

# Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Kırıkkale Yüksek Hızlı Tren İstasyon Yerinin Seçimi

<sup>1</sup>Tamer Eren, <sup>2</sup>Mustafa Hamurcu ve <sup>3</sup>Hacı Mehmet Alağaç  
<sup>1,2,3</sup>Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 71451 Kırıkkale, Türkiye

## Özet

Türkiye’de raylı sistem ağlarını genişletme düşüncesiyle birçok yüksek hızlı tren projesi hayata geçirilmiştir. Aynı zamanda halen yapımı devam eden ve düşünülen raylı sistem projeleri mevcuttur. Bu çalışmada öncelikle istasyon yerinin belirlenmesi için değerlendirme kriterleri belirlenmiştir. İkinci aşamada ise yapımı devam eden Ankara-Sivas hızlı tren hattının üzerinde bulunan Kırıkkale ilinde yöneticiler tarafından belirlenen istasyon yeri ile alternatif istasyon yerleri, belirlenen kriterler bazında değerlendirilmiştir. İstasyon yerlerinin değerlendirilmesinde çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma neticesinde istasyon alternatiflerinin arasından kriterler doğrultusunda en uygun istasyon yeri belirlenmiş, belirlenen yerin uygunluğu üzerinde tartışmalar yapılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Yüksek hızlı tren, İstasyon yeri seçimi, Çok kriterli karar verme, Kırıkkale

## Abstract

Many high-speed train projects with the idea of expanding the rail network have been launched in Turkey. At the same time there are still ongoing and planned railway system projects. In this study, firstly evaluation criteria are determined for the selection of station location. In the second phase, Station location determined by the managers and alternative station locations are evaluated on the basis of the determined criteria for Kırıkkale which is located on the Ankara-Sivas high speed railway line. Multi-criteria decision making methods have been used to compare the station locations. As a result of the study, the best station location is determined according to the criteria among the station alternatives, discussions on the appropriateness of the chosen place have been made.

**Key Words:** High-speed train, Station location selection, Multi-criteria decision making, Kırıkkale,

## 1. Giriş

Türkiye’de şehirler arasındaki seyahat süresinin azaltılması, hızlı, konforlu ve güvenli bir ulaşım imkânı oluşturulması ve aynı zamanda ulaşımdaki demiryolu payının artırılması amacıyla hızlı tren projelerini hayata geçirmektedir. Ülkenin her köşesine raylı sistemlerle ulaşma hedefi üzerine birçok proje hayata geçirilmiş ve halen inşası devam eden hatlar ve projelendirilmekte olan yeni güzergahlar ile hızlı trenler vasıtasıyla demiryolu ulaşımına ağırlık verilmektedir. Türkiye’de işletilmekte olan, inşası devam eden ve plan aşamasında olan projeler Tablo 1’de gösterilmektedir.

**Tablo 1.** Türkiye’de yüksek hızlı tren hatları

Hat	Hat uzunluğu(km)	Durumu
Ankara-İstanbul	533	Faal
Ankara-Eskişehir	245	Faal
Ankara-Konya	212	Faal
Eskişehir-Konya	360	Faal
Ankara-Sivas	466	İnşa Halinde
Ankara-İzmir	624	İnşa Halinde
Ankara-Afyon	281	Plan Aşamasında
Bandırma-Bursa-Osmaneli	190	Plan Aşamasında
Ankara-Kayseri	350	Plan Aşamasında
Halkalı-Bulgaristan	230	Plan Aşamasında
Sivas-Erzincan-Erzurum-Kars	710	Plan Aşamasında

Küçük Asya ile İpek yolu güzergâhındaki Asya ülkelerini birleştiren demiryolu koridorunun önemli akslarından biri olan Ankara-Sivas Yüksek Hızlı Tren (YHT) hattının yapımı devam ediyor. Sivas-Erzincan, Erzincan-Erzurum-Kars hızlı tren hatlarıyla Bakü-Tiflis-Kars demiryolu projesine entegre edilecektir. Ankara-Sivas YHT hattı Şekil 1’de gösterilmektedir (<http://www.tcdd.gov.tr/content/59>).

