: "Planlama Bölgesi'nin ulaşım kademeleri arası bütünleşme sağlanırken, aynı zamanda mevcutta zayıf olan doğu ve güney bağlantıları güçlendirilmiştir. Bu süreçte farklı ulaşım türleri (demiryolu, karayolu, denizyolu, havayolu) birbiri ile bütünleştirilerek yoğunluk dağıtılmış ve etkileşim sağlanmıştır. Özellikle doğu-batı ve kuzey-güney bağlantıları ile kurulan aksta kentsel ve kırsal odaklar oluşturularak çeşitli hizmetlerin bölgenin tamamına sunulabileceği bir yapı geliştirilmiştir" [13] ifadesi ile bölgede kademeli ve bütünleşik bir ulaşım sistemi öngörüldüğü açıklanmaktadır.

Anılan ÇDP açıklama raporunda demiryoluna ilişkin olarak: "Plan kapsamında Samsun-Sarp demiryolu bağlantısı kurularak, bölgenin Batum-Samsun ve iç bölgelere olan bağlantısı süreklileştirilmiştir. Bu demiryolu hattı ile özellikle yük taşımacılığına rahat ve etkin bir gelişim alanı tanımlanırken, liman-demiryolu-karayolu ağları birbirlerine entegre edilmiştir. Sahil hattında kurulan bu demiryolu hattının, Tirebolu-Gümüşhane-Bayburt, Of-Çaykara-Bayburt-Erzurum, Trabzon Merkez İlçe Erzincan hatları ile iç bölgelerle olan ilişkisi de kurulmuştur. Bununla birlikte Ordu-Giresun ve Trabzon-Rize akslarında çift yönlü şehir içi demiryolu geçişi sağlanacaktır" [13] ifadesi ile demiryoluna ilişkin plan kararları açıklanmıştır.

Planlanan güzergâhlardan biri Samsun'dan başlayarak Sarp Sınır Kapısına kadar giden, Ordu, Giresun, Trabzon, Rize ve Artvin illerinin sahil bölgelerinden geçen Samsun-Sarp demiryoludur. Planlanan bu demiryolunun toplam uzunluğu yaklaşık 470 km'dir. Ortalama arazi eğimi demiryolu yapımına çok uygun olup genel olarak sahil şeridindeki karayolunu paralel olarak takip etmektedir. Ilıman iklime sahip hat yolunda Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2020 verilerine göre toplam 2,535,882 kişi ikamet etmektedir (Ordu-Giresun-Trabzon-Rize-Artvin). Samsun'daki mevcut demiryolundan başlayan hattın kesintisiz olarak yurtdışına kadar devam etmesi planlanmaktadır. Hattın geçtiği illerin 2020 yılı ihracat hacmi ise 1,773,931,000 \$'dır [14].

Doğu Karadeniz bölgesinde planlanan ikinci demiryolu güzergâhı Tirebolu-Bayburt hattıdır. Tirebolu'dan başlayarak Gümüşhane'nin iç kesimlerinden geçen ve Bayburt'a kadar ilerleyen demiryolu hattının toplam uzunluğu yaklaşık 190 km'dir. Demiryolu hattının geçtiği bölge genellikle dağlık bir topografya sahiptir ve karasal iklim hâkimdir. Tirebolu-Bayburt hattı üzerinde toplam 704,965 kişi ikamet etmektedir (Giresun-Gümüşhane-Bayburt). Hattın geçtiği illerdeki 2020 yılı ticaret hacmi 298,043,000 \$'dır [14]. Ayrıca Tirebolu Limanı ile Bayburt'u birbirine bağlayan hattın Erzurum demiryoluna bağlanabilmesi için ek demiryolu hattı yapılması gerekmektedir.

Planlanan üçüncü demiryolu güzergâhı Of-Erzurum hattıdır. Of dan başlayarak Bayburt'tan geçen ve Erzurum demiryoluna bağlanan hattın toplam uzunluğu yaklaşık 150 km'dir. Hattın eğimi fazla ve karasal iklim bölgelerinden geçmektedir. Bu hat

üzerinde toplam 890,955 kişi ikamet etmektedir (Trabzon-Bayburt). Hat üzerindeki illerin 2020 yılı ihracat hacmi 1,057,614,000 \$'dır [14].

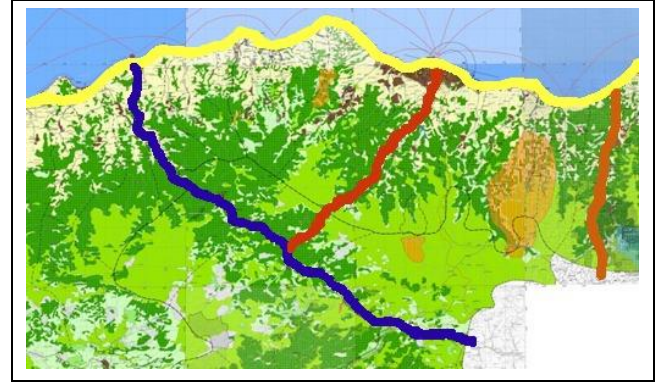
Dördüncü güzergâh olan Trabzon-Erzincan demiryolu hattı ise Trabzon merkezinden başlayıp güney istikametinde Gümüşhane Torul'dan geçerek Erzincan demiryoluna bağlanmaktadır. Bu güzergâhın toplam uzunluğu yaklaşık 230 km ve ortalama eğim diğer kuzey-güney hatlarında olduğu gibi fazladır. Zigana Dağı sonrasında karasal iklimin hâkim olduğu yol güzergâhı boyunca toplam 989,373 kişi ikamet etmektedir (Trabzon-Gümüşhane). Bu güzergâhtaki illerin yıllık ticaret hacmi 1,095,683,000 \$'dır [14].

Şekil 2'de Google Earth uydu görüntüsünde ve Şekil 3'te yürürlükteki ÇDP'de farklı renklerde çizim yapılarak planlanan demiryolu güzergâhları şematik işaretlenmiştir. Samsun-Sarp demiryolu sarı, Tirebolu-Bayburt demiryolu mavi, Of-Erzurum demiryolu turuncu, Trabzon-Erzincan demiryolu yeşil ve mevcut demiryolları kırmızı renk ile gösterilmiştir.



Şekil 2. Planlanan demiryolları güzergâhları ve uydu görüntüsü.

Figure 2. Planned railway routes and satellite imagery.



Şekil 3. ÇDP'de planlanan demiryolları güzergâhları.

Figure 3. Railway routes planned in the CDP.

