

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/335467077>

# Ankara–Sivas Yüksek Hızlı Tren Hattında İstasyon Yerlerinin Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Destekli 0–1 Hedef Programlama Modeli

Article · January 2019

CITATION

1

READS

168

3 authors, including:



**Mustafa Hamurcu**  
Kirikkale University

70 PUBLICATIONS 533 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Tamer Eren**  
Kirikkale University

244 PUBLICATIONS 1,670 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



MAINTENANCE SCHEDULING IN THE HYDROELECTRIC POWER PLANT (Supervised M.Sc.Thesis) [View project](#)



Maintenance Strategy Selection in the Hydroelectric Power Plants [View project](#)



## Ankara-Sivas Yüksek Hızlı Tren Hattında İstasyon Yerlerinin Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Destekli 0-1 Hedef Programlama Modeli

Sema DİNÇ<sup>1</sup>, Mustafa HAMURCU\*<sup>1</sup>, Tamer EREN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 71450, Kırıkkale, Türkiye

\*hamurcu.mustafa@kku.edu.tr

(Alınış / Received: 9.10.2018, Kabul / Accepted: 29.11.2018, Yayımlama/Published: 31.1.2019)

**Özet:** Yüksek hızlı tren (YHT), güvenli, konforlu ve verimli bir ulaşım modudur. Yüksek yolcu kapasitesi ve kısa seyahat süresi sunma yeteneği nedeniyle, YHT, birçok ülkede ve Türkiye’de son zamanlarda şehirler arası ana trafik koridorlarının trafik yükünü hafifleten başlıca araçlardan biri haline gelmiştir. Son yıllarda, Türkiye’de demiryolu ağını genişletmek amacıyla yatırımlar yapılmakta ve bunun için büyük bütçeler ayrılmaktadır. Bu kapsamda, yüksek hızlı tren hatlarından biri olan Ankara-Sivas yüksek hızlı tren hattının inşası ise devam etmektedir. Bu çalışmada da ulaşım planlamanın önemli adımlarından biri olan istasyon yerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Hattın tercih edilebilirliğinin artırılması ve hat verimliliğinde istasyon yerlerinin belirlenmesi ve optimizasyonu büyük öneme sahiptir. Bu çalışmada, önce analitik hiyerarşi prosesi ile Ankara-Sivas YHT üzerinde muhtemel istasyon yerlerinin önem ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra önem ağırlığı, maksimum nüfus ve merkeze yakınlık hedeflerinin sağlanması amacı ve özel kısıtlar ile birlikte hedef programlama modeli kurulmuştur. Model ILOG programı kullanılarak çözülmüş ve optimum istasyon sayısı ve yerleri belirlenmiştir. Sonuçta, hat üzerinde dört istasyon yeri belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Analitik Hiyerarşi Prosesi, Hedef Programlama, İstasyon Yeri Seçimi, Yüksek Hızlı Tren

### Multicriteria Decision Making Aided 0-1 Goal Programming Model for Selection of Station Location in the Ankara-Sivas High Speed Rail Line

**Abstract:** The high-speed rail (HSR) system is a safe, comfortable, and efficient transportation mode. Due to its ability to high passenger capacity and provide short travel times, HSR has become one of the major tools to alleviate the traffic burden of some main traffic corridors in many cities and in Turkey. In recent years, it is made the new investments to expand the railway network in Turkey and big budgets are allocated for it. The construction of the Ankara-Sivas HSR line, which is one of the HSR lines, continues. The aim of this study is to determine the station locations which are one of the important steps of transportation planning. It is of great importance to increase the preferability of the line and to identify and optimize station locations in line efficiency. In this study, firstly the importance weights of possible stations on the Ankara-Sivas HSR line are determined with analytic hierarchy process. Then the goal programming model has been established for the aim of providing importance of weight, maximum population, proximity to center and special constraints. The model is solved using the ILOG program and the optimum station number and location are determined, and four station locations are identified.

**Key words:** Analytic Hierarchy Process, Goal Programming, Selection of Station Location, High Speed Rail

Atıf için/Cite as: S. DİNÇ, S., Hamurcu, M., EREN, T., Ankara-Sivas Yüksek Hızlı Tren Hattında İstasyon Yerlerinin Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Destekli 0-1 Hedef Programlama Modeli, Demiryolu Mühendisliği, 2019(9):1-16

# Demiryolu Mühendisliği

## 1. Giriş

Gelişmiş ülkelerde ulaşım sistemleri içerisinde ucuz ve güvenli olması sebebiyle önemli bir yere sahip olan demir yolları, Türkiye’de özellikle 2003 yılından sonra yeniden yapılanma süreci ile birlikte hızlı bir gelişim göstermiştir. Günümüzdeki gelişmeler doğrultusunda hat kapasitesindeki artış ile birlikte artan hız ve taşıma kapasitesi Türkiye’de de demir yollarının önümüzdeki dönemlerde istenilen seviyelere çıkacağını göstermektedir. Bu bağlamda, Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) son dönemde yaptığı yatırımlarla daha etkin ve hızlı yolcu taşımacılığını sağlamak adına büyük adımlar atmıştır. Bu atılımın en önemli bölümünü ise Yüksek Hızlı Tren (YHT) projeleri oluşturmaktadır. Türkiye’de tamamlanan, inşası devam eden ve plan aşamasında olan projeler Tablo 1.’de gösterilmektedir.

**Tablo 1.** Yapımı Tamamlanan, Devam Eden Ve Planlanan Hızlı Tren Projeleri (TCDD)

<b>Tamamlanan Hatlar</b>	<b>Hat Uzunluğu (km)</b>
Ankara-İstanbul	533
Ankara-Eskişehir	245
Ankara-Konya	212
Eskişehir-Konya	360
Bakü-Tiflis-Kars	828 (76’sı Türkiye’de)
<b>İnşaatı Devam Eden Hatlar</b>	<b>Hat Uzunluğu (km)</b>
Ankara-Sivas	466
Ankara-İzmir	624
<b>Projesi Devam Eden Hatlar</b>	<b>Hat Uzunluğu (km)</b>
Ankara-Afyon	281
Bandırma-Bursa-Osmaneli	190
Ankara-Kayseri	350
Halkalı-Bulgaristan	230
Sivas-Erzincan-Erzurum-Kars	710