Mevcut Ankara-Sivas demiryolu 603 km olup, seyahat süresi 12 saattir. İki kent arasındaki seyahat süresini kısaltacak projeye maksimum 250 km/saat hıza uygun, çift hatlı, elektrikli, sinyalli yeni yüksek hızlı demiryolu yapımı hedeflendi. Proje tamamlandığında seyahat süresi 12 saatten 2 saate düşecektir.

**Şekil 1.** Ankara-Sivas Yüksek Hızlı Demiryolu Projesi Güzergahı (<http://www.tcdd.gov.tr/content/59>)

YHT’lerin başlangıç ve sabit maliyetleri yüksek olan sistemlerdir. Şehirler arası yolculuklar günün belirli saatlerinde yapılmaktadır. YHT hattının kurulması kadar doğru bir şekilde işletilmesi de karlılık açısından önemlidir. Hizmet sağlanan bölgedeki yolcu potansiyelinin yüksek ve doluluk oranlarının tam kapasiteye yakın olması gerekmektedir. Ayrıca, yapılan

seferlerin de sık olması, taşınan yolcu sayısı için önemli olup, hat istasyon yerlerinin belirlenmesi bu nokta kritik faaliyet olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ulaşım planlamasında önemli adımlardan biri de istasyon yerlerinin belirlenmesidir. İyi bir planlama ile kurulacak istasyon yerinin yolcular tarafından tercih edilebilir nitelikte ve işletme açısından talepleri karşılayabilir ve çevre açısından da çevreye uygun olması sağlanmalıdır.

Şehirler arası ulaşımın sağlanmasında, hızlı güvenilir ve rahat olan yüksek hızlı trenler gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Dünya üzerinde birçok ülkede işletilmekte olan sistem ile şehirler birbirine bağlanmaktadır. Bu sistemin planlaması, uygulanması ve planlanma süreçleri üzerinde önemle durularak belirli kriterler üzerinde etüt çalışmaları yapılmaktadır. Bu kapsamda ulaşım üzerine çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin uygulanması ile ilgili yapılan literatür incelenmiştir. Esmizadeh vd. [2] Tahran'da yeni bir metro hattı oluşturmak için karşılaştırmak üzere yedi alternatif hat belirlemiş ve ANP ile bulanık VIKOR yöntemlerini kullanarak açılmak istenen yeni metro hattını bulmaya çalışmışlardır. Kuby vd. [3] çalışmasında raylı sistem taleplerini tahmin etmek için trafik, çoklu bağlantı, şehir içi, ağ yapısı, sosyo-ekonomik durum kriterlerini kullanmıştır. Lai vd. [4] istasyon yerlerinin optimizasyonu ile ilgili çalışma yapmıştır. Marković vd. [5] raylı sistem güzergâh seçimi problemi üzerine çalışmıştır ve Mohajeri vd. [6] demiryolu istasyonu açmak için en uygun yeri bulmaya yönelik çalışmıştır. Repolho vd. [7] istasyon konum modellerini optimize etme üzerine çalışmışlardır. Wey [8] bulanık AHP ve veri zarflama(DEA) yöntemlerini kullanarak, Taipei'de (Tayvan) yeni bir metro istasyonunun inşası için en iyi saha seçimini ve planlamasını bir vaka analizi ile sunmaktadır. AHP'de kullanmak üzere istasyon alanı arazi kullanımı, istasyon çevresi nüfus yoğunluğu, trafik yoğunluğu ve ekonomi kriterlerini belirlemiştir. Mateus vd. [9] çok kriterli karar vermeyi kullanarak alternatif istasyon yerleri arasından en iyi olanı seçmek için teknik, ekonomik, sosyal ve çevresel ana kriterleri ve alt kriterler doğrultusunda seçim yapmışlardır. Shen vd. [10] istasyon yerlerini bölgesel erişilebilirliğin gelişmesi, nüfusun gelişme potansiyeli gibi faktörler ile farklı senaryolar değerlendirmiştir.