1.3 Güzergâh belirleme konusunda yapılmış çalışmalar

Ulaştırma projeleri sosyal, ekonomik, askeri ve siyasi başta olmak üzere birçok alanda ülke gelişimine katkı sağlayan; ancak yapımı için de büyük miktarda bütçe ayrılması gereken projelerdir. Ulaştırma projelerinin özellikle ilk yapım maliyetlerinin boşa harcanmaması, bakım-onarım maliyetlerinin istenilen seviyede tutulması, ülke ekonomisine katkısının maliyetinden fazla olması ve en iyi şekilde hizmet verebilmesi için güzergâhının doğru bir şekilde belirlenmesi gereklidir. Bilimsel çalışmalarla projedeki alternatif güzergâhlar tespit edilmeli ve önemli kriterlere göre alternatiflerin seçilmesi sağlanmalıdır. Literatürde güzergâh

belirleme konusundaki bilimsel çalışmaların başında çok kriterli karar verme yöntemlerinin olduğu görülmektedir [15]-[24].

Çok kriterli karar verme yöntemleri genellikle aynı amaca hizmet eden birden fazla kriter olduğunda, bu kriterlere sahip birden fazla alternatif var olduğunda ve bu alternatifler arasında düşünerek sağlıklı bir çözüm üretmenin zor olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Ulaştırma projelerinde de böyle bir durum söz konusudur. En iyi yol güzergahını tespit etmek amaçlandığında bu amaca hizmet edecek birçok kriter bulunmaktadır. Bu kriterlere sahip birçok alternatif güzergâh da bulunmaktadır. Bu durumda sistematik bir yöntemle karar vermemek ve bu konuda zaman harcamamak ileride daha büyük problemlere yol açabilmektedir. Örneğin Ankara-İstanbul Yüksek Hızlı Tren hattının toplumsal fayda açısından optimum güzergahının belirlenmesi için mevcut olanlardan daha farklı güzergahlar önerilmiş ve alternatifler arasında 9 kritere bağlı olarak 3 farklı çok kriterli karar verme yöntemi uygulanmış ve elde edilen sonuçta yapılması gereken güzergahın tekrar gözden geçirilmesi tavsiye edilmiştir [21]. Yine İstanbul'da yapılması planlanan raylı sistem projelerini Yücel ve Taşabat [20], çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP yöntemini kullanarak önceliklendirmişlerdir. Gür ve diğ. [17], Ankara Büyükşehir Belediyesi'nde monoray projelerinin seçiminde AHP ve 0-1 hedef programlama yöntemlerini kullanmışlardır. Süt ve diğ. [19], Ankara-Sivas Yüksek Hızlı Tren hat güzergahını AHP yöntemi kullanarak değerlendirmiştir. Hamurcu ve Eren [18], AAS ve AHP yöntemlerini kullanarak İstanbul'da yapılması planlanan raylı sistem projeleri arasında öncelikli olanı belirlemeye çalışmışlardır.

Türkiye'de olduğu gibi dünyada da çok kriterli karar verme yöntemleri uygulanarak ulaştırma projelerinin güzergâhları değerlendirilmiştir. Li ve diğ. [25], farklı ulaştırma araçlarının birlikte kullanıldığı bir güzergâh seçimi konusunda coğrafi bilgi sistemi ve AHP yönteminden yararlanmışlardır. Beiler ve Treat [26], Amerika'nın Philadelphia şehrindeki alternatif demiryolu güzergâhlarında coğrafi bilgi sistemi ve AHP yönteminden yararlanarak proje ve konum önceliklendirme çalışması yapmışlardır. Bu çalışma kapsamında sürdürülebilirlik, çevresel, ekonomik ve toplumsal kriterleri ele almışlardır. Shang ve diğ. [27], Çin'in Ningbo kentinde ulaşım projelerini değerlendirmek için çok kriterli karar verme yöntemlerinden Analitik Ağ Süreci yöntemini kullanmışlardır. Nosal ve Solecka [28], Polonya'nın Krakov şehrinde ekonomik, sosyal, çevresel ve teknik kriterlerle birlikte AHP yöntemini kullanarak kentsel toplu taşıma güzergâhlarının seçimiyle ilgili çalışmalar yapmışlardır. Stoilova ve diğ. [22], demiryolu taşımacılığının değerlendirilmesi için altyapısal, ekonomik ve teknolojik kriterler ile birlikte çok kriterli karar verme yöntemleri uygulamışlardır. Görüldüğü gibi ulaştırma projelerinin güzergâhlarının belirlenmesinde genellikle çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP yöntemi kullanılmaktadır.

Süt ve diğ. [29] Kırıkkale Üniversitesi kampüsü için çevreye duyarlı en uygun ring aracı seçiminde AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Alakaş ve diğ. [30] ise Kırıkkale Üniversitesi kampüsü ile kent merkezi arasındaki ulaşım da toplu taşıma araçlarının seçiminde AHP ve TOPSIS yöntemlerini birlikte kullanmışlardır.

1.4 Çalışmanın amacı

Doğu Karadeniz'e yaklaşık 110 yıldır yapılması beklenen ve Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından

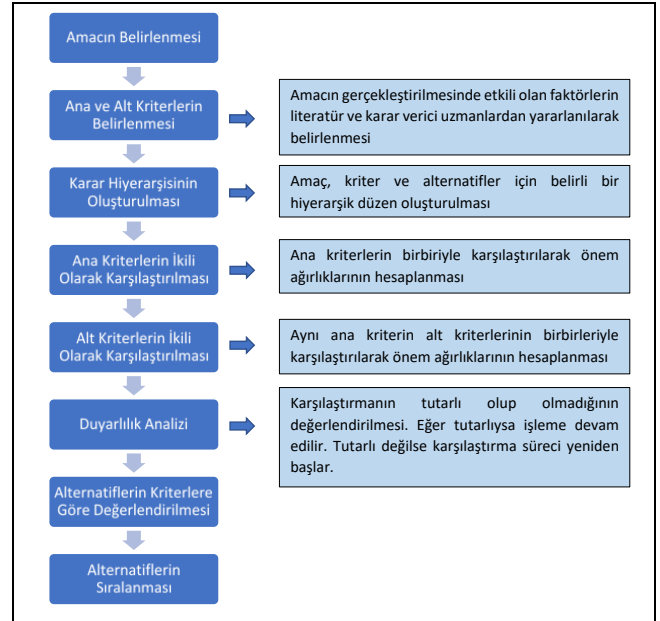
onaylanan yürürlükteki ÇDP'deki demiryolu güzergâhlarının hepsinin aynı anda yapılması büyük yatırım gerektirmektedir. Bu çalışmanın amacı AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanarak alternatif güzergâhlar arasında en öncelikli olanın belirlenmesi ve alternatiflerin sıralanmasıdır.

2 Yöntem

Bu çalışma kapsamında Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın Doğu Karadeniz Bölgesini kapsayan ÇDP'de dört demiryolu hattı alternatif olarak belirlenmiştir. Bu alternatiflerin sıralanması için çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve TOPSIS kullanılmıştır. Bu çalışmada, AHP ve TOPSIS algoritmalarını uygulamak için işlem adımlarının matematiksel alt yapısı üyelenmiş ve bir Microsoft Excel© şablonu geliştirilmiştir.

