

Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Mersin-Gaziantep Yüksek Hızlı Tren Hattı için İstasyon Yeri Seçimi

Olca KALAN*¹ ORCID 0000-0001-5828-7743

¹Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Adana

Geliş tarihi: 24.11.2023

Kabul tarihi: 28.03.2024

Atıf şekli/ How to cite: KALAN, O., (2024). Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Mersin-Gaziantep Yüksek Hızlı Tren Hattı için İstasyon Yeri Seçimi. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 39(1), 31-45.

Öz

Ülkemizde demiryolu sistem ağının genişletilmesi fikri ile çok fazla yüksek hızlı tren projesi gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda şuan yapım aşamasında olan ve üzerinde çalışılan birçok demiryolu projesi bulunmaktadır. Yüksek hızlı trenler (YHT), yolcu kapasitesinin yüksek olması, kısa süre yolculuk yapabileme imkânı vermesi, emniyetli, konforlu ve verimli bir ulaşım türü olması nedeniyle son dönemde dünyanın birçok ülkesinde ve ülkemizde trafik yükünü azaltmanın ana araçlarından biri haline gelmiştir. Bu çerçevede yüksek hızlı tren hatlarından biri olan Mersin-Gaziantep yüksek hızlı tren hattının yapımına devam edilmektedir. Yapılan bu çalışmada, hattın kullanılabilirliğini arttırmak için bu proje kapsamında Adana-Mersin arasında yeni inşa edilecek 2 yeni demiryolu için istasyonların önem sırasının belirlenmesi amaçlanmıştır. İlk olarak en uygun istasyon seçimi için değerlendirme ölçütleri tanımlanmış, daha sonra Mersin-Adana arasındaki tren hattında belirlenen istasyonlar alternatif istasyon yerleri olarak ölçütlere göre değerlendirilmiştir. İstasyon konumlarını değerlendirmek için Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kullanılmış ve belirlenen lokasyonların önem sırası ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Çok kriterli karar verme, AHP, Yüksek hızlı tren, İstasyon yer seçimi

Station Location Selection for Mersin-Gaziantep High Speed Train Line with Analytical Hierarchy Process

Abstract

Many high-speed train projects have been carried out in our country with the idea of expanding the railway system network. At the same time, there are many railway projects that are currently under construction and are being worked on. High-speed trains (YHT) have recently become one of the main means of reducing the traffic load in many countries of the world and in our country, due to its high passenger capacity, providing the opportunity to travel for a short time, and being a safe, comfortable and efficient mode of transportation. In this context, the Mersin-Gaziantep high-speed train line, which is one of the high-speed train lines, continues to be built. In this study, it was aimed to determine the order of importance of the stations for the 2 new railways to be built between Adana and Mersin within the scope of this project in order to increase the usability of the line. First, evaluation criteria were defined for the selection of the most suitable station, then the stations determined on the train line between Mersin and Adana were evaluated

*Sorumlu yazar (Corresponding Author): Olca KALAN, okalan@cu.edu.tr

according to the criteria as alternative station locations. Analytical Hierarchy Process (AHP) was used to evaluate station locations and the order of importance of the determined locations was revealed.

Keywords: Multi-criteria decision making, AHP, High speed train, Station location selection

1. GİRİŞ

Artan araç kullanımına bağlı olarak genişleyen şehir yapısının getirdiği durum ve koşullar sonucu, yolculuk uzaklıkları ve süreleri artmıştır. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde, seyahat seçenekleri içerisinde hesaplı ve emniyetli olmasından dolayı demir yollarının kullanımı daha çok tercih edilmektedir. Ülkemizde ise 2003 yılından sonra tekrar oluşum süreci ile birlikte demir yolu kullanımında seri bir ilerleme gözlemlenmiştir. Oluşan ilerlemeler yönünde hat kapasitesindeki çoğalma ile beraber yükselen sürat ve maksimum taşıma miktarı ülkemizde de demir yollarının gelecekteki devirlerde hedeflenen düzeylere çıkacağını göstermektedir [1].

Ülkemizdeki kentler arasındaki yolculuk süresinin düşürülmesi, seri, konforlu ve emniyetli bir seyahat olanağı oluşturulması ve bununla beraber seyahat ederken demiryolu kullanımının çoğaltılması hedeflenmektedir. TCDD (Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları) son zamanlarda ayırdığı bütçelerle daha dinamik ve hızlı yolcu taşınmasını gerçekleştirmek için büyük yol kat etmiştir [2]. Bu gelişimin en mühim kısmını ise YHT projeleri sağlamaktadır. Türkiye'nin her yerine demiryollarını kullanarak ulaşma amacı üzerine çok fazla sayıda proje gerçekleştirilmiştir ve günümüzde de yapımı süre gelen güzergahlar ve projelendirilmekte olan yeni yol planları ile YHT'ler aracılığıyla demiryollarına önem verilmektedir. Fakat bu tür ulaşım yollarının yapım bütçesi fazla olduğundan finans, sürdürülebilirlik ve sosyal yarar gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır.

YHT'ler, 1960-1965 yılları arasında Japonya'da ortaya çıkmıştır. 10 milyon nüfuslu Tokyo gibi metropol kentlerin nüfus popülasyonunu çevredeki yerleşim bölgelerine dağıtma fikrinden hareketle Tokyo - Osaka şehirleri arasında YHT hatları yapılmıştır.

Günümüzde demiryollarının tercih edilir olmasının sebepleri arasında dünyada karayolu lojistiğinin sıradanlaşması ve insanların yolculuk yapmak istemesi gelmektedir. Bunun yanı sıra karayollarında görülen yoğun trafik ve kazalar gibi sorunların çözümünde ilk başta tren yolu lojistiği gelmeye başlamıştır. Demiryolları farklı ulaştırma seçeneklerine göre daha az maliyetli, daha çok miktarda yük ve yolcu ulaştırma imkanına sahiptir. Bu yüzden YHT hatlarının çoğaltılması ve YHT ile yolcu taşımacılığının artırılması önem kazanmıştır.