Bu çalışmada, Ankara-Sivas hızlı tren hattının bir durağı olacak olan Kırıkkale için belirlenen istasyon yeri ile beraber alternatif olabilecek 2 istasyon yeri çok kriterli karar verme yöntemlerinde olan AHP ile değerlendirilerek yöneticiler tarafından belirlenen istasyonun uygunluğu tartışılmış ve değerlendirmelerde bulunulmuştur.

## 2. Çok Kriterli Karar Verme

Çok kriterli karar verme, alternatifler arasından belirlenen değerlendirme kriterleri ile ikili karşılaştırma esasına dayanarak kriterler ve amacımız dahilinde en iyi seçimi veren analitik bir seçim sürecini kapsamaktadır. Birçok çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemi olup sıklıkla kullanılanları; AHP, ANP, TOPSIS, VIKOR, PROMETHEE'dir. Bu çalışmada AHP yöntemi

kullanılmıştır. AHP yöntemi Saaty'nin 1-9 skalasını kullanarak ikili karşılaştırma yapmaktadır. Belirli bir karar sürecini kapsayan AHP yönteminin genel adımları; Karar verme problemi tanımlanır, faktörler arası karşılaştırma matrisi oluşturulur, faktörlerin yüzde önem dağılımları belirlenir, faktörlerin yüzde önem dağılımları belirlenir, her bir faktör için, m karar noktasındaki yüzde önem dağılımları bulunur, karar noktalarındaki sonuç dağılımının bulunması.

AHP yöntemi birçok alanda sıklıkla kullanılmaktadır. Ulaşım sektöründe AHP yöntemi, Gür vd. [11], Saaty [12] ulaşım planlamada, Hamurcu vd. [13], proje seçimi, Hamurcu ve Eren [14] monoray teknoloji seçimi, Banai [15], hafif raylı sistem koridoru planlamada kullanmışlardır.

### 3. Uygulama

Son 10 yılda yüksek hızlı tren yatırımları artmıştır. Ancak halen bu isteme ihtiyaç duyulan bölgeler vardır. Bu bölgelerde belirlenecek istasyon yerleri hattın verimliliği için kritik rol oynayacaktır. Bu çalışmada da Ankara-Sivas yüksek hızlı tren güzergahında Kırıkkale istasyon yeri ele alınmıştır.

#### 3.1. Alternatiflerin belirlenmesi

Alternatifler, biri yöneticiler tarafında belirlenen ve inşa halinde olan istasyonun yeri olmak üzere diğer üçü uzman görüşleri doğrultusunda belirlenen sırasıyla, Yahşihan istasyonu, Kaletepe istasyonu ve Yüksek İhtisas istasyonlarıdır. Bu istasyonlar ve sembolik gösterimleri Tablo 2'de gösterilmektedir. Değerlendirilecek istasyonların harita üzerinde gösterimi ise Şekil 2'de verilmektedir.

**Tablo 2.** Alternatif istasyon yerleri

Numara	Sembol	İstasyon yeri
1	A1	Osman Gazi
2	A2	Yenişehir
3	A3	Kaletepe
4	A4	Yüksek İhtisas



Şekil 2. Kırıkkale için değerlendirilecek 4 alternatif istasyon yeri

### 3.2. Değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi

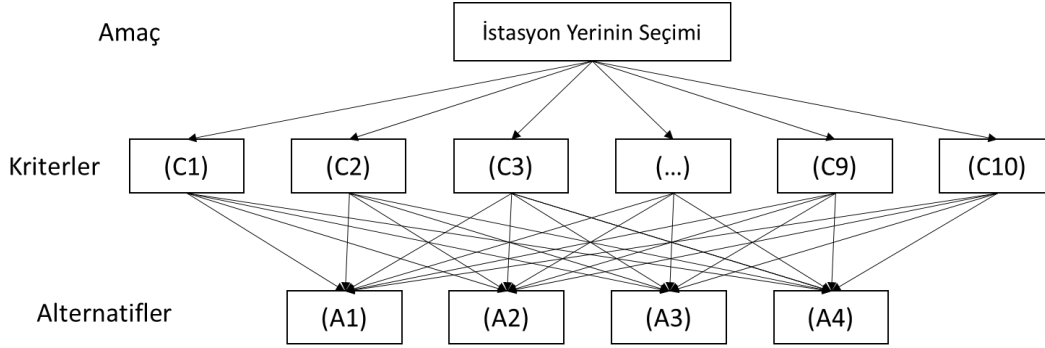
Ulaşım projelerinin değerlendirilmesi genellikle ekonomik, teknik ve lojistik, çevresel, güvenlik, sosyal etki, arazi kullanımı gibi ana kriter başlıkları altında çeşitli alt kriterler ile yapılmaktadır [16]. Değerlendirme kriterleri literatür araştırması ve uzman personel görüşü alınarak belirlenmiştir. Belirlenen kriterler, açıklamaları ile Tablo 3'te gösterilmektedir.