2.1 AHP yöntemi

Thomas L. Saaty [31] tarafından geliştirilen AHP yöntemi, ekonomik, sosyal ve teknik konularda oldukça sık kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. AHP yönteminde birçok alternatif, çeşitli kriterler doğrultusunda önem sırasına göre sıralanır. Bu sıralama aşamasında nicel veya nitel kriterler, karar vericilerin tercihleri, deneyimleri, bilgi ve düşünceleri sürece dahil edilir [31]-[33]. Şekil 4'te AHP'nin uygulama şeması gösterilmektedir.



Şekil 4. AHP uygulama şeması.

Figure 4. AHP application diagram.

AHP; ayrıştırma, karşılaştırmalı yargılama ve önceliklerin sentezi şeklinde üç ilke ve aşamayı içerir [31]. AHP'de ilk aşama karar problemini hiyerarşiye ayırmaktır. Genellikle hiyerarşik yapı yukarıdan aşağıya doğru: amaç, hedefler, kriterler/nitelikler, alt-kriterler ve alternatifler şeklinde sıralanır. Çalışmanın amacına bağlı olarak hiyerarşide kademe sayısı ve sıralama değişebilir.

İkinci aşama, karar unsurlarının ikili karşılaştırılmasıdır. AHP'deki ikili karşılaştırmalar temel ölçümdür. İkili karşılaştırma matrisinde, her bir kriter bir seviye üstteki bileşenine göre diğer kriterlerle karşılaştırılır. Karşılaştırmalar yapılırken Tablo 2'deki önem derecelerine göre karşılaştırma matrisinin satırındaki kriter, sütundaki kriterden daha önemli

olduğunda 1 ile 9 arasında bir değer; tersine, sütundaki kriter satırdaki kriterden önemli olduğunda 1/2 ile 1/9 arasında bir değer alır. İkili karşılaştırmanın bir sonucu olarak, matrisin en büyük özdeğerine karşılık gelen özvektör kriterlerin göreceli önceliklerini ifade eder. Böylece çeşitli kriterlerin nispi/görece önemini yansıtan ağırlık vektörü elde edilir.

Tablo 2. İkili karşılaştırma ölçeği [31].
Table 2. Pairwise comparison scale [31].

Önem Derecesi	Tanımı	Açıklama
1	Eşit derecede önem	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunur
3	Orta derecede önem	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine orta derecede tercih ediyor.
5	Kuvvetli derecede önem	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine kuvvetli bir şekilde tercih ediyor.
7	Çok kuvvetli derecede önem	Bir faaliyet güçlü bir şekilde tercih ediliyor ve uygulamada baskınlığı rahatlıkla görülmüyor.
9	Mutlak derecede önem	Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar büyük güvenilirliğe sahip
2, 4, 6, 8	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değer

İkili karşılaştırma yaparken karar vericinin verdiği puanların birbiri ile uyumlu olması gerekmektedir. Sübjektif algıların tutarlılığını ve göreceli ağırlıkların doğruluğunu sağlamak için Tutarlık İndeksi (CI) ve Tutarlık Oranı (CR) olmak üzere iki katsayı kullanılmaktadır. Uyumluluğun testi için her bir karşılaştırma matrisi için tutarlılık oranı (CR) hesaplanmaktadır. Tutarlılık oranı, matris kararlarının rastgele üretilme olasılığını belirtmek için kullanılır. Tutarlık İndeksinin (CI) hesaplanabilmesi için aşağıdaki formül kullanılır.

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

Burada, CI tutarlılık indeksi olup tutarlılıktan sapmayı gösterir, λ_{max} matrisin en büyük özdeğeridir ve n matristeki eleman (kriter/altkriter) sayısıdır.

Tutarlılık oranı (CR) aşağıdaki formül ile hesaplanır;

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

Burada, RI Rastgele değer indeksini temsil etmektedir. Farklı eleman sayılarına (n) göre RI değerleri Tablo 3'te yer almaktadır. 0.1 veya daha düşük bir tutarlılık oranı (CR) makul bir tutarlılık seviyesidir. 0.1'in üzerindeki bir tutarlılık oranı, tutarsız değerlendirme nedeniyle matristeki önem

derecelerinin revize edilmesini gerektirmektedir. Her bir karşılaştırma matrisinde 7 ± 2 kriter/alt kriterin karşılaştırılabilir seviyede olduğu belirtilir; şayet kriter/alt-kriter 9'dan fazla ise alt gruplara bölünmesi tavsiye edilmektedir [31].

Üçüncü aşama, genel (bileşik) ağırlıkların hesaplanmasıdır. İkinci adımda hesaplanan seviyelerin görece/nispi ağırlıkları, genel ağırlıklar elde etmek için bir araya getirilir. Bunun için sırayla her bir alt-kriter veya kritere ait görece ağırlığın aşağıdan yukarıya doğru hiyerarşik bir şekilde her bir seviyedeki ilgili alt-kriterin, kriterin ve hedefin göreceli ağırlığıyla çarpılması gerekir. Bu değerler, genel hedefe göre kriter veya alt-kriterlerin göreceli ağırlığını göstermektedir. Bu çalışmada da üç aşamalı bir süreç izlenmiştir.

2.2 Kriterlerin belirlenmesi

Kriterlerin belirlenmesinde güzergâh seçimi alanında yapılan yayınlardaki kriterler ve uzman ekipten yararlanılmıştır. Uzman ekip, şehir bölge ve planlama ile ilgili çalışmalar yapan akademisyenlerden ($n=3$), inşaat mühendisliği ulaştırma anabilim dalında çalışmalar yapan akademisyenlerden ($n=3$) ve TCDD Genel Müdürlüğünde çalışan 5 kamu personelinin oluşmaktadır. Belirlenen kriterler ve açıklamaları aşağıdaki gibidir.

2.2.1 Maliyet

Demiryolu her ne kadar kullanım aşamasında diğer ulaşım çeşitlerine göre avantajlı olsa da büyük miktarda ilk yatırım maliyeti gerektirmektedir. Bu çalışmada kullanılan maliyet kriteri, demiryolu hattının yapımında, kullanımında ve bakımında oluşacak maliyetleri ifade etmektedir. Demiryolunun yapımında maliyeti etkileyecek en önemli etkenlerden birisi eğimdir. Dünya standartlarında demiryolu hatları için kabul edilebilir maksimum eğim %1'dir [3]. Eğim %1'in üzerine çıktığında vagonlarda taşınabilecek ağırlığın azaltılması gerekmektedir. Ayrıca yakıt tüketimi, hız gibi faktörler de eğimden olumsuz etkilenmektedir. Eğim şartının sağlanabilmesi için arazinin duruma göre güzergâh boyunca birçok köprü ve viyadük yapılması gerekebilmektedir. Ayrıca maliyetin iyi bir şekilde hesaplanabilmesi için yapılması planlanan demiryolu güzergâhı boyunca zemin durumunun iyi bilinmesi gerekir. Zemin durumu hem yarma dolgudaki masrafları hem de tünel köprü duvar gibi sanat yapılarının masraflarını ortaya çıkartmaktadır. Alternatifler arasından seçim yapılırken maliyetin düşük olması istenmektedir.