Ülkemizde şehirlerarası yolculuk zamanının kısa süreli olması, hızlı, ucuz, konforlu ve emniyetli yolculuk sağlaması ile YHT'lerin çoğaltılması hedeflenmektedir. Demiryolu çalışmalarında birçok proje gerçekleştirilmekte ve şuan yapımı süren hatlar ve projelendirme aşamasında olan yeni hatlar bulunmakta olup YHT taşımacılığına önem verilmektedir. Demiryolu hattının yapılacağı yer ve güzergâh, yatırımın verimliliği açısından önemlidir. Ayrıca güzergâh üzerinde düşünülen istasyon noktaları da en az hattın güzergâh planlanması kadar önemlidir. İstasyonlara ulaşılabilirliğin sağlanması konusunda istasyon noktalarının seçiminde, bölgenin popülasyonu, genişleme potansiyeli ve mevcut ulaşım uyum gibi etkenler dikkate alınmalıdır. Ayrıca YHT'ler için hız sınırları, yavaşlama ve hızlanma ivmeleri göz önünde bulundurularak en uygun istasyon aralıklarının saptanması ile uzaklıkların kısaltılması sağlanacaktır. Dolayısıyla istasyon yeri seçimi gibi birçok karar sürecine, çok fazla etmenin etki etmesi, analitik süreçleri ve matematiksel prototipleri gerektirmektedir [3].

Gerçekleştirilen bu çalışmada, öncelikle toplu ulaşımında güzergâh seçimi için literatürde yapılan çalışmalar incelenmiş, daha sonra Mersin-Gaziantep yüksek hızlı tren hattı için istasyon yerleri çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan AHP ile değerlendirilerek en uygun istasyon yeri belirlenmeye çalışılmıştır.

Literatürde raylı sistemler, YHT hatları, toplu taşıma araçları ve metro hatları için güzergah seçiminde AHP'yi kullanan çalışmalar incelenmiştir.

Brunner ve arkadaşlarının 2011 yılında yaptıkları çalışmada Hawai'nin Honolulu kentinde, Salt Lake ve Havaalanı arasında sabit raylı sistem için uygun güzergah belirlemişlerdir. Belirledikleri güzergahın seçiminde teknik, ekonomik, sosyal ve çevresel kriterleri dikkate almışlardır. Karar vermede AHP ve GIS (Geographic Information Systems) yöntemlerini kullanmışlardır [4]. 2013 yılında yine Dedemen'in yaptığı çalışmada, güç transfer hatları için güzergah seçimi için GIS (Geographical Information Systems)'e dayalı AHP yöntemi kullanılmıştır. Güzergah seçimi için dört alternatif hattın uygun olanı belirlenmiştir [5].

Soltani ve arkadaşları İran'da yer alan Şiraz şehrinde otobüs güzergahı seçimi için AHP ve TOPSIS yöntemlerini birlikte kullanmışlardır. Toplam 71 adet bulunan güzergahtan 6 tanesini belirleyip bu güzergahlar arasından en uygun alternatifi 16 adet kriter üzerinden değerlendirmişlerdir [6]. Yıldırım ve Yomralıoğlu 2013 yılında doğalgaz iletim hattı için güzergah seçiminde GIS ile bütünleştirilmiş AHP yöntemini kullanmışlardır. Öncelikle çevresel, ekonomik ve sosyolojik faktörler ortaya konmuş daha sonra alternatif güzergahlar bu faktörler üzerinden değerlendirilmiştir [7].

Alkubaisi'nin 2014 yılında yaptığı çalışmada, Irak'ın Al-Ramadi şehrinde tramvay güzergahı seçimi yapılmıştır. 6 adet alternatifin değerlendirilmesinde yine GIS'e dayalı AHP yöntemi kullanılmıştır. Yöntemin uygulanmasında dikkate aldığı kriterler; ulaşılabilirlik, güvenlik, çevre, ekonomik ve nüfus yoğunluğudur [8]. Kays 2014 yılında Avustralya'nın doğu kesimindeki YHT hattı için optimum güzergahı belirlemede karışık tamsayı optimizasyon modelini kullanmıştır. Değerlendirmede maliyet tasarrufunu maksimize etmeye çalışmıştır [9]. Yine aynı yılda yapılan Nosal ve Solecka'nın yaptıkları çalışmada, kentsel toplu taşıma için güzergah seçimi yapılmıştır. Çalışmada AHP yöntemini sosyal,

teknik, ekonomik ve çevresel kriterler dikkate alarak kullanmışlardır [10].

Ahmed ve Asmael 2015 yılında Irak'ın Bağdat şehri için metro güzergahı seçiminde GIS'e dayalı AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmalarında çevresel, mühendislik, ekonomik toplam 9 kriteri güzergahların değerlendirmesinde dikkate almışlardır [11]. Hamurcu ve Eren raylı sistem güzergahı seçimi için AHP yöntemini kullanmıştır. Ankara'da kurulması planlanan monoray sistemi için öncelikle 15 adet kriter belirlemişler daha sonra bu kriterler üzerinden en uygun güzergah seçimini yapmışlardır [12]. 2015 yılında Saat ve Serrano, YHT hattı için optimum güzergahın belirlenmesi amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında Malezya'da yer alan Kuala Lumpur ve Singapur şehirlerindeki YHT hatları için güzergah seçiminde ELECTRE yöntemini kullanmışlardır [13]. Keser ve arkadaşlarının 2016 yılında yaptıkları çalışmada Eskişehir'in demiryolu hattı güzergah seçimi için AHP yöntemi kullanılmıştır. Yöntemde hattın uzunluğu, seyahat süresi, güvenlik ve yakıt tüketimi kriterlerini baz almışlardır [14].

Kırlangıçoğlu yine aynı yılda yaptığı çalışmada, İstanbul raylı taşıma sistemi için güzergah seçimi yapmıştır. Çalışmasında fiziki ve beşeri faktörleri dikkate alan GIS'e dayalı bir model geliştirmiştir [15]. Yine GIS'e dayalı güzergah tespiti yapan diğer bir çalışma EL-Hallaq ve El-Yazory'nin 2017 yılında yaptıkları çalışmadır. Filistin'in Gazze şehrindeki metro hattı için güzergah seçimi yapan bir model önermişlerdir. Dikkate aldıkları ölçütler nüfus yoğunluğu, karayolu ağı, trafik, park alanları ve arazi kullanımınıdır [16]. Eren ve arkadaşlarının 2017 yılında yaptıkları çalışmada, Ankara-Sivas YHT hattı için güzergah seçiminde 4 alternatif arasından seçim yapılmıştır. 10 adet seçim kriteri baz alınarak en uygun alternatif AHP yöntemi kullanılarak belirlenmiştir [3]. Hamurcu ve Eren'in aynı yılda yaptıkları bir diğer çalışmada İstanbul'daki raylı sistemler için güzergah seçimi yapılmıştır. Çalışmalarında AHP ve ANP yöntemlerini Hedef programlama ile birleştirerek hibrit bir şekilde kullanmışlardır [17].