Ülkemizde YHT ile yolcu taşımacılığı 2009 yılında başlamış olup, hâlihazırda TCDD İşletmesi Genel Müdürlüğü tarafından Ankara-İstanbul, Ankara-Eskişehir, Ankara-Konya ve Eskişehir-Konya güzergâhlarındaki YHT hatlarında sürdürülmektedir. TCDD’nin hedefleri arasında YHT hatlarının artırılması ve YHT ile yolcu taşımacılığının yaygınlaştırılması önemli bir yer tutmaktadır. Bu çerçevede, tamamlanan hatların yanı sıra, Ankara’yı merkez alan farklı hatlarda YHT yatırımları devam etmektedir. Bu çalışmada seçilmiş ülkelerde ve Türkiye’de YHT işletmeciliği, YHT’nin gelişimi ile yapılan ve yapılmakta olan YHT yatırımları temel hatlarıyla ele alınmaktadır. YHT’lerin, zaman tasarrufu ve erişim kolaylığı sağlaması, konforlu ve güvenli olması gibi önemli avantajları bulunmaktadır. Bunların yanında, alternatif ulaşım modlarında görülen karmaşıklığın ve kazaların azaltılması da YHT’lerin avantajları arasındadır. YHT yatırımları ülkenin saygınlığı açısından önemli ulaşım yatırımları olup, sosyal ve uluslararası alandaki konumları açısından YHT yatırımlarının maliyetine katlanılabilirliğin doğru hesaplanması büyük önem taşımaktadır. Başlangıç ve sabit maliyetleri yüksek olan YHT’lerin gelir getirici olabilmesi için 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, tarifelerin, müşterilerin ödeme yapabilmeleri bakımından diğer ulaşım modlarıyla rekabet edebilirliği de büyük öneme sahiptir.

# Demiryolu Mühendisliği

Türkiye’de şehirler arası seyahat süresinin kısa olması, hızlı, konforlu ve güvenli bir ulaşım sağlaması ile YHT’lerin yaygınlaştırılması istenmektedir. Raylı sistemlerde ulaşım hedefi üzerine birçok proje hayata geçirilmiş ve hâlâ inşası devam eden hatlar ve projelendirilmekte olan yeni güzergâhlar bulunmakta olup hızlı tren ulaşımına ağırlık verilmektedir. Hızlı trenle taşımacılığın yaygınlaşmasındaki temel etkenler konusunda farklı görüşler vardır, bunlar: güvenlik [1], zaman kazanmadaki çekicilik [2] ve YHT teknolojisindeki modernleşmedir [3].

Raylı sistem hattının kurulacağı bölge veya güzergâh, yatırımın verimliliği bakımından (hattın kullanılabilirliği) önem arz etmektedir. Ayrıca hat üzerinde planlanan istasyon yerleri de en az hattın güzergâh planlanması kadar önemlidir. İstasyonlara erişilebilirliğin sağlanması noktasında belirlenebilecek istasyon yerleri, bölgenin nüfusu, genişleme potansiyeli ve mevcut ulaşım entegrasyonu gibi faktörler göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Ayrıca yüksek hızlı trenler için hız limitleri, yavaşlama ve hızlanma ivmeleri dikkate alınarak optimum istasyon aralıklarının belirlenmesi işletme kaynaklarının etkili kullanımının yanında, hız faktörü ile mesafelerin kısalması sağlanmış olacaktır. Hat etkinliğinin artırılması, erişilebilirliğin sağlanması doğrultusunda yolcular için tercih edilebilir alternatifler sunulması ile sağlanılabilecektir. Dolayısıyla istasyon yeri seçimi gibi birçok karar sürecine, birçok faktörün etki etmesi, analitik süreçleri ve matematiksel modelleri gerektirmektedir. Bu çalışmada da çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan analitik hiyerarşi prosesi (AHP) ve birden fazla amacı aynı anda matematiksel modele dahil edebileceğimiz, hedef programlama kullanılmıştır.

İstasyon yeri seçimi için bir modelin önerildiği bu çalışmanın ikinci bölümünde, istasyon yeri seçiminin öneminden bahsedilmiş ve literatür taramasına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan AHP ve 0-1 hedef programlama hakkında, dördüncü bölümde uygulamanın yapıldığı güzergâh hakkında bilgi verilmiştir. Alternatifler ve kriterler belirtilmiş bunların kıyaslamaları yapılmış ve önem dereceleri belirlenmiştir. Hedef programlama modeli kurulmuş Beşinci bölümde ise sonuç ve değerlendirilmelere yer verilmiştir.

## 2. Literatür Araştırması

Ulaşım planlamada önemli adımlardan biri de istasyon yerlerinin belirlenmesidir. İyi bir planlama ile kurulacak istasyon yerinin yolcular tarafından tercih edilebilir nitelikte, işletme açısından talepleri karşılayabilir ve çevre açısından da çevreye uygun olması gerekmektedir. Hızlı, güvenilir ve rahat olan yüksek hızlı trenler, ulaşımı kolaylaştırdığı için gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Dünya üzerinde birçok ülkede şehirler, birbirine bu vasıta ile bağlanmaktadır. Bu sistemin planlanması, uygulanması ve planlanma süreçleri üzerinde önemle durularak belirli kriterler üzerinde etüt çalışmaları yapılmaktadır. Bu kapsamda ulaşım planlamanın önemli bir adımı olan istasyon yeri seçimi ve optimizasyonu üzerine yapılan literatür incelenmiştir.

Lai [4], istasyon yerlerinin optimizasyonu ile ilgili vaka analizi yapmıştır. Kosijer vd. [5] raylı sistem güzergâh seçimi problemi üzerine çalışmış; Mohajeri ve Amin [6] demiryolu istasyonu açmak için en uygun yeri bulmaya yönelik model sunmuşlardır. Model, dört ana kriter kullanır: demiryolu ile ilgili, yolcu hizmetleri, mimarlık-şehirçilik ve ekonomi. Repolho vd. [7] istasyon konum modellerini optimize etme üzerine çalışmışlardır. Mateus vd. [8] çok kriterli karar verme yöntemini kullanarak olası istasyon yerleri arasından en

iyi olanı seçmek için teknik, ekonomik, sosyal ve çevresel ana kriterler ve alt kriterler doğrultusunda seçim yapmışlardır.

Shen vd. [9], çalışmalarında farklı seyahat modları ile yolculuk zamanını ölçerek en uygun istasyon yerini belirlemişlerdir. Borndörfer vd. [10] Almanya'da demiryolu ağını genişletmek için en fazla faydayı sağlayacak istasyon yerlerinin belirlenmesi için bir vaka çalışması yapmışlardır. Yaghini ve Jafari [11] İran'ın Mashhad kentinde yeni istasyon yerleri için nüfusu maksimize edecek bir matematiksel model kullanmışlardır.

Kays [12] Avustralya'nın doğu kıyısında yüksek hızlı trenlerin en uygun istasyon yerlerini analiz etmek için karışık tamsayı modeli kullanmıştır. Wetwitoo ve Kato [13] yüksek hızlı tren ile Japon yüksek hızlı tren durumunda bölgesel ekonomik verimlilik arasındaki ilişki incelemişlerdir. Deng vd. [14] kentsel raylı sistem hattını besleyici otobüslerin seyahat masraflarını, ulaşım maliyetlerini, otobüs bekleme maliyetini ve müşteri sayısını önemseyen bir genetik algoritma kullanmışlardır.