2.2.2 Ticaret

Demiryolunun avantajlarından birisi de düşük taşıma maliyeti sayesinde geçtiği bölgedeki ticari hacmi arttırmasıdır. Ticaret kriteri, demiryolu hattının geçtiği bölgelerin dış ticaret hacmini ifade etmektedir. Alternatifler arasında seçim yapılırken ticaret kriterinin yüksek olması istenmektedir. Demiryolunun ticaret amaçlı kullanım miktarı ne kadar artarsa bölge kalkınmasına da o kadar fazla etki edeceği düşünülmektedir.

Tablo 3. Rastgele değer indeksi.

Table 3. Random value index.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rastgele Değer İndeksi	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

2.2.3 Nüfus

Demiryolu sadece yük taşımacılığı için değil insan taşımacılığı için de kullanılmaktadır. Demiryolu ulaşımından yararlanacak insan sayısının fazla olması da bölge kalkınmasına etki etmektedir. Bu sebeple demiryolu güzergâhından yararlanacak maksimum insan sayısı da güzergâh seçiminde önemli bir etkidir.

2.2.4 Güvenlik

Bu çalışmada demiryolu hattının geçtiği bölgedeki deprem, terör, heyelan, sel vb. durumların olma olasılığı güvenlik kriteri altında değerlendirilmiştir. Bahsedilen durumların az olması güzergâhın daha güvenli olduğu anlamına gelmektedir.

2.2.5 İklim

Demiryolu bölge iklim şartlarından karayoluna göre daha az etkilense de hattın bakım-onarım ve ulaştırma devamlılığı açısından etkili bir faktördür. Alternatifler arasında seçim yapılırken demiryolu güzergâhının geçtiği bölgedeki iklimin mevsimlere göre hava sıcaklık değişiminin daha düşük olması istenmektedir.

2.2.6 Uzunluk

Uzunluk kriteri demiryolu güzergâhının toplam hat uzunluğunu ifade etmektedir. Bu çalışma kapsamında öncelikli alternatif güzergâhtan beklenen minimum mesafede maksimum fayda sağlamasıdır. Demiryolunun uzunluğu hem ilk yapım hem de bakım onarım masrafına etki etmektedir.

Ayrıca ulaşım kontrolünü de zorlaştırmaktadır. Bu sebeple alternatifler arasından seçim yapılırken uzunluğun düşük olması istenmektedir.

2.2.7 Bağlantı

Bağlantı kriteri demiryolu hattının diğer ticaret yollarına ve demiryolu hatlarına bağlanabilirliğini ifade etmektedir. Demiryolunun etkin bir şekilde kullanılabilmesinde bağlantı kriteri de önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle lojistik açısından demiryolu güzergâhının başka bir demiryoluna veya limana bağlanması istenmektedir.

2.2.8 Hız

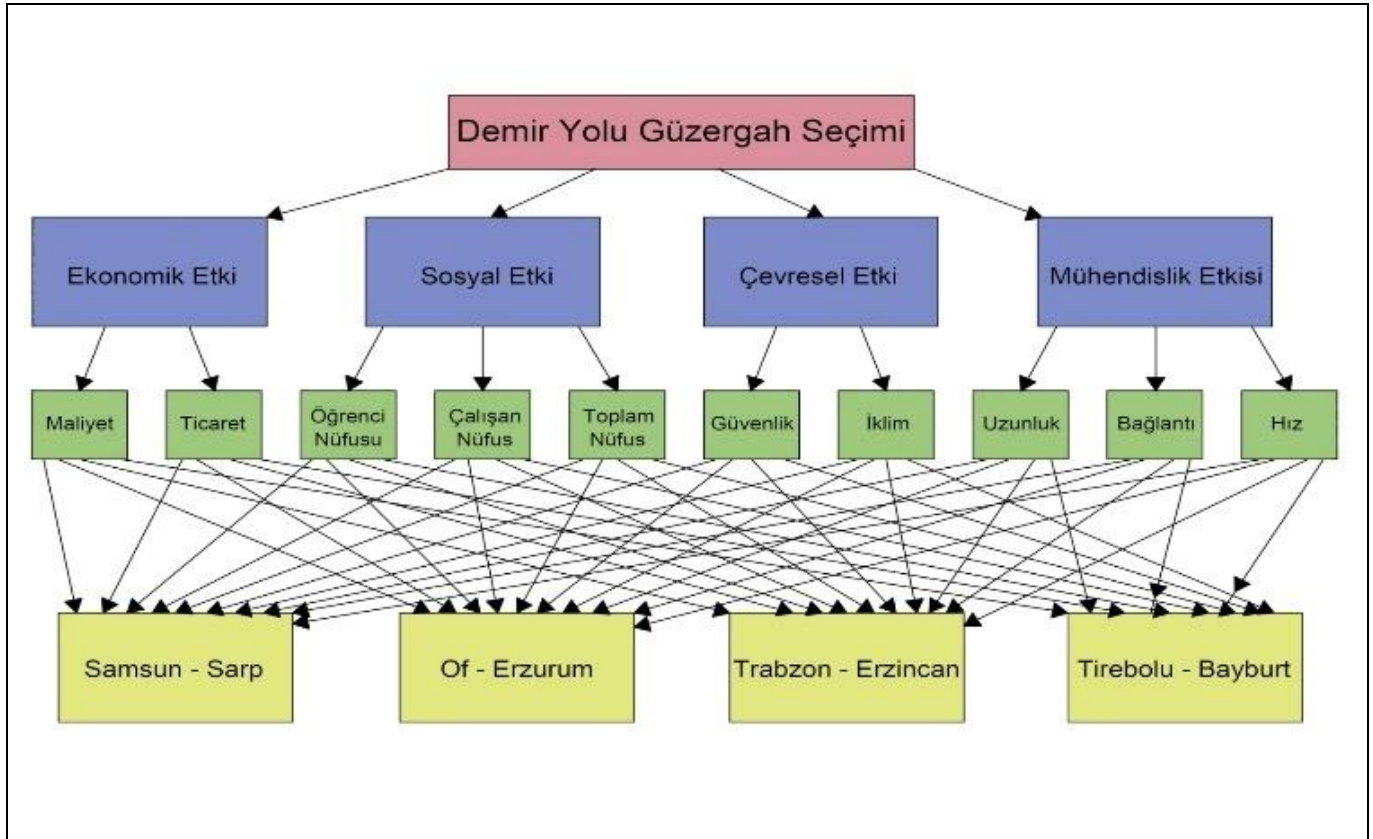
Demiryolu hattından geçecek araçların hattı tamamlamaları için gereken seyahat sürenin kısa olması demiryolu güzergâhının seçilme sebeplerinden birisidir.