Tablo 3. İstasyon yeri değerlendirme kriterleri

Sıra	Sembol	Değerlendirme Kriterleri	Açıklama
1.	C1	Şehir merkezine yakınlık	İstasyonun kurulacağı bölgenin şehir merkezine olan mesafesine göre yakınlık derecesi
2.	C2	Erişilebilirlik	İstasyonun kurulacağı bölgeye hem yürüyerek hem de araçla ulaşımının kolaylığını dikkate alan bir kriterdir.
3.	C3	Arazi yapısı	Bölgenin engebeli, dağlık veya düz olması durumlarını ifade etmektedir.
4.	C4	Bölgenin genişleme potansiyeli	Şehrin genişleme yönü dikkate alınarak bölgenin genişleme potansiyelini ifade eder.
5.	C5	Yatırım maliyeti	İstasyonun kurulacağı bölgenin özelliklerine bağlı olarak binaların, sosyal mekânların vs. inşası ile ilgili katlanılması gereken yatırım tutarı
6.	C6	Ekonomik katkı	İstasyonun kurulacağı bölgeye sağlayacağı ekonomik katkıyı ifade eder.
7.	C7	Güvenlik	İstasyonun kurulacağı bölgenin güvenlik yolcular açısından güvenlik riski
8.	C8	Çevresel faktörler	Bölgenin sit alanlarına ve korumalı bölgelere olan etkisini ifade eder.
9.	C9	Toplu ulaşım imkânı	Mevcut toplu ulaşım imkanları ile istasyonun kurulacağı bölgeye ulaşımın kolaylığı
10.	C10	Kamulaştırma maliyeti	İstasyonun kurulacağı bölgenin kamulaştırma bedelini ifade eder.

### 3.3. Hiyerarşinin oluşturulması

AHP’de karar süreci hiyerarşi doğrultusunda yapılmaktadır. Karar hiyerarşisi problemin amacı, kriterler ve en alt kısımda değerlendirilecek alternatifler olmak üzere oluşmaktadır. Çalışmanın karar hiyerarşisi Şekil 3.’te gösterilmektedir.



Şekil 3. Problemin karar hiyerarşisi

### 3.4. Karşılıklı ikili karşılaştırmaların yapılması

Kriterlerin ve alternatiflerin birbirinden bağımsız olduğu varsayımı ile karşılıklı ikili karşılaştırmalar yapılmaktadır. Önce kriterler kendi aralarında karşılaştırılıp öz vektörleri bulunmuş daha sonra her kriter bazında alternatifler ayrı ayrı ikili karşılaştırılmıştır. Kriterlerin ikili karşılaştırılması Tablo 4’te gösterilmektedir.

Tablo 4. Kriterlerin karşılaştırılması

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	Özvektör	Ağırlık
C1	1,000	3,000	5,000	3,000	3,000	3,000	1,000	3,000	3,000	3,000	0,194	2,260
C2	0,333	1,000	3,000	3,000	0,333	3,000	0,333	3,000	1,000	0,333	0,087	0,992
C3	0,200	0,333	1,000	0,333	1,000	0,333	0,200	2,000	0,200	0,250	0,034	0,364
C4	0,333	0,333	3,000	1,000	2,000	1,000	0,333	3,000	0,333	0,333	0,063	0,692
C5	0,333	3,000	1,000	0,500	1,000	0,333	0,333	2,000	0,200	1,000	0,064	0,745
C6	0,333	0,333	3,000	1,000	3,000	1,000	0,200	3,000	0,250	0,333	0,064	0,716
C7	1,000	3,000	5,000	3,000	3,000	5,000	1,000	5,000	3,000	3,000	0,210	2,446
C8	0,333	0,333	0,500	0,333	0,500	0,333	0,200	1,000	0,200	0,200	0,029	0,307
C9	0,333	1,000	5,000	3,000	5,000	4,000	0,333	5,000	1,000	2,000	0,142	1,670
C10	0,333	3,000	4,000	3,000	1,000	3,000	0,333	5,000	0,500	1,000	0,113	1,304