Taş ve arkadaşları yine aynı yılda monoray hattı için en uygun hat seçimini AHP ve PROMETHEE yöntemleri ile belirlemişlerdir. Yapılan çalışmada çift yön bindirme, tek yön bindirme ve tek yön asma tipleri arasından 6 kritere göre seçim yapılmıştır [18]. 2018 yılında Zhou ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada Kore'de üç farklı toplu taşıma tipleri arasından üç tip şehir türü için seçim yapılması amacıyla AHP yöntemi kullanılmıştır [19]. Süt ve Arkadaşlarının 2018'de yaptıkları çalışmada, Ankara-Sivas YHT hattı için AHP yöntemi ile 5 adet ana kriter ve 3 adet alt kriter değerlendirilmiş ve önem seviyeleri saptanmıştır [20].

2019 yılında Hamurcu ve Eren yaptıkları çalışmada Ankara'da yeni bir monoray sistemi için rota seçimi yapmışlardır. Karar vermede ANP ve TOPSIS yöntemlerini kullanmışlar ve 8 rota 15 kriter açısından değerlendirilmiş ve rotaların önem sıraları ortaya konmuştur [21]. Sarımehtem ve arkadaşlarının 2020 yılında yaptıkları çalışmada ise, Kırıkkale YHT istasyonu için 3 adet ana kriter ve 10 adet alt kriter üzerinden ANP ve TOPSIS yöntemleri ile değerlendirilme yapılmış ve en uygun güzergah belirlenmiştir [22].

Literatür çalışmasına bakıldığında AHP yönteminin en ideal alternatifin seçiminde sıkça kullanıldığı tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmada Mersin-Gaziantep yüksek hızlı tren hattı projesi kapsamında yeni inşa edilecek demiryolu hatları için Adana-Mersin arasındaki yer alan istasyon bölgelerinin önem sırası belirlenmiştir. Görüşü alınan uzmanlarla belirlenen kriterlerle AHP yöntemi kullanılarak değerlendirme yapılmış ve alternatif istasyonların önem sırası ortaya konmuştur.

2. MATERYAL VE METOT

Ulaşımın planlanmasında önemli basamaklardan biri de istasyon lokasyonlarının belirlenmesi sürecidir. İyi planlanmış bir istasyon konumu, yolcular tarafından tercih edilmeli, operasyonel gereksinimleri karşılamalı ve çevreye uygun

olmalıdır. Hızlı, emniyetli ve konforlu olan YHT'ler, her geçen gün artmakta ve seyahati kolaylaştırmaktadır. Dünyadaki birçok ülkedeki şehir bu araçlarla birbirine bağlanmıştır. Şehir ulaşımının planlaması, bu planların uygulanması ve değerlendirilmesi süreci ana hatlarıyla belirlenmekte ve belirli faktörler üzerinden birçok çalışma yürütülmektedir. Özellikle istasyon lokasyonlarının doğru bir şekilde belirlenmesi planlama aşamasında büyük önem arz etmektedir.

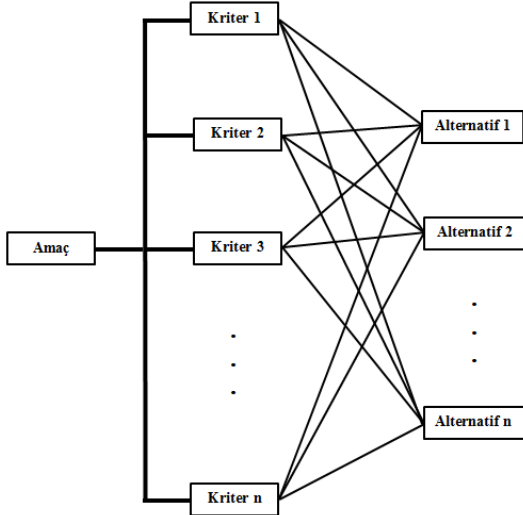
Bu kapsamda yapılan bu çalışmada Mersin-Gaziantep YHT hattı için istasyon yerlerinin seçiminde çok sıklıkla tercih edilen karar verme yöntemi olan AHP yöntemi kullanılmıştır. Öncelikle yapılan literatür araştırması ve uzman görüşleri dikkate alınarak AHP yönteminin uygulanması için uygun kriterler belirlenmiş daha sonra en iyi alternatif seçimi bu yöntem ile gerçekleştirilmiştir.

2.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi

Karar verme sürecinde çok sıklıkla kullanılan AHP tekniği, 1977 yılında Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen ÇKKV tekniğidir [23].

Karar problemlerinde en uygun kararın verilmesini sağlayan bu teknikte hiyerarşik yapı kullanarak ve analitik inceleme yaparak problemde belirlenen kriterlerin önem sıralaması yapılmaktadır. Bu hiyerarşik yapıda en üstte amaç, orta kısımda kriterler en altta ise alternatifler yer almaktadır [24]. AHP tekniğinin bu hiyerarşik yapısı Şekil 1'de gösterilmektedir.

AHP'nin hiyerarşik yapısında öncelikle çözülecek problemin tanımı yapılmakta ve bu probleme uygun amaç net bir şekilde belirlenmektedir. Ardından konuda uzman kişilerin sahip olduğu bilgi düzeyi ve deneyimleriyle probleme ait dikkate alınması gereken kriterler belirlenmektedir. Kriterler belirlendikten sonra problemde belirlenen amaca uygun olarak değerlendirilmesi gereken alternatifler ortaya konur.



Şekil 1. AHP Yönteminde hiyerarşik yapı

Hiyerarşik yapı belirlenirken dikkat edilmesi gereken önemli hususlardan biri belirlenen kriterlerin problemin çözümünde problemi iyi bir şekilde yansıtmayı ve problemi tüm yönleriyle ele alarak ortaya koymasınıdır.

Hiyerarşik yapı oluşturulduktan sonra alternatiflerin değerlendirilmesi süreci gerçekleştirilmektedir. Bu süreçte kriterler ve alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmaktadır. Bu matrislerde sayısal ölçeklendirme yapılırken, değerlendirmede yer alan uzman kişilerin görüşleri büyük önem arz etmektedir. Kişilerin kriterleri ortaya koyarken ve ölçeklendirme yaparken tarafsız bir yaklaşım sergilemeleri gerekmektedir [25]. Matrisler oluşturulması aşamasını karar vericilerin kişisel değerlendirmesinin test edilmesi aşaması yani tutarlılık oranlarının hesaplanması aşaması takip eder. Tutarlılık oranları hesaplandıktan sonra hiyerarşik yapıda belirlenen alternatiflerin değerlendirilmesi aşamasına geçilir ve değerlendirme sürecinde kriterlerin önem sırası belirlenerek amaca uygun en iyi alternatif seçilir.