2.3 Hiyerarşik yapı

AHP yönteminde kriterler belirlendikten sonra hiyerarşik yapının oluşturulması gerekmektedir. Çalışmanın amacı, bu amaca hizmet eden alt ve üst kriterler ile alternatiflerin bulunduğu hiyerarşik yapı Şekil 5'te gösterilmektedir.

2.4 İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması

Bundan sonraki aşamada oluşturulan hiyerarşik yapıya göre ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Bu çalışmada ele alınan dört demiryolu güzergâhı hakkında net bir fizibilite çalışması yapılmamış olması sebebiyle alternatifler arasında da uzmanlara danışılarak ikili karşılaştırmalar yapılmıştır.



Şekil 5. Hiyerarşik yapı.

Figure 5. Hierarchical structure.

11 uzman karar vericinin kriterleri ikili karşılaştırmaları sonucu elde edilen ağırlık puanlarına tutarlılık analizi uygulanmış ve karar vericilerin kıyaslamalarının tutarlı olduğu anlaşılmıştır. Uzman ekip, şehir bölge ve planlama ile ilgili çalışmalar yapan akademisyenlerden, inşaat mühendisliği ulaştırma anabilim dalında çalışmalar yapan akademisyenlerden ve TCDD Genel Müdürlüğünde çalışan kamu personellerinden oluşmaktadır. Grup üyeleri birbirinden bağımsız ve ayrı ortamlarda görev yapmaktadır. Bu sebeple 11 uzmanın her bir kriter için verdikleri kıyaslama puanlarının geometrik ortalamaları alınarak karar matrisi oluşturulmuştur [34]. İşlem adımlarının tamamı Microsoft Excel© programında hesaplanmıştır.

2.5 İkili karşılaştırma matrislerinin normalize edilmesi

İkili karşılaştırma matrisi oluşturulduktan sonra formül (3)'teki gibi kriterlerin normalize değerleri her bir kriterin bulunduğu sütundaki bütün sayıların toplamına bölünmesiyle elde edilir.

$$a_{ij}^* = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (3)$$

2.6 Kriter ağırlıklarının hesaplanması

Normalize değerler hesaplandıktan sonra formül (4)'te gösterildiği gibi her bir kriterin diğer kriterlere göre satır boyunca aldığı değerlerin aritmetik ortalaması alınarak kriterlerin ağırlıkları elde edilir.

$$W_i = \left(\frac{1}{n}\right) \times \sum_{j=1}^n a_{ij}^* \quad (4)$$

2.7 Tutarlılık analizi

Tutarlılık analizinin yapılabilmesi için öncelikle özdeğer (λ_{maks}) bulunmalıdır. Bunun için ikili karşılaştırma matrisi ile normalize değerler matrisi birbirleriyle matris çarpımı yapılarak ağırlıklı toplam vektör (λ) değeri bulunur. Bulunan λ vektöründe her bir kriter karşılık gelen değerler kriter ağırlıklarına bölünür. Elde edilen sonuçların aritmetik ortalaması alınarak λ_{maks} değeri bulunur. Bu değerler hesaplandıktan sonra tutarlılık indeksi ve tutarlılık oranı da formül (1) ve (2)'deki gibi hesaplanır.

2.8 Alternatiflerin kriter ağırlıklarına göre değerlendirilmesi

Kriterlerin normalize değerleri, ağırlıkları ve tutarlılıkları hesaplandıktan sonra aynı işlemler her bir alt kriter değerlerinin hesaplanmasında da uygulanmıştır. Alt kriterlerin de değerleri elde edildikten sonra alternatifler de her bir alt kriter göre ikili karşılaştırma yöntemiyle değerlendirilmiştir.

2.9 TOPSIS yöntemi

Hwang ve Yoon [35] tarafından geliştirilen ve kriter ağırlıklarının belirlendiği AHP yöntemiyle oldukça sık kullanılan TOPSIS yöntemi, alternatiflerin ideal çözüme uzaklığı ve yakınlığını dikkate almaktadır [36]. TOPSIS tekniğinde, AHP'deki alt-kriterler ve alternatifler kullanılmıştır. Yöntem adımları karar matrisinin oluşturulmasıyla başlamaktadır. Formül (5)'te gösterilen karar matrisinin satırları alternatifleri, sütunları ise kriterleri göstermektedir.

$$D_{ij} = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & d_{2n} \\ d_{i1} & d_{i2} & d_{in} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Karar matrisi oluşturulduktan sonra (6) numaralı eşitlik kullanılarak karar matrisinin her bir kriterine ait değerlerin kareleri toplamının karekökü alınır. Sütunun ilgili elemanın bu çıkan değere bölünmesiyle normalize karar matrisi elde edilir.

$$D_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n d_{ij}^2}} \quad (6)$$

Normalize karar matrisi de oluşturulduktan sonra AHP yöntemiyle belirlenen kriter ağırlıkları normalize edilmiş karar matrisi elemanlarıyla çarpılarak (7) numaralı eşitlikte gösterildiği gibi ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi elde edilir.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} W_1 r_{11} & W_2 r_{12} & W_n r_{1n} \\ W_2 r_{21} & W_2 r_{22} & W_n r_{2n} \\ W_i r_{i1} & W_i r_{i2} & W_i r_{in} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisinde alternatiflerin her bir kriter göre aldığı değerlere bakılarak en ideal ve negatif ideal (en kötü) değerler tespit edilir. (8) numaralı eşitlikte en ideal değer tespiti, (9) numaralı eşitlikte ise negatif ideal değer tespiti gösterilmektedir. Eğer kriter fayda kriteriyse (I) en yüksek değer en ideal değer olarak alınır. Eğer kriter maliyet kriteriyse (J) en düşük değer en ideal değer olarak alınır.

$$A^* = \{ \{ \max_i v_{ij} | j \in I \}, \{ \min_i v_{ij} | j \in J \} \} \quad (8)$$

$$A^- = \{ \{ \min_i v_{ij} | j \in I \}, \{ \max_i v_{ij} | j \in J \} \} \quad (9)$$

İdeal değerler tespit edildikten sonra her alternatifin pozitif ve negatif ideal çözümlere uzaklığı (10) ve (11) numaralı eşitlikler kullanılarak hesaplanır.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (10)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (11)$$

Son olarak alternatiflerin ideal çözüme göreli yakınlığı (12) numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanır. C* sıfır ile bir arasında bir değer alır. Bire en yakın değer alan alternatif en uygun alternatif olarak sıralanır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (12)$$

3 Bulgular ve yorumlar

AHP ve TOPSIS tekniklerinde alternatiflerin sıralaması aynı olup yüksek puandan düşüğe doğru sıralama Samsun-Sarp, Trabzon-Erzincan, Of-Erzurum ve Tirebolu-Bayburt şeklinde gerçekleşmiştir.