Yehb vd. [15] yolcu treni servis planlaması için çok amaçlı matematiksel model kullanmışlardır. Blanco vd. [16] İspanya'da yüksek hızlı tren ağını genişletmek için yeni bir model önermiş ve bu modelde zaman ve şehir sayısına göre simülasyon yapmışlardır. Escudero ve Munoz [17] genişletilmiş hızlı ulaşım ağ tasarımı probleminin bir modifikasyonu ele almışlardır ve bu problemi çözmek için iki aşamalı bir yaklaşım önermişlerdir. Eren vd. [18] çalışmalarında Ankara-Sivas hızlı tren hattının üzerinde bulunan Kırıkkale ilinde yöneticiler tarafından belirlenen istasyon yeri ile alternatif istasyon yerlerini, belirlenen kriterler bazında değerlendirmişlerdir ve istasyon yerlerinin değerlendirilmesinde çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanmışlardır.

### 3. Yöntemler

Bu bölümde çalışmada kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan AHP yöntemi ve 0-1 hedef programlama yöntemi anlatılmıştır. Kriterler ilişkilerinin birbirinden bağımsızlığı varsayımına dayanan AHP yöntemi alternatif karar verme süreçlerine göre sıklıkla kullanılmaktadır. Birden fazla hedefi aynı anda bir modelde optimizasyonu sağlayan matematiksel model olan hedef programlama doğrusal programlamanın özel bir durumudur.

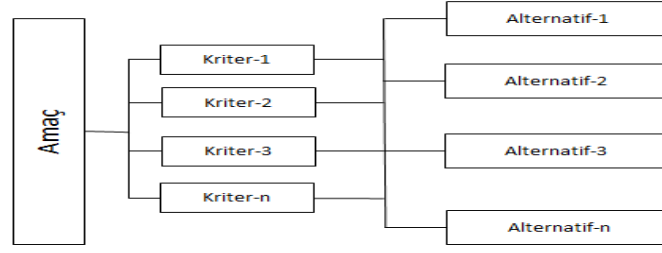
#### 3.1. Analitik hiyerarşi prosesi

AHP, 1970'li yılların ortasında Thomas L. Saaty [19] tarafından geliştirilen ölçme ve karar verme için kullanılan bir matematiksel teoridir. Karar vericilerin karmaşık problemleri, problemin ana hedefi, kriterleri, alt kriterler ve alternatifleri arasındaki ilişkiyi gösteren bir hiyerarşik yapıda modellenmelerine olanak verir. Bir karar verme probleminin AHP ile çözümlenebilmesi için gerçekleştirilmesi gereken adımlar verilmiştir.

##### 3.1.1 Hiyerarşik yapının oluşturulması

Karar amacı ile en üst seviyeden başlayarak Şekil 1.'deki karar hiyerarşisi oluşturulur.

# Demiryolu Mühendisliği



Şekil 1. AHP hiyerarşik yapı

## 3.1.2 İkili karşılaştırma matrisleri ve üstünlüklerin belirlenmesi

Amaç, kriterler ve alt kriterler belirlendikten sonra kriterlerin ve alt kriterlerin kendi aralarında önem derecelerinin belirlenmesi için Tablo 2.'deki değerler kullanılarak (nxn) ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur.

Tablo 2. Önem skalası

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Eşit önemde
3	Biraz daha önemli
5	Oldukça önemli
7	Çok önemli
9	Son derece önemli
2,4,6 ve 8	Ara değerler

## 3.1.3 Öz vektör değeri ve tutarlılık oranı hesabı

Kriterler arası ve her kriter için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisindeki kriterlerin öz vektör ( $w$ ) değeri, Denklem 1. ile hesaplanır.

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

Öz vektör değerinin hesaplanmasının ardından tutarlılık oranı ( $CR$ ), tutarlılık göstergesi ( $CI$ ) ve öz değer hesaplanır.  $CR$ , ikili karşılaştırma anında verilen değerlerin birbirleri arasındaki ilişkisinin tutarlı olup olmadığını gösterir.  $CR$  değerinin 0.10'dan küçük olması gerekmektedir aksi hâlde yapılan değerlendirme tekrar gözden geçirilir.  $CR$ ;  $CI$ 'nin, rassallık indeksine ( $RI$ ) bölünmesi ile elde edilir. Bu hesaplama Denklem 2. ile gösterilmektedir.

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

$CI$ 'nin hesaplanmasında Denklem 3. kullanılır.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

Maximum öz değerin ( $\lambda_{max}$ ) hesaplanmasında Denklem 4. kullanılır. Toplam temel değer ( $E_i$ ) kriter sayısına bölünür.

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (4)$$

### 3.1.4 Önem ağırlıklarının bulunması ve alternatiflerin sıralanması

Kriterlerin değerlendirilmesi için uygulanan bu adımlar alternatiflerin değerlendirilmesi için de kullanılır. Kriter önem ağırlıkları ile her kriter için bulunan alternatiflerin önem ağırlıklarının matris çarpımı sonucunda elde edilen karar alternatif puanları büyükten küçüğe doğru sıralanır. Bu sıralaması en büyük değer sahip olan alternatif, en iyi alternatiftir denir.

Literatürde sıklıkla kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan AHP yönteminin ulaşım alanında da uygulamalarına rastlanmaktadır. Tayvan'daki 23 ilçede ulaşım hizmetlerini geliştirmek için Shiau [20] AHP yöntemini kullanmıştır. Mandic vd. [21] Sırp demiryolları vaka çalışması için AHP yöntemini kullanarak sıralama yapmışlardır. Yedla ve Shrestha [22] kentsel ulaşım seçeneklerine analitik hiyerarşi süreci uygulamışlar ve çeşitli kriterlerin etkisini incelemişlerdir. Gerçek vd. [23] AHP yöntemini kullanarak İstanbul'da alternatif ulaşım projelerinin seçimini yapmışlardır. Ahern ve Anandarajah [24] yatırım için demiryolu projeleri önceliklendirmesini hedef programlama yöntemi kullanılarak yapmışlardır. Arslan [25] ulaşım projelerinde kamu değerlendirmelerini ele almak için bulanık AHP ve AHP karma modeli kullanmıştır. Şelih vd. [26] karayolu alt yapı projelerinde proje seçimini AHP yöntemini kullanarak yapmışlardır.