Tutarlılık indeksi: 0,1467

Tutarlılık oranı: 0,0984

Tutarlılığı ve önem seviyeleri ve her kriter bazında alternatiflerin değerlendirildiği süreçte lamda değerleri ve tutarlılık oranları Tablo 5’te gösterilmektedir.

**Tablo 5.** Alternatiflerin değerlendirilmesi

Nu.	Kriterler	Alternatifler	Kriter Özvektörleri	Lamda Değeri	Tutarlılık Oranı
1	C1	A1	0,1163	4,2648	0,0883
		A2	0,1089		
		A3	0,3156		
		A4	0,4592		
2	C2	A1	0,0976	4,2670	0,0890
		A2	0,1168		
		A3	0,5505		
		A4	0,2351		
3	C3	A1	0,5230	4,2582	0,0861
		A2	0,2903		
		A3	0,1207		
		A4	0,0660		
4	C4	A1	0,0517	4,2499	0,0833
		A2	0,2558		
		A3	0,1448		
		A4	0,5477		
5	C5	A1	0,4843	4,2423	0,0808
		A2	0,1636		
		A3	0,2675		
		A4	0,0846		
6	C6	A1	0,1219	4,1185	0,0395
		A2	0,0569		
		A3	0,5579		
		A4	0,2633		
7	C7	A1	0,0617	4,2378	0,0793
		A2	0,1122		
		A3	0,1909		
		A4	0,6352		
8	C8	A1	0,5193	4,0436	0,0145
		A2	0,0789		
		A3	0,2009		
		A4	0,2009		
9	C9	A1	0,0556	4,2347	0,0782
		A2	0,2950		
		A3	0,1101		
		A4	0,5393		
10	C10	A1	0,0716	4,2235	0,0745
		A2	0,5278		
		A3	0,2156		
		A4	0,1851		

### 3.6.Önem ağırlıklarının bulunması

Alternatiflerin önem ağırlıkları, kriter önem ağırlıkları ile her kriter bazında ayrı ayrı değerlendirilerek bulunan alternatiflerin öz vektörlerinin matris çarpımı hesaplanarak bulunmaktadır. Tablo 6’da alternatiflerin önem seviyeleri ve yüzde oranları gösterilmektedir.

**Tablo 6.** Alternatiflerin önem ağırlıkları

Alternatifler	Önem Seviyesi	Yüzde Oran	Sıralama
A1	0,134742932	0,1347	4
A2	0,198862603	0,1989	3
A3	0,261083954	0,2611	2
A4	0,405310512	0,4053	1

Sonuçlara göre %40,53'lük oran ile Yüksek İhtisas, %26,11 ile Kaletpe, %19,47 ile Yenişehir ve son olarak %13,47 ile Osmangazi yüzdeleriyle sıralanmışlardır. Sıralamanın bu şekilde çıkması değerlendirme kriterlerinde şehir merkezine yakınlık, güvenlik, toplu ulaşım imkânı ve kamulaştırma maliyeti kriterlerinin bütün içindeki önem ağırlığının yüksek olması büyük etki etmiştir. Sonuçta ortaya çıkan en yüksek oranlı yer bu kriterler bakımından uygun bir bölgedir.