Özet olarak AHP Şekil 2’de gösterilen adımları içermektedir [25].

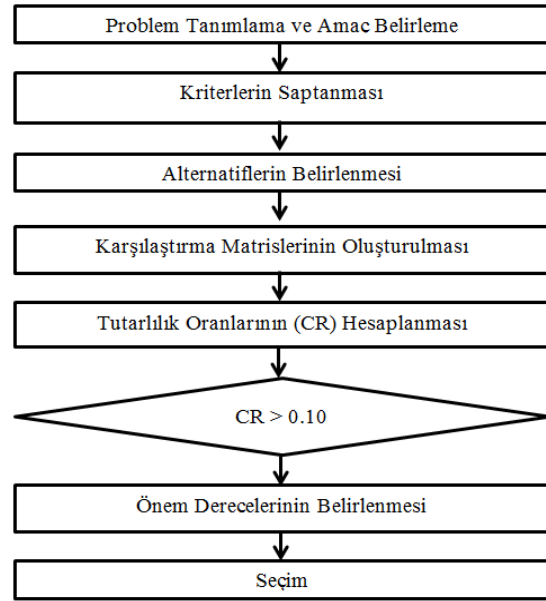
Problem Tanımlama ve Amaç Belirleme Aşamasında; öncelikle problem açık ve net bir

şekilde ifade edilmekte ve ardından tanımlanan probleme ait amaç ortaya konmaktadır.

Kriterlerin Saptanması Aşamasında; uzman görüşleri doğrultusunda probleme ait tüm kriterler ortaya konmaktadır.

Alternatiflerin Belirlenmesi Aşamasında; probleme ait kriterlerle değerlendirilecek tüm alternatifler belirlenmektedir.

Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması Aşamasında; probleme ait tüm kriterlerin birbirlerine göre ne kadar önemli olduğu sayısal olarak ifade edilir. Bu matrislerde Saaty tarafından oluşturulan Çizelge 1’deki puan skalası kullanılmaktadır [23].



Şekil 2. AHP Adımları

Çizelge 1. Karşılaştırma matrislerinde kullanılan puan skalası

Önem derecesi	Tanım
1	Eşit önem
3	Birinin diğerine göre zayıf önemi
5	Güçlü önem
7	Çok güçlü önem
9	Mutlak önem
2-4-6-8	Ara Değerler

Matrisler oluşturulurken uzmanların görüşleri alınarak her bir kriterin diğer kriterlere göre önem değeri belirtilir ve bu matris A matrisi olarak isimlendirilir. A matrisinin her bir elemanı a_{ij} , i. kriter veya alternatifin j. kriter ya da alternatife göre önem değerini belirtmektedir. Eşitlik 1' de A matrisinin gösterimi yer almaktadır.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

A matrisi $n \times n$ boyutunda bir kare matristir ve köşegen elemanları 1 dir. Yapılan ikili kıyaslamalar sonucunda;

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Örnek olarak, j. kriter veya alternatifin i. kriter veya alternatife göre önem derecesi 3 ise, i. kriter veya alternatifin j. kriter veya alternatife göre değeri 1/3 tür.

Kriterlerin birbirlerine göre önem değerlerinden oluşan matriste her bir kriterin bütün matris içerisindeki önem değerleri hesaplanmaktadır. A matrisindeki her bir eleman o sütundaki kriter değerlerinin toplamına bölünerek yeni değerler elde edilir. Oluşturulan bu matris C matrisi olarak isimlendirilmektedir. C matrisinin her bir elemanı c_{ij} ler Eşitlik 2'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$c_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (2)$$

C matrisi, normalize edilmiş A matrisidir. Daha sonra bu matriste her bir satır ortalaması alınarak öncelik vektör değerleri (W_i) bulunmaktadır. Bu öncelik vektör değerleri her i. kriterin diğer kriterler içerisindeki önem değerini göstermektedir. Öncelik vektörü W_i 'ler Eşitlik 3'te gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (3)$$

Tutarlılık Oranlarının Hesaplanması Aşamasında; Karar vericilerin değerlendirmelerinin tutarlılığının test edilmesi gerekmektedir [26]. Bunun için A matrisinde tutarlılık oranları hesaplanır ve matris % 100 tutarlı ise A matrisinin en büyük özdeğeri kriter sayısı n e eşit olmaktadır ve $n = \lambda_{max}$ şeklinde gösterilir. Burada $A \cdot w = \lambda_{max} \cdot w$ eşitliğinden A matrisinin en büyük özdeğeri Eşitlik 4'teki gibi hesaplanarak bulunur [25].

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot w_j}{w_i} \quad (4)$$

Eğer tutarsızlık fazla ise A matrisindeki en büyük özdeğer, n değerinden o derece uzak demektir. Tutarsızlık test edilirken iki değer hesaplanmaktadır "**Tutarlılık Endeksi**" (CI) ve "**Tutarlılık Oranı**" (CR) [25]. Eşitlik 5'te "**Tutarlılık Endeksi**" nin, Eşitlik 6'da ise "**Tutarlılık Oranı**"nın nasıl hesaplandığı gösterilmektedir.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (5)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (6)$$

Burada RI rastsal endeks değeri olarak ifade edilir ve Saaty tarafından belirlenen ve n değerine göre değişen bu sabit sayılar Çizelge 2'de gösterilmektedir [27].

Çizelge 2. Rastgele endeks değerleri

N değeri	1	2	3	4	5	6
RI değeri	0	0	0,58	0,89	1,12	1,24
N değeri	7	8	9	10	11	12
RI değeri	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48

İkili karşılaştırma matrisinin tutarlı olması için CR değerinin 0.10 değerinden küçük olması gerekmektedir. Tutarsızlık olması durumunda karşılaştırmaların tekrar değerlendirilmesi gerekmektedir [28].

Alternatifler Arasından Seçim Aşamasında; hesaplanan öncelik değerlerine bakılarak en yüksek öncelik değerine sahip olan alternatif en iyi alternatif olarak belirlenir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Adana-Mersin Arasında Yeni İnşa Edilecek Yüksek Hızlı Tren Hattı için İstasyonların Değerlendirilmesi

Son yıllarda YHT yatırımları oldukça çoğalmıştır fakat hala bu sisteme ihtiyaç duyulan yerler

bulunmaktadır. Bu yerlerde karar verilecek istasyon bölgeleri hattın verimliliği için çok önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada Mersin-Gaziantep yüksek hızlı tren hattı projesi 286 km'lik yüksek standarda sahip demiryolunun inşaatını kapsamaktadır. Proje güzergahı Mersin ilinden başlayıp, Adana, Toprakkale, Bahçe, Nurdağı'ndan geçmekte ve Gaziantep'te son bulmaktadır. Proje güzergahı Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 3. Mersin-Gaziantep YHT hattı proje güzergahı

Proje kapsamında Mersin-Adana arasında yer alan 78 km'lik mesafede demiryoluna ek olarak iki adet yeni demiryolu inşa edilmesi planlanmaktadır. Bu kapsamda yapılan bu çalışmada yeni inşa edilecek bu demiryolları için belirlenebilecek alternatif istasyon yerleri ele alınmıştır.