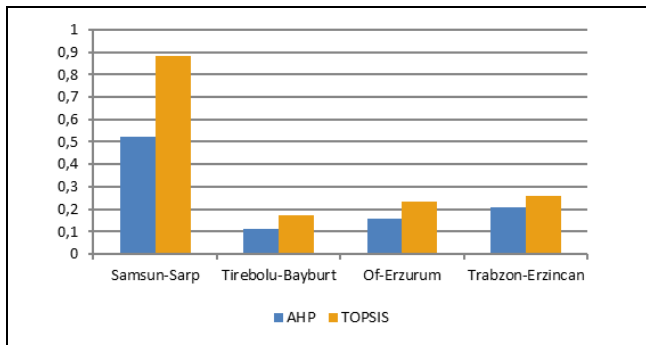
Tablo 4'te AHP yöntemine göre kriterlerin, alt kriterlerin, alternatiflerin ve alternatiflerin nihai tercih sıralamaları yer almaktadır. Alternatiflerin sıralanabilmesi için ait olduğu kriter ağırlık puanları, alt kriter ağırlık puanları ve alternatiflerin kendi ağırlık puanları birbirleriyle çarpılır. Her kriter için elde edilen bu değerler toplanır. Alternatifler yüksek değerden düşüğe doğru sıralanır.

AHP yönteminde yapılan işlemler sonucu kriter ağırlıkları 0,286 (ekonomik), 0,095 (sosyal), 0,213 (çevresel) ve 0,406

(mühendislik) olarak hesaplanmıştır. Bu durum katılımcıların demiryolu güzergâh seçiminde ekonomik ve mühendislik kriterlerinin çevresel ve sosyal kritere göre daha önemli olduğunu düşündüklerini göstermektedir. Tutarlılık indeksinin rastgele indekse bölünmesiyle elde edilen tutarlılık oranı da yaklaşık 0.057242 bulunmuştur. Bu da yapılan değerlendirmelerin tutarlı olduğunu göstermektedir. Kriterlerin normalize değerleri, ağırlıkları, ağırlıklı toplam vektörü, özdeğeri, tutarlılık indeksi ve tutarlılık oranı Tablo 5'te gösterilmektedir.

En yüksek ağırlık puanlarını alan alt kriterler ise ticaret, güvenlik, hız ve toplam nüfus olmuştur. Bu da katılımcıların ticaret alt kriterini maliyet alt kriterinden, güvenlik alt kriterini iklim şartlarından, hız alt kriterini bağlantı ve uzunluktan, toplam nüfusu ise öğrenci ve çalışan nüfustan daha önemli gördüklerini göstermektedir. Literatürdeki güzergâh belirleme analizlerinde güzergahın türü (kara-hava-deniz-demiryolu), güzergahın konumu (şehir içi-şehir dışı) ve güzergahın kullanım amacı gibi özelliklere göre kriterler değişkenlik gösterse de genellikle maliyet ve mühendislik ile ilgili kriterler diğer kriterlere göre önemli ağırlık puanlarına sahip olmaktadır [15]-[21].

TOPSIS yönteminde de Samsun-Sarp demiryolu hattı 0.8834 ile ideal çözüme en yakın alternatif olarak değerlendirilmiştir. Alternatifler arasında ticaret, nüfus, güvenlik, iklim, hız ve bağlantı kriterlerinde en ideal çözüm değerlerini Samsun-Sarp demiryolu hattı almıştır. İdeal çözüme en yakın ikinci alternatif ise yine Trabzon-Erzincan demiryolu hattı olmuştur. Maliyet kriteri açısından negatif ideal çözüm olmasına rağmen hattın geçtiği illerdeki nüfus ve ticaret hacminin büyüklüğü alternatifin ideal çözüme en yakın ikinci alternatif olarak değerlendirilmesinde büyük rol oynamıştır. Ayrıca bağlantı kriteri açısından da Trabzon-Erzincan hattı en ideal ikinci alternatiftir. İdeal çözüme en yakın üçüncü alternatif ise Of-Erzurum demiryolu hattı olarak hesaplanmıştır. Güvenlik, iklim ve hız kriterleri açısından negatif ideal olarak görülen demiryolu hattı uzunluk kriteri açısından ise en ideal güzergâh olarak değerlendirilmiştir. TOPSIS yönteminde elde edilen bulgular Tablo 6'da gösterilmektedir. AHP ve TOPSIS teknikleri ile alternatiflerin aldıkları genel puanların karşılaştırıldığı grafik ise Şekil 6'da gösterilmektedir.



Şekil 6. AHP ve TOPSIS teknikleri ile alternatiflerin genel puanları.

Figure 6. Overall scores of alternatives with AHP and TOPSIS techniques.

4 Sonuçlar ve irdelemeler

Alternatifler arasından en uygununu seçmek istediğimiz bir durumla karşılaştığımızda karar vermek her zaman kolay olmamaktadır. Özellikle havaalanı, liman, karayolu ve

demiryolu gibi ulaştırma alanındaki inşaat projelerinde doğru inşaat alanının belirlenebilmesi için oldukça fazla kriteri göz önünde bulundurmak gereklidir. Alternatiflerin bu kriterler açısından değerlendirilmesi gereklidir ve genellikle hiçbir alternatif diğerlerine göre tüm kriterler açısından üstünlük sağlamamaktadır. Bu ve benzer problemlerin çözümünde AHP, TOPSIS, ELECTRE vb. teknikler literatürde sıklıkla kullanılan ve rasyonel sonuçlar elde edilen çok kriterli karar verme yöntemleridir. Bu amaçla, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yapılması planlanan dört demiryolu güzergâhı AHP ve TOPSIS yöntemleriyle sıralanmıştır.

Çalışmadaki karar vericilerin kalabalık ve farklı disiplinlerde uzman olmaları kriterlerin belirlenmesini ve değerlendirilmesini güçlü kılmıştır. AHP ve TOPSIS tekniklerinde alternatiflerin sıralaması aynı olmuştur. Aynı kriterler ve alternatifler kullanılarak yapılan sıralamada Samsun-Sarp demiryolu güzergâhı en öncelikli güzergâh olarak hesaplanmıştır. Samsun-Sarp demiryolu güzergahı uzunluk açısından diğer güzergahlara göre dezavantajlı olsa da geçtiği bölgede nüfus oranının fazla olması, iklim şartlarının ılıman olması, güzergâh eğiminin düşük olması ve çok fazla toprak işi gerektirmemesi, Samsun Limanının Ordu, Giresun, Trabzon ve Rize kıyı şeritlerinden geçerek yurt dışına bağlanması gibi özellikleri sebebiyle diğer güzergahlardan avantajlıdır.

Ağırlık puanı açısından kuzey-güney güzergahları arasında çok büyük farklar bulunmamaktadır. Trabzon-Erzincan güzergahı ise kuzey-güney istikametindeki en öncelikli güzergâh olarak hesaplanmıştır. Tirebolu-Bayburt demiryolunun Erzurum'a bağlantısının sağlanabilmesi için güzergâh uzunluğunun artırılmasının gerekmesi bu güzergâhı diğerlerinden daha avantajlı duruma düşürmektedir. Of-Erzurum demiryolunun ise maliyet açısından avantajı olsa da ticaret hacminin, nüfusunun ve yol güvenliğinin Trabzon-Erzincan güzergahına göre daha düşük olması Trabzon-Erzincan güzergahının ikinci öncelikli güzergâh olmasına sebep olmuştur.