#### 4. Sonuçlar

Ülkemizde yüksek hızlı tren hattı projelerine gün geçtikçe yenileri eklenmektedir. Bu projelerde hattın geçiş güzergahı ve istasyon yerleri şehirlerin ilgili bölgelerinde sosyal ve ekonomik yönden büyük artılar sağlamaktadır. Hattın güzergahı üzerinde şehrin hangi bölgesine istasyonun kurulacağı önemli bir karar problemidir. Bu karar sürecinde sosyal, ekonomik ve çevresel koşullar dikkate alınarak karar verilmesi gerekmektedir. Yapılan bu çalışmada da Kırıkkale ili için yüksek hızlı tren güzergahı üzerinde yer alan bölgeler dikkate alınarak istasyon yerinin seçilmesi problemi ele alınmıştır. Literatürde yer alan istasyon yeri seçim çalışmaları dikkate alınarak belirlenen kriterlere göre 4 alternatif yer karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda kriterlere göre en uygun yer Yüksek İhtisas Hastanesinin bulunduğu bölge çıkmıştır. Osmangazi bölgesi ise son sırada yer almaktadır.

Bu çalışmanın devamı olarak tek bir il için yapılan çalışma diğer iller için de yapılabilir. Ayrıca, güzergâh belirleme aşamasında bu kriterlere göre alternatifler değerlendirilerek en uygun yer belirlenebilir. Farklı çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak alternatiflerin karşılaştırılması yapılabilir.

#### References

- [1] <http://www.tcdd.gov.tr/content/59> (Erişim tarihi: 10.06.2017)
- [2] Esmizadeh, Y. Hub location selection decision with a hybrid method of fuzzy dematel analytical network process and fuzzy vikor. 6th International Conference Of Iranian Operations Research Society Research Center Of Operations Research, 2013.



- [3] Kuby, M., Barranda, A., Upchurch, C. factors influencing light-rail station boardings in the united states. *Transportation Research Part A*, 2004; 38, 223–247.
- [4] Lai, X. Optimization of station locations and track alignments for rail transit lines. Department Of Civil & Environmental Engineering, 2012.
- [5] Marković, M., Ivić, M., vd. Multicriteria decision-making in railway route planning and design. *Građevinar*, 2012; 64(3), 195-205.
- [6] Mohajeri, N., Amin, G. railway station site selection using analytical hierarchy process and data envelopment analysis. *Computers & Industrial Engineering*, 2010; 59, 107–114.
- [7] Repolho, M., H., Church, R., C. Antunes, A. P. Optimizing station location and fleet composition for a high-speed rail line. *Transportation Research Part E*. 2016; 93, 437–452.
- [8] Wey, W. Smart growth and transit-oriented development planning in site selection for a new metro transit station in Taipei, Taiwan. *Habitat International*. 2015; 47, 158-168.
- [9] Mateus, R., Ferreira, J. A., & Carreira, J. Multicriteria decision analysis (MCDA): Central Porto high-speed railway station. *European Journal of Operational Research*, 2008; 187(1), 1-18.
- [10] Shen, Y., e Silva, J. D. A., & Martínez, L. M. HSR Station Location Choice and its Local Land Use Impacts on Small Cities: A Case Study of Aveiro, Portugal. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 2014; 111, 470-479.
- [11] Gür Ş., Hamurcu M., Eren T., “Ankara’da monoray projelerinin analitik hiyerarşi prosesi ve 0-1 hedefprogramlama ile seçimi”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, (Basımda).
- [12] Saaty, T. L. Transport planning with multiple criteria: the analytic hierarchy process applications and progress review. *Journal of Advanced Transportation*, 1995;29, 81–126.
- [13] Hamurcu, M., Eren, T. A multicriteria decision-making for monorail route selection in Ankara. *International Journal of Industrial Electronics and Electrical Engineering*, 2016; 4 (5), 121-125.
- [14] Hamurcu, M., Eren. T. Çok ölçütlü karar verme yöntemleri kullanılarak monoray teknolojisi seçimi. *Transist 9. Uluslararası Ulaşım Teknolojileri Sempozyumu ve Fuarı*, İstanbul, 1-3 Aralık 2016.

- [15] Banai, R. Public transportation decision-making: A case analysis of the Memphis Light Rail Corridor and route selection with Analytic Hierarchy Process. *Journal of Public Transportation*, 2016: 9(2), 1.
- [16] Pérez, J. C., Carrillo, M. H., & Montoya-Torres, J. R. Multi-criteria approaches for urban passenger transport systems: A literature review. *Annals of Operations Research*. 2015; 226(1), 69-87.