3.1.1. Alternatiflerin Belirlenmesi

Alternatifler, yöneticiler ve uzmanlar aracılığıyla belirlenen 4 adet istasyon bölgeleridir. Bunlar sırasıyla, Taşkent İstasyonu, Tarsus İstasyonu ve Yenice İstasyonu ve Şehitlik İstasyonudur. Bu

istasyonlar ve sembolik ifadeleri Çizelge 3'te gösterilmiştir. Belirlenen istasyonların haritada gösterimi ise Şekil 4'te verilmiştir.

Çizelge 3. Mersin-Adana arası alternatif olabilecek istasyon yerleri

Numara	Sembol	İstasyon yeri
1	İS1	Taşkent istasyonu
2	İS2	Tarsus istasyonu
3	İS3	Yenice istasyonu
4	İS4	Şehitlik istasyonu



Şekil 4. Alternatif istasyon yerleri harita görünümü

Kriterlerin Kararlaştırılması: Ulaştırma projelerinin değerlendirilmesi çoğunlukla teknik, ekonomik ve lojistik, çevresel faktörler, emniyet, sosyal etki ve arazi koşulları gibi ana ölçütler

altında yapılmaktadır. Değerlendirme ölçütleri literatür taraması ve uzman görüşleri yönünde belirlenmiştir. Kararlaştırılan ölçütler Çizelge 4'te açıklamalarıyla birlikte sunulmuştur.

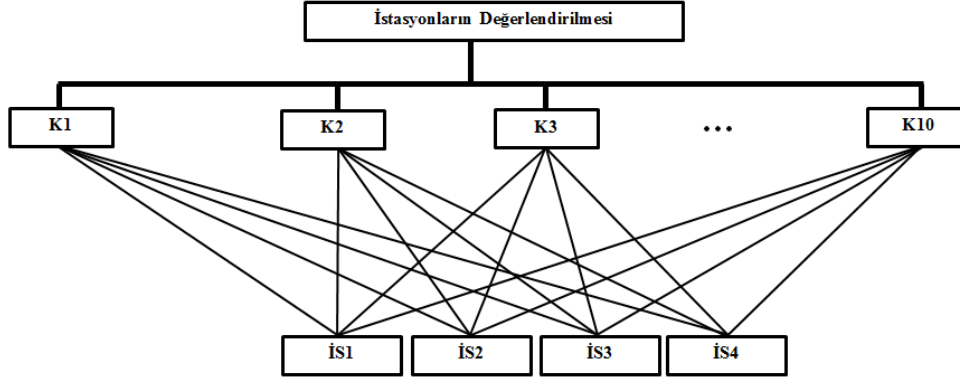
Çizelge 4. Kararlaştırılan kriterler

Kriter sırası	Sembol	Kriter adı	Kriter açıklaması
1	K1	Güvenlik	İstasyon bölgesinin güvenliği
2	K2	Ticari katkı	İstasyon bölgesinin bulunduğu yere sağlayacağı ticari katkı
3	K3	Raylı sistem hatları ile entegrasyon	Demiryolu hattının raylı sistemlerle bağlantısı
4	K4	Arazi yapısı	İstasyon bölgesinin toprak yapısının uygunluğu
5	K5	Yatırım maliyeti	İstasyon bölgesinin inşası için oluşturulan maliyet
6	K6	Endüstri alanlarına yakınlık	Kurulacak istasyonun sanayi bölgelerine yakınlık derecesi
7	K7	Şehir merkezine yakınlık	Kurulacak istasyonun şehir merkezlerine olan yakınlık derecesi
8	K8	Ulaşım imkânı	Kurulacak istasyona toplu ulaşım imkânı
9	K9	Çevresel etki	Kurulacak istasyonun çevreye etkisi
10	K10	Genişleme potansiyeli	Hattın yeni projeler ile genişletilme derecesi

3.1.2. Hiyerarşinin Oluşturulması

AHP' de karar verme hiyerarşiye göre yapılır. Karar hiyerarşisi problemin hedefi, ölçütler ve en alt

tarafı değerlendirilecek alternatifler olmak üzere yapılmaktadır. Çalışmanın karar hiyerarşisi Şekil 5'te görülmektedir.



Şekil 5. Probleme ait karar hiyerarşik yapısı

3.1.1. İkili Karşılaştırma Karar Matrisinin Oluşturulması

Ölçütlerin ve alternatiflerin birbirinden bağımsız olduğu varsayımı ile karşılıklı ikili mukayeseler yapılmaktadır. Başta ölçütler kendi aralarında mukayese edilip öz vektörleri hesaplanmış daha sonra her ölçüt için alternatifler ayrı ayrı ikili karşılaştırılmıştır. Ölçütlerin ikili karşılaştırılması Çizelge 5'te sunulmuştur.

İkili karşılaştırma matrisi elde edildikten sonra her sütundaki ölçüt değerleri sütunun değerlerinin toplamına bölünür ve ölçütler ölçüm birimlerinden ayrılarak normalleştirilmiş değer elde edilir.

Daha sonra kriterler için normalleştirme matrisi oluşturulmuştur. Çizelge 6'da normalize edilmiş değerler elde edildikten sonra, oluşturulan her

matrisin satırının ortalaması alınarak ölçütlerin kritik değerlerine ulaşılır.

Ardından kriterler arası normalleştirme matrisi ağırlık değerleri hesaplanmıştır. (Çizelge 6) Ölçütlerin öncelikler vektörü Çizelge 6'da gösterilmiştir.

Bu ölçütlerin göreceli önem ağırlıkları sırasıyla 0,058; 0,075; 0,055; 0,210; 0,152; 0,093; 0,109; 0,118; 0,061; 0,070 olarak bulunmuştur. Ölçütlerin önem sıralarına bakıldığında karar üzerinde etkili en önemli ölçütün 0,210 ile arazi yapısı olduğu görülür. Ardından yatırım maliyeti diğer kriterlere göre daha önemli bulunmuştur.