Gür vd. [27] çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve 0-1 hedef programlama yöntemleri kullanılarak Ankara Büyükşehir Belediyesi'nde belirlenen güzergâhlara en uygun ulaştırma projelerinin seçimini yapmışlardır. Taş vd. [28] Ankara'da yapılması planlanan monoray hattı için alternatif projeler değerlendirilerek belirlenen kriterler doğrultusunda en uygun projenin seçimi yapılmıştır. AHP kullanılarak alternatif projeler ağırlıklandırılmıştır. Daha sonra hedef programlama modeli kurularak en uygun proje seçimi yapılmıştır. Barfod ve Salling [29] stratejik ve sürdürülebilir taşımacılık değerlendirmeleri için AHP yöntemini de içeren karma bir model kullanmışlardır. Hamurcu ve Eren [30] raylı sistem projeleri kararında AHP-hedef programlama ve analitik ağ süreci (ANP) –hedef programlama kombinasyonunu kullanmışlardır.

### 3.2 Hedef programlama

Hedef programlama ilk defa doğrusal hedef programlama olarak Charnes ve Cooper [31] tarafından geliştirilmiştir. Yöntemin temeli doğrusal programlamaya dayanır. Yöntemde karar vericiden, her amaç için erişilmesini istediği bir hedef değer belirlenmesi istenir. Daha sonra çözüm, bu hedeflerden sapmalarını minimize eden bir çözüm olarak belirlenir. Hedef Programlama yaygın kullanılan çok ökrüterli karar verme tekniklerinden biridir. Tripathy ve Biswal [32] yeni ürün geliştirme sürecinde etkili kaynak planlaması için bir model tasarlamak ve değerlendirmek için 0-1 hedef programlama yöntemi kullanmışlardır. Bağ vd. [33] 0-1 tamsayılı hedef programlama ve ANP yöntemini birleştirmiş ve hemşire çizelgeleme problemini çözmüşlerdir. Dağdeviren ve Eren [34]



tedarikçi firma seçiminde AHP ve 0-1 hedef programlama yöntemlerini kullanmışlardır. Turanlı ve Köse [35] doğrusal hedef programlama yöntemi ile Türkiye'deki sigorta şirketlerinin performanslarını değerlendirmişlerdir. Girginer ve Kaygısız [36] istatikselsel yazılım seçiminde AHP ve 0-1 hedef programlama yöntemlerini birlikte kullanmışlardır. Dağdeviren vd. [37] iş değerlendirme faktör derece değerlerinin belirlenmesinde hedef programlama yöntemlerini kullanmışlardır. Gülenç ve Karabulut [38] doğrusal hedef programlama ile bir üretim planlama probleminin çözümünü gerçekleştirmişlerdir. Alp [39] doğrusal hedef programlama yöntemini otobüsle kent içi toplu taşıma sisteminde kullanmıştır. Karaman ve Kale [40] bulanık hedef programlama yöntemi ile süre/maliyet/kalite en iyilenmesi yapılmıştır.

Bir hedef programlama modeli, karar vericinin çeşitli amaç ya da hedeflerini eş zamanlı olarak dikkate alır. Hedef programlamada bir çözümün uygun kabul edilebilmesi için tüm kısıtlar aynı anda sağlanmalıdır. Hedef programlamanın amacı tüm kısıtları sağlamak ve mümkün olduğunca her bir hedefe ulaşan bir çözüm bulmaktır. Formülasyonun genel gösterim ise Denklem 5,6 ve 7.'de gösterildiği gibidir [41].

$$\min Z = [P_1 * w_1(d_1^+, d_1^-) + \dots + P_k * w_k(d_k^+, d_k^-)] \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} * x_j - d_i^+ + d_i^- = b_i \quad (6)$$

$$d_i^+, d_i^-, x_j \geq 0 \quad (7)$$

$$i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$$

Burada,  $x_j$  karar değişkenleri,  $b_i$ ,  $i$ . hedef için istenilen hedef değerini,  $n$  karar değişkenlerinin toplam sayısı  $m$  ise toplam kısıt sayısıdır.  $P_k$ : öncelik,  $w_k$ : ağırlık ve  $a_{ij}$  parametrelerdir.

$d_i^+$ : pozitif sapma değişkeni  $i = 1, \dots, m$   
 $d_i^-$ : negatif sapma değişkeni  $i = 1, \dots, m$

Belirlenen bütün değişkenler arasından pozitif veya negatif yönde sapma değişkenleri minimize edilmeye çalışılır.

Ulaşım planlamada çok kriterli karar verme yöntemleri ve karma uygulamaları yaygın olarak kullanılmaktadır. Teknoloji seçiminde AHP-TOPSIS [42], [43]; Raylı sistem projelerinin seçiminde AHP-HP [44]; proje seçiminde kısıt programlama ile tercih sıralamasında [45]; hat etkinliğinin değerlendirilmesinde AHP [46]; tramvay araçlarının seçimi için AHP-bulanık AHP [47]; kent içi ulaşım için proje seçiminde bulanık AHP-VIKOR [48] yöntemleri kullanılmıştır. Ayrıca, şehirler arası ulaşımında YHT projelerinin önceliklendirilmesi için AHP [49]; ulaşım planlamada AHP-HP [50]; raylı sistem ağını genişletme stratejilerinin seçiminde AHP-bulanık AHP-ANP yöntemlerinin kullanımı [51]; yüksek kapasiteli elektrikli otobüslerin seçiminde bulanık ANP-TOPSIS uygulaması [52] ve AHP-TOPSIS uygulaması [53]; bulanık TOPSIS ile grup karar verme [54]; kentsel ulaşımın geliştirilmesinde MOORA yönteminin kullanılması [55]; ulaşımın sağlanmasında öneri ve AHP ile seçim süreci [56]; bütçe senaryoları altında AHP ve HP ile YHT projelerinin seçimi [57]; AHP-TOPSIS-HP karma uygulamaları ile araç seçimi



# Demiryolu Mühendisliği

[58] ve metro projelerinin seçiminde AHP-HP kullanımı [59] gibi çalışmalar literatürde yer almaktadır.

## 4. Uygulama

Küçük Asya ile İpek yolu güzergâhındaki Asya ülkelerini birleştiren demiryolu koridorunun önemli akslarından biri olan Ankara-Sivas yüksek hızlı tren hattının yapımı devam etmektedir. Sivas-Erzincan, Erzincan-Erzurum-Kars hızlı tren hatlarıyla Bakü-Tiflis-Kars demiryolu projesine entegre edilmesi planlanmaktadır. 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 hedeflenmiş ve hattın inşa süreci devam etmektedir. Proje tamamlandığında seyahat süresi 12 saatten 2 saate düşecektir.