5 Conclusions

It is not always easy to decide when we are faced with a situation where we want to choose the most suitable one among the alternatives. It is necessary to consider many criteria to determine the proper construction site, especially in construction projects in transportation such as airports, ports, roads and railways. In addition, alternative regions need to be evaluated in terms of these criteria, and generally no alternative is superior to the others in terms of all criteria. In solving these and similar problems, AHP, TOPSIS, ELECTRE etc. techniques are frequently used in the literature and multi-criteria decision-making methods that obtain important results. For this purpose, four railway routes planned to be built in the Eastern Black Sea Region are lined up with AHP and TOPSIS methods.

The fact that the decision-makers in the study were crowded and experts in different disciplines strengthened the determination and evaluation of the criteria. The order of alternatives in AHP and TOPSIS techniques has been the same. In the ranking made using the same criteria, the Samsun-Sarp railway route was calculated as the most priority route. Although the Samsun-Sarp railway route is disadvantageous compared to other routes in terms of length, the population ratio in the region it passes through is high, the climate conditions are mild, the route slope is low and it does not require many earthworks. It is advantageous over other routes due to its features such as connecting.

Tablo 4. AHP yönteminde kriterlerin, alt kriterlerin ve alternatiflerin ağırlık değerleri.

Table 4. Weight values of criteria, sub-criteria and alternatives in the AHP method.

Amaç	Kriterler	Kriter Ağırlıkları	Alt Kriterler	Alt Kriter Ağırlıkları	Alternatiflerin Ağırlıkları				Kriter Ağırlıkları*Alt Kriter Ağırlıkları*Alternatiflerin Ağırlıkları			
					Samsun Sarp	Tirebolu Bayburt	Of Erzurum	Trabzon Erzincan	Samsun Sarp	Tirebolu Bayburt	Of Erzurum	Trabzon Erzincan
Demiryolu Güzergahlarının Sıralanması ve Seçimi	Ekonomik	0.286	Maliyet	0.309	0.192	0.123	0.287	0.398	0.017	0.011	0.025	0.035
			Ticaret	0.691	0.420	0.071	0.250	0.259	0.083	0.014	0.049	0.051
	Sosyal	0.095	Öğrenci Nüfusu	0.129	0.362	0.177	0.189	0.207	0.004	0.002	0.002	0.003
			Çalışan Nüfusu	0.240	0.539	0.135	0.164	0.193	0.012	0.003	0.004	0.004
			Toplam Nüfus	0.631	0.495	0.138	0.174	0.193	0.030	0.008	0.010	0.012
	Çevresel	0.213	Güvenlik	0.745	0.619	0.107	0.083	0.191	0.098	0.017	0.013	0.030
			İklim	0.255	0.637	0.143	0.091	0.129	0.035	0.008	0.005	0.007
	Mühendislik	0.406	Uzunluk	0.150	0.452	0.183	0.144	0.221	0.028	0.011	0.009	0.014
			Hız	0.517	0.591	0.136	0.126	0.148	0.124	0.028	0.026	0.031
			Bağlantı	0.333	0.670	0.079	0.088	0.162	0.090	0.011	0.012	0.022
Toplam									0.521	0.113	0.157	0.209
Sıralama									1	4	3	2

Tablo 5. AHP yönteminde kriterler için hesaplanan değerler.

Table 5. Calculated values for criteria in the AHP method.

	Ekonomik	Sosyal	Çevresel	Mühendislik	Ağırlıklar	λ	λ/w	λ_{maks}	CI	CR
Ekonomik	0.2494	0.4488	0.1864	0.2570	0.2854	1.1983	4.1985	4.154553327	0.051517776	0.057241973
Sosyal	0.0492	0.0886	0.1187	0.1252	0.0954	0.3887	4.0730			
Çevresel	0.2872	0.1602	0.2147	0.1909	0.2133	0.8960	4.2016			
Mühendislik	0.4142	0.3022	0.4801	0.4269	0.4059	1.6823	4.1450			

Tablo 6. TOPSIS yönteminde alternatiflerin ağırlıklı normalize değerleri ve sıralanması.

Table 6. Weighted normalized values and ranking of alternatives in TOPSIS method.

	Maliyet	Ticaret	Öğr. Nüf.	Çal. Nüf.	Top. Nüf.	Güvenlik	İklim	Uzunluk	Hız	Bağlantı	S*	S-	C*
Samsun-Sarp	0.0312	0.1484	0.0091	0.0202	0.0518	0.1486	0.0515	0.0498	0.195	0.1293	0,03567	0,2702	0,8834
Tirebolu-Bayburt	0.0201	0.0249	0.0044	0.0051	0.0144	0.0258	0.0116	0.0201	0.045	0.0153	0,2629	0,0543	0,1712
Of-Erzurum	0.0468	0.0885	0.0047	0.0061	0.0182	0.0200	0.0074	0.0159	0.041	0.0171	0,2454	0,0744	0,2326
Trabzon-Erzincan	0.0649	0.0917	0.0052	0.0072	0.0202	0.0458	0.0104	0.0244	0.049	0.0313	0,2223	0,0783	0,2599

Trabzon-Erzincan route, on the other hand, was calculated as the top priority route in the north-south direction. There is not much difference between the north-south routes in terms of weight points. The need to increase the length of the route in order to connect the Tirebolu-Bayburt railway to Erzurum makes this route more disadvantageous than the others. Although the Of-Erzurum railway has an advantage in terms of cost, the fact that its trade volume, population and road safety are lower than the Trabzon-Erzincan route has caused the Trabzon-Erzincan route to be the second priority route.

6 Yazar katkı beyanı

Gerçekleştirilen çalışmada, Ediz BOZ verilerin toplanması, analizlerin gerçekleştirilmesi ve literatür taraması başlıklarında; Ersin TÜRK fikrin oluşması, elde edilen sonuçların değerlendirilmesi ve sonuçların incelenmesi başlıklarında; Vedat TOĞAN sonuçların incelenmesi, yazım denetimi ve içerik açısından makalenin kontrol edilmesi başlıklarında katkı sunmuşlardır.

7 Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

"Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur".

"Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır".