Üçüncü sırada öneme sahip kriterin ise ulaşım imkanı olduğu saptanmıştır. En az öneme sahip kriterin ise 0,030 ile raylı sistem hatları ile entegrasyon olduğu görülmektedir.

Çizelge 5. Kriterler arası ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler arası karşılaştırma matrisi										
Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
K1	1,00	0,50	2,00	0,33	0,25	0,33	0,33	0,50	2,00	1,00
K2	2,00	1,00	2,00	0,25	0,33	0,33	2,00	0,33	2,00	0,50
K3	0,50	0,50	1,00	0,50	0,33	0,33	0,33	0,50	2,00	1,00
K4	3,00	4,00	2,00	1,00	3,00	3,00	2,00	3,00	2,00	3,00
K5	4,00	3,00	3,00	0,33	1,00	2,00	0,50	3,00	3,00	2,00
K6	3,00	3,00	3,00	0,33	0,50	1,00	1,00	0,50	0,50	1,00
K7	3,00	0,50	3,00	0,50	2,00	1,00	1,00	0,50	2,00	1,00
K8	2,00	3,00	2,00	0,33	0,33	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00
K9	0,50	0,50	0,50	0,50	0,33	2,00	0,50	0,50	1,00	1,00
K10	1,00	2,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00
Toplam	20,00	18,00	19,50	4,42	8,58	13,00	10,67	10,33	17,50	13,50

Çizelge 6. Kriterler arası normalleştirilme matrisi ve öncelikler vektörü

Kriterler arası karşılaştırma matrisi											Öncelikler vektörü
Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	
K1	0,050	0,028	0,103	0,075	0,029	0,026	0,031	0,048	0,114	0,074	0,058
K2	0,100	0,056	0,103	0,057	0,039	0,026	0,188	0,032	0,114	0,037	0,075
K3	0,025	0,028	0,051	0,113	0,039	0,026	0,031	0,048	0,114	0,074	0,055
K4	0,150	0,222	0,103	0,226	0,350	0,231	0,188	0,290	0,114	0,222	0,210
K5	0,200	0,167	0,154	0,075	0,117	0,154	0,047	0,290	0,171	0,148	0,152
K6	0,150	0,167	0,154	0,075	0,058	0,077	0,094	0,048	0,029	0,074	0,093
K7	0,150	0,028	0,154	0,113	0,233	0,077	0,094	0,048	0,114	0,074	0,109
K8	0,100	0,167	0,103	0,075	0,039	0,154	0,188	0,097	0,114	0,148	0,118
K9	0,025	0,028	0,026	0,113	0,039	0,154	0,047	0,048	0,057	0,074	0,061
K10	0,050	0,111	0,051	0,075	0,058	0,077	0,094	0,048	0,057	0,074	0,070
Toplam	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Daha sonra kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesinde tutarsızlık oranları hesaplanmıştır. Bu oranlar Çizelge 7’de gösterilmektedir. Çizelge 7’deki tutarsızlık oranı hesaplamasına göre

Cr değerinin 0,10’dan küçük olduğu belirlenmiştir. Buna göre kriterler arası ikili karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğu söylenebilmektedir.

Çizelge 7. Kriterler arası karşılaştırma matrisinin tutarlılık değerleri

Kriterler arası karşılaştırma matrisi											Tutarlılık oranı hesabı					
Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	Öncelikler vektörü	Tüm öncelikler matrisi	λ	λ_{max}	CI	CR
K1	0,050	0,028	0,103	0,075	0,029	0,026	0,031	0,048	0,114	0,074	0,058	0,631	10,911	11,319	0,147	0,098
K2	0,100	0,056	0,103	0,057	0,039	0,026	0,188	0,032	0,114	0,037	0,075	0,848	11,305			
K3	0,025	0,028	0,051	0,113	0,039	0,026	0,031	0,048	0,114	0,074	0,055	0,595	10,824			
K4	0,150	0,222	0,103	0,226	0,350	0,231	0,188	0,290	0,114	0,222	0,210	2,431	11,601			
K5	0,200	0,167	0,154	0,075	0,117	0,154	0,047	0,290	0,171	0,148	0,152	1,761	11,561			
K6	0,150	0,167	0,154	0,075	0,058	0,077	0,094	0,048	0,029	0,074	0,093	1,070	11,557			
K7	0,150	0,028	0,154	0,113	0,233	0,077	0,094	0,048	0,114	0,074	0,109	1,238	11,403			
K8	0,100	0,167	0,103	0,075	0,039	0,154	0,188	0,097	0,114	0,148	0,118	1,353	11,430			
K9	0,025	0,028	0,026	0,113	0,039	0,154	0,047	0,048	0,057	0,074	0,061	0,679	11,115			
K10	0,050	0,111	0,051	0,075	0,058	0,077	0,094	0,048	0,057	0,074	0,070	0,800	11,487			
Toplam	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000						

Ardından her bir kriter için istasyon alternatiflerinin ikili karşılaştırma matrisleri değerlendirilmiş ve tutarlılıkları ayrı ayrı test edilmiştir. Tutarlılık oranları her kriter için Çizelge 8’de

gösterilmektedir. Çizelge 8’de yer alan tutarsızlık oranlarına bakıldığında her kriter için alternatiflerin tüm ikili karşılaştırmalı matrislerinin 0,10’dan küçük olduğu için tutarlı olduğu söylenmektedir.

Çizelge 8. Her kriter için tutarlılık oranlarının hesaplanması

K1 Kriteri tutarlılık oranı hesabı						
Alternatifler	Öncelikler vektörü	Tüm öncelikler matrisi	λ	λ_{max}	CI	CR
İS1	0,127	0,51764706	4,071504	4,160211959	0,053403986	0,060004479
İS2	0,509	2,19518717	4,316509			
İS3	0,279	1,17072193	4,193966			
İS4	0,085	0,34565508	4,05887			
K2 Kriteri tutarlılık oranı hesabı						
Alternatifler	Öncelikler vektörü	Tüm öncelikler matrisi	λ	λ_{max}	CI	CR
İS1	0,108	0,43248663	4,022996	4,089743822	0,029914607	0,033611918
İS2	0,519	2,19518717	4,227203			
İS3	0,266	1,0855615	4,085779			
İS4	0,108	0,43248663	4,022996			
K3 Kriteri tutarlılık oranı hesabı						
Alternatifler	Öncelikler vektörü	Tüm öncelikler matrisi	λ	λ_{max}	CI	CR
İS1	0,150	0,60280749	4,01524	4,165935643	0,055311881	0,062148181
İS2	0,508	2,19518717	4,321345			
İS3	0,257	1,0855615	4,220562			
İS4	0,085	0,34772727	4,106595			
K4 Kriteri tutarlılık oranı hesabı						
Alternatifler	Öncelikler vektörü	Tüm öncelikler matrisi	λ	λ_{max}	CI	CR
İS1	0,103	0,4322861	4,212141	4,232710829	0,077570276	0,087157614
İS2	0,490	2,26203209	4,614144			
İS3	0,260	1,04318182	4,011317			
İS4	0,147	0,60200535	4,093241			
K5 Kriteri tutarlılık oranı hesabı						
Alternatifler	Öncelikler vektörü	Tüm öncelikler matrisi	λ	λ_{max}	CI	CR
İS1	0,167	0,64518717	3,857044	4,190501072	0,063500357	0,071348716
İS2	0,484	2,26203209	4,671901			
İS3	0,254	1,04318182	4,10703			
İS4	0,095	0,39010695	4,12603			