Yapım aşamasındaki Ankara-Sivas hattı aynı zamanda İstanbul ile de bağlantılıdır. Böylece İstanbul-Sivas arasını da 5 saate düşürecek bu proje aynı zamanda Konya, İzmir, Bursa bağlantısı da sağlamaktadır. Ayrıca, Sivas'tan sonra Erzincan-Kars'a kadar olan güzergah da aynı şekilde bağlanmış olacaktır. Ankara-Sivas YHT hattı Şekil 2.'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Ankara-Sivas YHT hattı

### 4.1. Araştırma metodolojisi

Ankara-Sivas illeri arasında belirlenen ulaşım güzergâhında AHP ve 0-1 hedef programlama yöntemleri birlikte kullanılmış ve güzergâh üzerindeki bölgelerden en uygun istasyon yerinin seçimi uygulaması yapılmıştır. Uzman görüşleri doğrultusunda istasyon kurulması uygun olan 14 bölge (Ankara, Elmadağ, Irmak, Yahşihan, Kırıkkale, Balışeyh, Sekili, Yerköy, Yozgat, Sorgun, Doğankent, Akdağmadeni, Yıldızeli, Sivas) belirlenmiştir.

İnşa aşamasında olan Ankara-Sivas yüksek hızlı tren projesinde uygun istasyon yerlerinin belirlenmesi için çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmıştır. Güzergâh ve güzergâh üzerindeki bölgeler ve bölgelerdeki olası istasyon yerleri belirlenmiştir. Uzman görüşleri ve literatür araştırması dahilinde belirlenen kriterler ile önce bölgeler il bazında ağırlıklandırılmış ardından yerel bazda, il sınırları içinde olası istasyon yerlerinin değerlendirilmesi için belirlenen kriterler dahilinde değerlendirme yapılmıştır. Alternatif 14 noktanın içinden en iyi çözümü sunması istenen istasyon yeri seçimi, matematiksel model kurulmuştur. Buna göre; bölgesel gelişmişlik, entegrasyon, nüfus, ekonomi

## Demiryolu Mühendisliği

kriterleri belirlenmiştir. Bölgeler ağırlıklandırılmış, ardından bölgelerdeki olası istasyon yerleri belirlenen beş kriter altında değerlendirilmiş ve her bir olası istasyonun önem seviyeleri ortaya konulmuştur.

Hedef programlama modeli, belirlenen hedeflerin aynı anda optimizasyonunun sağlanmasına olanak tanımaktadır. Bu problem de de istasyon yeri seçiminde belirlenen hedefler sırası ile; istasyon yerlerinin en yüksek önem ağırlığının sağlanması, merkeze yakınlığın sağlanması ve en fazla nüfusa hizmet sağlayacak noktaların belirlenmesidir. Amaç fonksiyonunda yer alan fonksiyon, sapma değişkenlerinin minimizasyonudur. Ayrıca kısıt olarak da hedef değerler belirtilmiştir.

Belirlenen hedefler doğrultusunda kurulan hedef programlama modeli dahilinde optimal istasyon yerlerinin seçimi yapılmıştır.

### 4.2. Alternatiflerin belirlenmesi

Alternatiflerin belirlenmesi uzman görüşlerine ve literatür araştırmalarına dayanmaktadır. Proje kapsamında belirlenen güzergâh üzerindeki iller ve illerin değerlendirilen ilçeleri alternatifler arasında yer almaktadır. Alternatifler arasında yer alan iller sırayla Ankara, Kırıkkale, Yozgat ve Sivas'tır.

### 4.3. Kriterlerin belirlenmesi

Ulaşım projelerinin değerlendirilmesi genellikle bölgesel genişleme potansiyeli, nüfus, entegrasyon ve ekonomi kriter başlıkları altında yapılmaktadır. Bu çalışmada da alternatif dört ilin karşılaştırması, uzman görüşlerine göre belirlenen bu kriterlere göre yapılmıştır. Belirlenen bu kriterler açıklamaları ile Tablo 3.'te gösterilmektedir. İstasyon yeri için belirlenen 14 adet il ve ilçeleri içeren alternatif noktaların değerlendirilmesi için ise şehir merkezine yakınlık, güvenlik, ulaşım imkânı, kamulaştırma maliyeti ve erişilebilirlik kriterleri kullanılmıştır. Bu kriterleri ve açıklamalarını içeren bilgiler Tablo 4.'de verilmiştir.

**Tablo 3.** İllerin Değerlendirmesine Ait Kriterler ve Açıklamaları

Nu.	Kriter	Açıklama
1	Bölgenin Genişleme Potansiyeli(K1)	Diğer ulaşım ağlarının en büyük ulusal koridor olan Ankara-Sivas'a dahil edilebilirliğini inceler.
2	Nüfus (K2)	Nüfus oranı artmasıyla beraber hızlı tren kullanıcı sayısı da doğru orantılı olarak artmaktadır.
3	Entegrasyon(K3)	Ülkenin doğusu ile batısını birleştirileceği düşünülen bu hatta katılacak diğer demiryollarını inceler.
4	Ekonomi(K4)	Performans çalışmaları, seyahat süresi ve proje bazlı olarak geniş çerçevede değişen maliyetleri belirtmektedir.

Kriterler arasında etkileşim değerlendirilerek ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş ve tutarlılıkları hesaplanmıştır. Tablo 5. ve Tablo 7.'de kriterlerin karşılaştırma matrisi örnek olarak verilmiştir. Her bir kriter alternatiflerle değerlendirilmiş ve önceliklendirilmesi yapılmıştır.

## Demiryolu Mühendisliği

**Tablo 4.** İl ve İlçelerin Değerlendirileceği Kriterler ve Açıklamaları

Nu.	Kriter	Açıklama
1	Şehir merkezine yakınlık (A1)	İstasyonun kurulacağı bölgenin şehir merkezine olan mesafesine göre yakınlık derecesi
2	Güvenlik(A2)	İstasyonun kurulacağı bölgenin yolcular açısından güvenlik riski
3	Ulaşım imkânı(A3)	Mevcut toplu ulaşım imkanları ile istasyonun kurulacağı bölgeye ulaşımın kolaylığı
4	Kamulaştırma maliyeti(A4)	İstasyonun kurulacağı bölgenin kamulaştırma bedeli.
5	Erişilebilirlik(A5)	İstasyonun kurulacağı bölgeye ulaşımının kolaylığını dikkate alan bir kriterdir.

#### 4.4. AHP süreci

Bu süreçte ilk olarak hat üzerinde yer alan iller, ardından bu illere ait ilçeler belirlenen farklı kriterler dahilinde değerlendirilmiş ve her bölgeye ait yerel ve global ağırlıklar elde edilmiştir.

İllere ait ağırlıkların bulunması: Ankara-Sivas YHT hattında belirlenen dört il (Ankara, Kırıkkale, Yozgat, Sivas) belirlen dört kriter (bölgenin genişleme potansiyeli, nüfus, entegrasyon, ekonomi) dahilinde karşılaştırılmış ve bu illere ait ağırlıklar elde edilmiştir. İllerin ağırlıklarının bulunmasında kullanılan kriterlere ait karşılaştırma matrisi Tablo 5.'te ve her ilin kriter bazındaki ağırlığı ise Tablo 6.'da verilmiştir.