8 Kaynaklar

- [1] Kabasakal A, Solak AO. "Demiryolu ve karayolu ulaştırma sistemlerinin ekonomik etkinlik analizi". *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1), 123-136, 2010.
- [2] Bayraktutan Y, Özbilgin M. "Türkiye'de iller düzeyinde karayolu yük trafiği dağılımının analizi". *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 17(2), 81-92, 2013.
- [3] Çağlıyan A, Yıldız A, Bozkurt Yıldız A. "Türkiye'de demiryolu güzergâhları jeomorfoloji ilişkisi". *Marmara Coğrafya Dergisi*, 28, 466-486, 2013.
- [4] Ahi T. "Demiryolu ve karayolu rekabeti". *Demiryolu Mühendisliği*, 5, 79-80, 2017.
- [5] Cansız ÖF, Ünsalan K. "Filtre malzemesi için çok türlü taşımacılık rotalarının performans indeksi ile vaka analizi: Hatay-Trabzon". *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 11(2), 731-744, 2020.
- [6] T.C. Trabzon Valiliği. "Trabzon 2015-2023 İl Planı". [http://www.trabzon.gov.tr/trabzon-il-plani-2015-2023-\(19.05.2020\)](http://www.trabzon.gov.tr/trabzon-il-plani-2015-2023-(19.05.2020)).
- [7] Küçükugurlu M. "Meşrutiyet devrinde Trabzon-Erzurum Demiryolu teşebbüsleri". *Osmanlı Araştırmaları*, 32, 283-322, 2008.
- [8] Temizgüney F. "Demiryolu ulaşımının Erzurum'a katkıları". *Atatürk Üniversitesi Türkiyat Araştırmaları Enstitüsü Dergisi*, 53, 255-272, 2015.
- [9] Akbulut G. "Osmanlı Devleti'nden Türkiye Cumhuriyeti'ne gerçekleşmeyen demiryolu projeleri ve etkileri (1876-1939)". *Atatürk Dergisi*, 1(1), 225-257, 2016.
- [10] Özpay GA. "Bakü-Tiflis-Kars Demiryolu ve Türkiye açısından jeopolitik önemi". *Marmara Coğrafya Dergisi*, 37, 103-111, 2018.
- [11] T.C. Devlet Demiryolları. "2015-2019 İstatistik Yıllığı". <https://www.tcdd.gov.tr/kurumsal/istatistikler> (18.05.2020).
- [12] T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. "Ordu-Trabzon-Rize-Giresun-Gümüşhane-Artvin Planlama Bölgesi Haritası". <https://mpgm.csb.gov.tr/ordu-trabzon-rize-giresun-gumushane-artvin-planlama-bolgesi-i-82191> (21.03.2022).
- [13] T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. "Ordu-Trabzon-Rize-Giresun-Gümüşhane-Artvin Planlama Bölgesi Plan Açıklama Raporu". https://webdosya.csb.gov.tr/db/mpgm/editedosya/file/CDP_100000/otrnga/PlanAciklamaRaporu_03042017.pdf (21.03.2022).
- [14] Türkiye İstatistik Kurumu. "2020 Verileri". <https://www.tuik.gov.tr/> (28.04.2021).
- [15] Gerçek H, Karpak B, Kılınçaslan T. "A multiple criteria approach for the evaluation of the rail transit networks in Istanbul". *Transportation*, 31, 203-228, 2004.
- [16] Kosijer M, Ivic M, Markovic M, Belosevic I. "Multicriteria decision-making in railway route planning and design". *Gradevinar*, 64(3), 195-205, 2012.
- [17] Gür Ş, Hamurcu M, 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.
- [18] Hamurcu M, Eren T. "Raylı sistem projeleri kararında AHS-HP ve AAS-HP kombinasyonu". *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(3), 1-13, 2017.
- [19] Süt İN, Hamurcu M, Eren T. "Analitik hiyerarşi süreci kullanılarak Ankara-Sivas yüksek hızlı tren hat güzergâhının değerlendirilmesi". *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 3(3), 22-30, 2018.
- [20] Yücel N, Taşabat SE. "The selection of railway system projects with multi criteria decision making methods: a case study for Istanbul". *Procedia Computer Science*, 158, 382-393, 2019.
- [21] Arslan H. "Toplumsal fayda açısından İstanbul-Ankara yüksek hızlı tren hattı için optimum güzergâhın belirlenmesi". *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 16(3), 474-493, 2020.
- [22] Stoilova S, Munier N, Kendra M, Skrucány T. "Multi-Criteria evaluation of railway network performance in countries of the TEN-T orient-east med corridor". *Sustainability*, 12(4), 1482, 2020.
- [23] Yılmaz DÇ, Gerçek H. "Prioritization of integrated bicycle network clusters in Istanbul using analytic hierarchy process". *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 20(6), 215-224, 2014.
- [24] Murat YS, Arslan T, Cakici Z, Akçam C. *Analytical Hierarchy Process (AHP) Based Decision Support System for Urban Intersections in Transportation Planning*. Editörler: Ocalır-Akunal EV. Using Decision Support Systems for Transportation Planning Efficiency, 203-222, IGI Global, 2016.
- [25] Li YT, Huang B, Lee DH. "Multimodal, multicriteria dynamic route choice: a GIS-Microscopic traffic simulation approach". *Annals of GIS*, 17(3), 173-187, 2011.
- [26] Beiler MRO, Treat C. "Integrating GIS and AHP to prioritize transportation infrastructure using sustainability metrics". *Journal of Infrastructure Systems*, 2015. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000246](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000246).
- [27] Shang JS, Tjader Y, Ding Y. "A unified framework for multicriteria evaluation of transportation projects". *IEEE Transactions On Engineering Management*, 51(3), 300-313, 2004.
- [28] Nosal K, Solecka K. "Application of AHP method for multicriteria evaluation of variants of the integration of urban public transport". *Transportation Research Procedia*, 3, 269-278, 2014.
- [29] Süt İN, Hamurcu M, Eren T. "Kampüste yeşil ulaşım uygulaması: Ring araçlarının seçimi için bir karar verme süreci". *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(1), 9-21, 2019.
- [30] Alakaş HM, Yazıcı E, Cebeci S, Yılmaz EE, Eren T. "Toplu ulaşım sistemlerinde araç tipi seçimi: Kırıkkale kampüs hattı örneği". *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(1), 269-287, 2021.
- [31] Saaty TL. *Analytic Hierarchy Process*, New York, USA, McGraw-Hill, 1980.

- [32] Özbek A, Eren T. "Üçüncü parti lojistik (3PL) firmanın analitik hiyerarşi süreciyle (AHS) belirlenmesi". *International Journal of Engineering Research and Development*, 4(2), 46-54, 2012.
- [33] Özbek A. *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Excel ile Problem Çözümü*, 2. baskı, Ankara, Türkiye, Seçkin Yayıncılık, 2019.
- [34] Önder G, Önder E. *Analitik Hiyerarşi Süreci*. Editörler: Yıldırım BF, Önder E. *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*, 21-74, Bursa, Türkiye, 2018.
- [35] Hwang CL, Yoon K. *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. 1st ed. New York, USA, Springer-Verlag, 1981.
- [36] A. Kara, A. Masri, G. K. Kaya. "AHP, ARAS ve bulanık TOPSIS ile yeni şube yeri seçimi: Denizcilik sektöründe bir tedarikçi firma örneği". *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 28(1), 148-159, 2022.