Çizelge 8. (devamı)

K6 Kriteri tutarlılık oranı hesabı						
Alternatifler	Öncelikler vektörü	Tüm öncelikler matrisi	λ	λ_{max}	CI	CR
İS1	0,136	0,61858289	4,534115	4,261845364	0,087281788	0,098069425
İS2	0,546	2,47433155	4,534115			
İS3	0,211	0,87406417	4,134087			
İS4	0,106	0,4092246	3,845063			
K7 Kriteri tutarlılık oranı hesabı						
Alternatifler	Öncelikler vektörü	Tüm öncelikler matrisi	λ	λ_{max}	CI	CR
İS1	0,217	0,9822861	4,529104	4,204231238	0,068077079	0,076491101
İS2	0,284	1,12713904	3,972069			
İS3	0,216	0,93643048	4,343684			
İS4	0,284	1,12713904	3,972069			
K8 Kriteri tutarlılık oranı hesabı						
Alternatifler	Öncelikler vektörü	Tüm öncelikler matrisi	λ	λ_{max}	CI	CR
İS1	0,167	0,64518717	3,857044	4,190501072	0,063500357	0,071348716
İS2	0,484	2,26203209	4,671901			
İS3	0,254	1,04318182	4,10703			
İS4	0,095	0,39010695	4,12603			
K9 Kriteri tutarlılık oranı hesabı						
Alternatifler	Öncelikler vektörü	Tüm öncelikler matrisi	λ	λ_{max}	CI	CR
İS1	0,147	0,56002674	3,807814	4,110224803	0,036741601	0,041282698
İS2	0,490	2,26203209	4,614144			
İS3	0,260	1,04318182	4,011317			
İS4	0,103	0,41129679	4,007624			
K10 Kriteri tutarlılık oranı hesabı						
Alternatifler	Öncelikler vektörü	Tüm öncelikler matrisi	λ	λ_{max}	CI	CR
İS1	0,138	0,61858289	4,496072	4,205352897	0,068450966	0,076911197
İS2	0,523	2,38917112	4,572103			
İS3	0,221	0,87406417	3,95654			
İS4	0,119	0,45160428	3,796697			

İstasyonların belirlenen kriterlere göre Çizelge 9'da gösterilmektedir. değerlendirilmesi için oluşturulan karar matrisi

Çizelge 9. Kriterlere göre istasyon alternatiflerinin sıralaması

Alternatifler	Kriterlere göre istasyon öncelikleri										Alternatif skorları	Sıralama
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10		
İS1 (Taşkent)	0,127	0,108	0,150	0,103	0,167	0,136	0,217	0,167	0,147	0,138	0,145203	3
İS2 (Tarsus)	0,509	0,519	0,508	0,490	0,484	0,546	0,284	0,484	0,490	0,523	0,47779339	1
İS3 (Venice)	0,279	0,266	0,257	0,260	0,254	0,211	0,216	0,254	0,260	0,221	0,24773339	2
İS4 (Şehitlik)	0,085	0,108	0,085	0,147	0,095	0,106	0,284	0,095	0,103	0,119	0,12927022	4
Öncelikler vektörü	0,058	0,075	0,055	0,210	0,152	0,093	0,109	0,118	0,061	0,070		

Uygulanan AHP yöntemine göre Karar matrisi incelendiğinde tüm kriterler açısından yapılan değerlendirmede Tarsus İstasyonunun diğer istasyonlardan daha öncelikli olduğu görülmüştür.

4. SONUÇ

Türkiye'de YHT hattı projeleri her geçen gün tüm hızıyla artmaktadır. Bu projelerde hattın geçiş güzergahı ve istasyon lokasyonları kentlerin etkilenen bölgelerine çok büyük ekonomik ve sosyal fayda getirmektedir. Hattın güzergahı istikametinde kentin hangi lokasyonuna istasyonun yapılacağı önemli bir karar problemidir. Bu karar verme aşamasında ekonomik, sosyal ve çevresel koşullarını dikkate alan kararların alınması gerekir.

Yatırım maliyetleri açısından oldukça fazla kaynak gerektiren YHT istasyonlarının yer seçiminde uygun yöntemlerin kullanılması ekonomik ve sosyal yaşamı etkilemekte ve değerlendirme prosesini sağlıklı kılmaktadır. Seçim prosesinde belirlenen ölçütler

ve alternatifler arasındaki ilişkileri değerlendirmek için ÇKKV yöntemleri sık sık kullanılmaktadır [29]. Bu teknolojiye proje değerlendirilirken bazı sorunlarla karşılaşabilmektedir. Analitik yöntemlerin kullanılması, matematiksel modelleme ve optimizasyon çalışmaları bu problemlerin çözümünde ve karar verme sürecinde etkilidir.

Yapılan bu çalışmada Mersin-Gaziantep YHT projesinde Adana-Mersin arasında yeni inşa

edilecek olan iki demiryolu için alternatif istasyonlar AHP yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. İstasyon yeri seçimi için önerilen prototip ve literatür çalışmaları dikkate alınarak yapılan çıkarımlar sonucunda kurulacak istasyonların yerleri için dört alternatif istasyon yerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmadan çıkan veriler doğrultusunda ölçütlere göre en uygun istasyonun Tarsus İstasyonu olduğu ortaya çıkmıştır. Şehitlik İstasyonu ise öncelik sırasında en son sırada yer almıştır.

İleride yapılacak olan araştırmalarda alternatif sayısının daha çok olduğu hatlarda, önerilen bu model uygulanabilir. Ayrıca istasyonların inşaat maliyetleri de göz önünde bulundurularak matematiksel model geliştirilebilir. Bunun yanı sıra ÇKKV tekniklerinden farklı yöntemler kullanılarak alternatif istasyon lokasyonlarının karşılaştırılması gerçekleştirilebilir.