**Tablo 5.** Kriterlere Ait Karşılaştırma Matrisi

Kriterler	K1	K2	K3	K4
K1	1,00	0,50	2,00	3,00
K2	2,00	1,00	3,00	4,00
K3	0,50	0,33	1,00	0,50
K4	0,33	0,25	2,00	1,00

**Tablo 6.** Her İlin Kriter Bazındaki Ağırlıkları

Alternatifler	K1	K2	K3	K4	Ağırlık
Ankara	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Kırıkkale	0,16	0,10	0,16	0,28	0,15
Yozgat	0,10	0,28	0,10	0,10	0,18
Sivas	0,28	0,16	0,28	0,16	0,21
Tutarlılık O.	0,06	0,01	0,01	0,01	

**İl ve ilçelere ait ağırlıkların bulunması:** Bu bölümde belirlenen dört ilin de içerisinde olduğu 14 tane nokta belirlenmiş ve bu il ve ilçelere ait ağırlıklar elde edilmiştir. Bu noktada illerin karşılaştırılmasında kullanılan dört kriter yerine şehir merkezine yakınlık, güvenlik gibi beş adet kriter belirlenmiş ve değerlendirme bu kriterlere göre yapılmıştır. Belirlenen bu kriterlere ait karşılaştırma matrisi Tablo 7.'de verilmiştir. İl ve ilçelere ait yerel ve global ağırlıklar ise Tablo 8.'de verilmiştir. Tablo 8'de gösterilen global ağırlık değerleri, yerel ağırlık-1 ve yerel ağırlık-2'nin çarpımı sonucunda bulunmuştur.

## Demiryolu Mühendisliği

Tablo 7. Kriterlere Ait Karşılaştırma Matrisi

Kriterler	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1,00	0,50	4,00	2,00	3,00
A2	2,00	1,00	5,00	3,00	4,00
A3	0,25	0,20	1,00	0,33	0,50
A4	0,50	0,33	3,00	1,00	2,00
A5	0,33	0,25	2,00	0,50	1,00

Tablo 8. Yerel ve Global Ağırlık Tablosu

İl	Yerel Ağırlık-1	Olası İstasyon Yeri	Yerel Ağırlık-2	Global Ağırlık
Ankara	0,47	Ankara	0,750	0,353
		Elmadağ	0,250	0,118
Kırıkkale	0,15	Irmak	0,131	0,020
		Yahşihan	0,269	0,040
		Kırıkkale	0,446	0,067
		Balışeyh	0,153	0,023
Yozgat	0,18	Sekili	0,141	0,025
		Yerköy	0,177	0,032
		Yozgat	0,376	0,068
		Sorgun	0,173	0,031
		Doğankent	0,058	0,010
Sivas	0,20	Akdağmadeni	0,075	0,013
		Yıldızeli	0,125	0,025
		Sivas	0,875	0,175

### 4.5. Hedef programlama modelinin oluşturulması

Bu aşamada ilk olarak değerlendirmesi AHP ile yapılan 14 noktadan elde edilen ağırlıklar ile 0-1 hedef programlama uygulanmış ve optimal çözüm elde edilmiştir. 0-1 hedef programlamaya ait model aşağıda yer almaktadır. Tablo 9’da hedef programlama modeli gösterilmektedir.

Kurulan matematiksel model IBM ILOG CPLEX programı ile çözülmüştür. Çözüm neticesinde, Ankara, Kırıkkale, Yozgat ve Sivas şehir merkezlerine birer istasyon olmak üzere 4 istasyon açılmalıdır sonucuna ulaşılmıştır. Bu noktadaki nüfus yoğunluğu ve yüksek hızlı treni tercih edecek olan yolcuların erişimi de düşünüldüğünde en uygun istasyon yerleri seçilmiştir. Sonuçta dört şehir merkezinin istasyon yeri olarak belirlenmesinde özellikle nüfus yoğunluğunun etkisi büyük olmuştur. Ayrıca bu noktalar çok kriterli değerlendirmede de öne çıkan noktalar. Şehir merkezlerinin aralarında mesafe olması, merkeze yakınlığın amaç olarak çalışmada yer alması ve birbirine yakın istasyonlardan birinin seçilmesi gibi durumlar istasyon yerleri ve sayıları için belirleyici rol oynamıştır.

Parametreler:

$y_i$ :  $i$ . İstasyon yeri  $i=1, \dots, 14$

Seçilmesi istenen istasyon yeri için sapma;  $d_i$ ,  $i=1, \dots, 14$

## Demiryolu Mühendisliği

Nüfusun ne kadar aşıldığını gösterir;  $d_{15}^+, d_{15}^-$

Merkeze yakınlık hedefinden ne kadar aşıldığını gösterir;  $d_{16}^+, d_{17}^+, d_{18}^+, d_{19}^+$

**Tablo 9.**Hedef Programlama Modeli

Hedef programlama modeli	Hedefler
<p>Minimize Z=</p> $(0,353d_1^-+0,118d_2^-+0,020d_3^-+0,040d_4^-+0,067d_5^-+0,023d_6^-+0,025d_7^-+0,032d_8^-+0,068d_9^-+0,031d_{10}^-+0,010d_{11}^-+0,013d_{12}^-+0,025d_{13}^-+0,175d_{14}^-)$ $(d_{15}^-+d_{15}^+)$ $(d_{16}^++d_{17}^++d_{18}^++d_{19}^+)$	<p>AHP ağırlıkları ile seçilen istasyon yerleri</p> <p>Nüfus için belirlenen hedef</p> <p>Merkeze yakınlık için hedef</p>
<p><b>Kısıtlar</b></p> $y_1+d_1^- = 1$ $y_2+d_2^- = 1$ $y_3+d_3^- = 1$ <p>...</p> $y_{14}+d_{14}^- = 1$	<p>1.istasyonun seçilmesi</p> <p>2.istasyonun seçilmesi</p> <p>3.istasyonun seçilmesi</p> <p>...</p> <p>14.istasyonun seçilmesi</p>
$5346518y_1+44166y_2+1171y_3+11967y_4+277984y_5+3944y_6+5692y_7+663y_8+36263y_9+421041y_{10}+78133y_{11}+2250y_{12}+43826y_{13}+34860y_{14}+621224y_{15}+d_{15}^- - d_{15}^+ = 6.370.600$	Nüfus miktarı kısıtı
$y_1+36y_2+d_{16}^- - d_{16}^+ = 0$ $21y_3+7y_4+21y_5+60y_6+ d_{17}^- - d_{17}^+ = 0$ $y_7+41y_8+y_9+35y_{10}+61y_{11}+ d_{18}^- - d_{18}^+ = 0$ $103y_{12}+48y_{13}+60y_{14}+ d_{19}^- - d_{19}^+ = 0$	Şehir merkezlerine olan uzaklık kısıtı
$y_3+y_4 \leq 1$ $y_5+y_6 \leq 1$ $y_i = 0 \text{ veya } 1 \quad i=1, 2, \dots, 14$	YHT'nin ivme kaybetme kısıtı

### 5. Sonuç ve Yorum

Bu çalışmada YHT teknolojisinin kullanılacağı Ankara-Sivas güzergâhında belirlenen kriterler arasındaki ilişkileri, AHP ve 0-1 hedef programlama yöntemleri birlikte kullanılarak uygulanmıştır. İstasyon yeri seçimi için önerilen model sonucunda dört şehir merkezi istasyon yerleri için belirlenmiştir.

Yatırım maliyetleri açısından büyük kaynaklar gerektiren, ekonomik ve sosyal yaşamı etkileyen, YHT istasyon yeri seçiminde uygun metodolojilerin kullanılması, projelerin değerlendirilme sürecini daha sağlıklı kılmaktadır. Bu noktada çok kriterli karar verme yöntemleri seçim sürecinde belirlenen kriterler ve alternatifler arasındaki ilişkileri değerlendirmede sıklıkla kullanılmaktadır.

Şehirlerarası ulaşım sistemlerinde otobüs, uçak, tren vb. karayolu ve havayolu taşımacılığında kullanılan diğer alternatiflerle kıyaslaması yapıldığında avantajlı durumda olan YHT teknolojisi, ulaşım talebini karşılamak için geliştirilen modern, konforlu ve hızlı ulaşım araçlarıdır. Bu teknolojiye projelerin değerlendirilmesi

aşamasında birçok sorunla karşılaşılabilir. Bu sorunların çözümlenmesinde ve karar verme süreçlerinde analitik yöntemlerin ve matematiksel modeller ile optimizasyon çalışmalarının kullanımı etkili olmaktadır.

Gelecek çalışmalarda, önerilen bu model, alternatif sayısının daha fazla olduğu güzergahlarda uygulanabilir. Ayrıca istasyon kurulum maliyetleri dikkate alınarak matematiksel model genişletilebilir. Matematiksel modele alternatif olarak çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan TOPSIS ve VIKOR tercih sıralaması olarak kullanılabilir. Aynı zamanda bu model kentsel ulaşımında metro, hafif raylı sistem ve tramvay istasyon yerlerinin planlanmasında da uygulanabilir.

### Kaynakça

- [1] J. A. Stoop ve W. A. Thissen, "Transport safety: Trends and challenges from a systems perspective," *Safety Science*, 26(1/2), pp. 107- 120, 1997.
- [2] S. Masson ve R. Petiot, "Can the high-speed rail reinforce tourism attractiveness? The case of the high-speed rail between Perpignan (France) and Barcelona (Spain)," *Technovation*, 29(9), pp. 611-617, 2009.
- [3] M. Givoni, "Development and Impact of the Modern High- speed Train: A Review," *Transport Reviews*, 26(5), 593-611. 2006.
- [4] X. Lai, "Optimization of station locations and track alignments for rail transit lines," PhD dissertation. University of Maryland, College Park, 2012.
- [5] M. Kosijer, M. Ivić, M. Marković ve I. Belošević, "Multicriteria decision-making in railway route planning and design," *Gradevinar*, 64(3), 195-205, 2012.
- [6] G. R.Amin ve N. Mohajeri , "Railway station site selection using analytical hierarchy process and data envelopment analysis," *Computers & Industrial Engineering*, 59(1), pp. 107-114, 2010.
- [7] A. P.Antunes, R. L.Church ve H. M. Repolho , "Optimizing station location and fleet composition for a high-speed rail line," *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 93, pp. 437-452, 2016.
- [8] R. Mateus, J. Ferreira ve J. Carreira, "Multicriteria decision analysis (MCDA): Central Porto high-speed railway station," *European Journal of Operational Research*, 187(1), pp. 1-18, 2008.
- [9] L. M. Martínez, J. d. A. e. Silva ve Y. Shen, "HSR station location choice and its local land use impacts on small cities: A case study of Aveiro, Portugal," *Procedia- Social and Behavioral Sciences*, vol. 111, pp. 470-479, 2014.
- [10] T. Klug, A. Fügenschuh ve R. Borndörfer, "The freight train routing problem for congested railway networks with mixed traffic," *Transportation Science*, 50(2), pp. 408-42, 2014.
- [11] H. Jafari ve M. Yaghini, "A mathematical model for finding the optimal locations of railway stations," *Advances in Railway Engineering, An International Journal*, 3(1), pp. 1-8, 2015.
- [12] J. T. Kays, "Optimal Locations of High-Speed Railway Stations Along Australia's East Coast," *AMSI*, 2014.
- [13] H. Kato ve J. Wetwitoo, "High-speed rail and regional economic productivity through agglomeration and network externality: A case study of inter-regional transportation in Japan," *Case Studies on Transport Policy*, 5(4), pp. 549-559, 2017.
- [14] L.-b. Deng, W. Gao, W.-l. Zhoua ve . T.-z. Lai, "Optimal design of feeder-bus network related to urban rail line based on transfer system," *Procedia- Social and Behavioral Sciences*, vol. 96, pp. 2383-2394, 2013.