Bu çalışmanın devam niteliği olarak sadece iki şehir arasındaki istasyonlar için oluşturulan araştırma diğer şehirler arası yer alan istasyonlar için de oluşturulabilir. Bununla birlikte rota belirleme adımında alternatifler bu ölçütlere göre değerlendirilerek optimum lokasyon belirlenebilir.

5. KAYNAKLAR

1. Dinç, S., Hamurcu, M., Eren, T., 2019. Ankara-Sivas Yüksek Hızlı Tren Hattında İstasyon

- Yerlerinin Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Destekli 0-1 Hedef Programlama Modeli. Demiryolu Mühendisliği, (9), 1-16.
2. Sarımehtem, B., Hamurcu, M., Eren, T., 2020. Çok Kriterli Karar Verme: Kırıkkale YHT İstasyonu-Şehir Bağlantısının Sağlanması. Demiryolu Mühendisliği, (11), 26-40.
 3. Eren, T., Hamurcu, M., Alağaç, H.M., 2017. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Kırıkkale Yüksek Hızlı Tren İstasyon Yerinin Seçimi. In 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science 29-30 September 2017 (ISITES2017 Baku-Azerbaijan).
 4. Brunner, I.M., Kim, K., Yamashita, E., 2011. Analytic Hierarchy Process and Geographic Information Systems to Identify Optimal Transit Alignments. Transportation Research Record, 2215(1), 59-66.
 5. Dedemen, Y., 2013. A Multi-Criteria Decision Analysis Approach to GIS-Based Route Selection for Overhead Power Transmission Lines. Master's Thesis, Middle East Technical University, 69.
 6. Soltani, A., Marandi, E.Z., Ivaki, Y.E., 2013. Bus Route Evaluation Using a Two-Stage Hybrid Model of Fuzzy AHP and TOPSIS. Journal of Transport Literature, 7, 34-58.
 7. Yıldırım, V., Yomralıoğlu, T., 2013. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Çizgisel Mühendislik Yapılarında Güzergâh Optimizasyonu: Doğalgaz İletim Hattı Örneği. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 13(1), 1-10.
 8. Alkubaisi, M.I.T., 2014. Predefined Evaluating Criteria to Select the Best Tramway Route. Journal of Traffic and Logistics Engineering, 2(3), 211-217.
 9. Kays, J.T., 2014. Optimal Locations of High-Speed Railway Stations Along Australia's East Coast, AMSI, 7.
 10. Nosal, K., Solecka, K., 2014. Application of AHP Method for Multi-Criteria Evaluation of Variants of the Integration of Urban Public Transport. Transportation Research Procedia, 3, 269-278.
 11. Ahmed, N.G., Asmael, N.M., 2015. A GIS-Assisted Optimal Baghdad Metro Route Selection Based on Multi Criteria Decision Making. Journal of Engineering and Sustainable Development, 19(6), 44-58.
 12. Hamurcu, M., Eren, T., 2015. Ankara Büyükşehir Belediyesi'nde Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi İle Monoray Güzergâh Seçimi. Transist, 8, 410-419.
 13. Saat, M.R., Aguilar Serrano, J., 2015. Multicriteria High-Speed Rail Route Selection: Application to Malaysia's High-Speed Rail Corridor Prioritization. Transportation Planning and Technology, 38(2), 200-213.
 14. Keser, S.B., Yazıcı, A., Günel, S., 2016. A Multi-Criteria Heuristic Algorithm for Personalized Route Planning. Anadolu University Journal of Science and Technology A-Applied Sciences and Engineering, 17(2), 299-313.
 15. Kırlangıçoğlu, C., 2017. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Kent İçi Raylı Sistem Koridor Planlaması. Coğrafya Dergisi, (33), 53-71.
 16. El-Hallaq, M.A., Khalid, D., 2017. Metro Route Site Selection in Gaza City using GIS and Spatial Multi Criteria Evaluation. International Journal of Engineering Inventions, 6, 2278-7461.
 17. Hamurcu, M., Eren, T., 2017. Raylı Sistem Projeleri Kararında AHS-HP ve AAS-HP Kombinasyonu. Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 3(3), 1-13.
 18. Taş, M., Özlemiş, Ş.N., Hamurcu, M., Eren, T., 2017. Ankara'da AHP ve PROMETHEE Yaklaşımıyla Monoray Hat Tipinin Belirlenmesi. Ekonomi İşletme Siyaset ve Uluslararası İlişkiler Dergisi, 3(1), 65-89.
 19. Lee, D.J., 2018. A Multi-Criteria Approach for Prioritizing Advanced Public Transport Modes (APTM) Considering Urban Types in Korea. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 111, 148-161.
 20. Eren, T., Hamurcu, M., Süt, N.İ., 2018. Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Ankara-Sivas Yüksek Hızlı Tren Hat Güzergâhının Değerlendirilmesi. Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 3(3), 22-30.
 21. Hamurcu, M., Eren, T., 2018. An Application of Multicriteria Decision-Making for the Evaluation of Alternative Monorail Routes. Mathematics, 7(1), 16.

22. Sarımehmet, B., Hamurcu, M., Eren, T., 2020. Çok Kriterli Karar Verme: Kırıkkale YHT İstasyonu-Şehir Bağlantısının Sağlanması. Demiryolu Mühendisliği, (11), 26-40.
23. Saaty, T.L., 1977. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. Journal of Mathematical Psychology, 15(3), 234-281.
24. Miç, P., Antmen, Z.F., Erdurak, M.Ö., 2019. Öğrencilerin Seçmeli Ders Seçimi Problemine Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımı. In G. Başyigit Kılıç, A. Çiftçi, A. Yılmaz (Eds.), Mühendislik Alanında Araştırma ve Değerlendirmeler,148, Ankara: Gece Akademi.
25. Ayçin, E., 2019. Çok Kriterli Karar Verme: Bilgisayar Uygulamalı Çözümler. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, 386.
26. Antmen, Z.F., Miç, P., 2018. Çocuk Yoğun Bakım Ünitesinde Çok Kriterli Karar Verme ile Mekanik Ventilator Seçimi ve Bir Uygulama Örneği. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 33(4), 17-30.
27. Saaty, T.L., 1990. How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. European Journal of Operational Research, 48, 9-26.
28. Yüksel, F.Ş., Kalan, O., Işık, M., 2022. Havaalanlarında Dijital Dönüşüm Risklerinin Değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 37(3), 781-792.
29. Kayadelen, A.N., 2021. Bulanık TOPSİS Yöntemi ile Bir Mobilya Fabrikası için Bölge Seçimi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (31), 71-76.