- [15] C.-H. Yehb, Y.-H. Changa ve C.-C. Shenc, “A multiobjective model for passenger train services planning: application to Taiwan's high-speed rail line,” *Transportation Research Part B: Methodological*, 34(2), pp. 91-106, 2000.
- [16] V. Blanco, J. Puerto and A. B. Ramos, “Expanding the Spanish high-speed railway network,” *Omega*, 39(2), pp. 138-150, 2011.
- [17] S. Muñoz and L. F. Escudero, “An approach for solving a modification of the extended rapid transit network design problem,” *TOP*, 17(2), pp. 320–334, 2009.
- [18] T. Eren, M. Hamurcu ve H. M. Alakaş, “Çok kriterli karar verme yöntemleri ile Kırıkkale yüksek hızlı tren istasyon yerinin seçimi,” *International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*, s. 597-606, 2017.
- [19] T. L. Saaty and M. Niemira, “A framework for making a better decision how to make more effective site selection, store closing and other real estate decisions,” *Research Review*, 13(1), 2006.
- [20] G. Hshiong Tzeng, T. Shiau and C. Yuan Lin, “Application of multicriteria decision making to the evaluation of new energy system development in Taiwan,” *Energy*, 17(10), pp. 983-992, 1992.
- [21] D. Mandic, P. Jovanovic and M. Bugarinovic, “Two-phase model for multi-criteria project ranking: Serbian Railways case study,” *Transport Policy*, 36, pp. 88-104, 2014.
- [22] S. Yedla and R. M. Shrestha, “Application of analytic hierarchy process to prioritize urban transport options- comparative analysis of group aggregation methods,” *East Asian Bureau of Economic Research*, 2007.
- [23] H. Gerçek, B. Karpak and T. Kılınçaslan, “A multiple criteria approach for the evaluation of the rail transit networks in İstanbul,” *Transportation*, 2(31), pp. 203-228, 2004.
- [24] A. Ahern and G. Anandarajah, “Railway projects prioritisation for investment: Application of goal programming,” *Transport Policy*, 1(14), pp. 70-80, 2007.
- [25] T. Arslan, “A hybrid model of fuzzy and AHP for handling public assessments on transportation projects,” *Transportation*, 1(36), pp. 97, 2009.
- [26] J. Šelih, A. Kne, A. Srdić ve M. Žura, “Multiple- criteria decision support system in highway infrastructure management,” *Transport*, 23(4), pp. 299-305, 2008.
- [27] Ş. Gür, M. Hamurcu ve T. Eren, “Ankara’da monoray projelerinin analitik hiyerarşi prosesi ve 0-1 hedef programlama yöntemleri ile seçimi,” *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(4), s. 437- 443, 2017.
- [28] M. Taş, Ş. N. Özlemiş, M. Hamurcu ve T. Eren, “Analitik hiyerarşi prosesi ve hedef programlama karma modeli kullanılarak monoray projelerinin seçimi,” *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 2(2), s. 24- 34, 2017.
- [29] M. B. Barfod and K. B. Salling, “A new composite decision support framework for strategic and sustainable transport appraisals,” *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 72, pp. 1-15, 2015.
- [30] M. Hamurcu ve T. Eren, “Raylı sistem projeleri kararında AHS-HP Ve AAS-HP kombinasyonu,” *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(3), s. 1-13, 2017.
- [31] A. Charnes ve W. Cooper, “Goal programming and multiple objective optimizations: Part 1,” *European Journal of Operational Research*, 1(1), pp. 39-54, 1977.
- [32] B. Tripathy and M. Biswal, “A zero-one goal programming approach for project selection,” *Journal of Information and Optimization Sciences*, 28(4), pp. 619-626, 2007.
- [33] N. Bağ, N. M. Özdemir ve T. Eren, “0-1 hedef programlama ve ANP yöntemi ile hemşire çizelgeleme problemi çözümü,” *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 4(1), s. 2-6, 2012.
- [34] M. Dağdeviren ve T. Eren, “Tedarikçi firma seçiminde analitik hiyerarşi prosesi ve 0-1 hedef programlama yöntemlerinin kullanılması,” *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi*, 16(2), s. 41-52, 2001.
- [35] A. Köse ve M. Turanlı, “Doğrusal hedef programlama yöntemi ile Türkiye’deki sigorta şirketlerinin performanslarının değerlendirilmesi,” *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(7), s. 19-39, 2005.



- [36] N. Girginer ve Z. Kaygısız, "İstatiksel yazılım seçiminde analitik hiyerarşi süreci ve 0-1 hedef programlama yöntemlerinin birlikte kullanılması," *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1), s. 211-233, 2009.
- [37] M. Dağdeviren, D. Akay ve M. Kurt, "İş değerlendirme sürecinde analitik hiyerarşi prosesi ve uygulaması," *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi*, 19(2), 131-138, 2004.
- [38] İ. F. Gülenç ve B. Karabulut, "Doğrusal hedef programlama ile bir üretim planlama probleminin çözümü," *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9, s. 55-68, 2005.
- [39] S. Alp, "Doğrusal hedef programlama yönteminin otobüsle kent içi toplu taşıma sisteminde kullanılması," *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(13), s. 73-91, 2008.
- [40] S. Kale ve E. Karaman, "Bulanık hedef programlama yöntemi ile süre/maliyet/kalite eniyilemesi," *Yapı Dünyası Dergisi*, s. 49-55, 2007.
- [41] Gür, Ş and Eren, T. "Scheduling and Planning in Service Systems with Goal Programming: Literature Review", *Mathematics*, 6, 265, 2018.
- [42] Hamurcu, M. and Eren, T., "Selection of monorail technology by using multicriteria decision making," *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 8(2), 303-314, 2017.
- [43] Hamurcu, M. and Eren, T. (2018). "Multicriteria decision making in the urban transport: selection of rail system technology," *4rd International Symposium on Railway Systems Engineering (ISERSE'2018)*, Karabük, 2018.
- [44] Hamurcu, M., Alakaş, H.M. and Eren, T., "Selection of rail system projects with analytic hierarchy process and goal programming," *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 8(2), 291-302, 2017.
- [45] Özcan, E., Hamurcu, M., Alakaş, H.M., Eren, T. (2018). "Project selection by using constraint programming," *Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology*, 21(1), pp. 89-92, 2018.
- [46] Dinç, S., Hamurcu, M. ve Eren, T. "Kırıkkale-kampüs dolmuş hattının etkinliğinin çok kriterli karar verme ile değerlendirilmesi," *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 9(Ek Sayı 1)*: 238-247, 2018.
- [47] Dinç, S., Hamurcu, M. ve Eren, T., "Kentsel ulaşım için alternatif tramvay araçlarının çok kriterli seçimi", *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4(2), 124-135, 2018.
- [48] Hamurcu, M., ve Eren, T., "Kent içi ulaşım için bulanık AHP tabanlı VIKOR yöntemi ile proje seçimi," *Engineering Sciences (NWSAENS)*, 13(3), 201-216, 2018.
- [49] Hamurcu, M and Eren, T., "Prioritization of high-speed rail projects," *International Advanced Researches and Engineering Journal*, 2(2), 98-103, 2018.
- [50] Hamurcu, M and Eren, T., "Transportation planning with analytic hierarchy process and goal programming," *International Advanced Researches and Engineering Journal*, 2(2), 92-97, 2018.
- [51] Hamurcu, M. and Eren, T., "Evaluation of expansion strategies for rail system network of Ankara", *International Congress on Engineering and Life Sciences (ICELIS 2018)*, *Proceeding Book*, Kastamonu, 2018, ss. 186-188,
- [52] Hamurcu, M. ve Eren, T., "Yüksek kapasiteli elektrikli otobüslerin seçiminde hibrit çok kriterli karar verme uygulaması," *Transist 11. Uluslararası Ulaşım Teknolojileri Sempozyumu ve Fuarı*, İstanbul, 2018, s. 1-10.
- [53] Hamurcu, M. and Eren, T., "Determination of electric bus technology to improve the public transportation using AHP-TOPSIS methods," *29th European Conference on Operational Research (EURO2018)*, Valencia, 2018.
- [54] Hamurcu, M. ve Eren, T., "Kamu kurumunda bulanık TOPSIS yaklaşımı ile proje seçimi için bir grup karar verme uygulaması", *Transist 11. Uluslararası Ulaşım Teknolojileri Sempozyumu ve Fuarı*, İstanbul, 2018, s. 11-20.
- [55] Hamurcu, M. ve Eren, T., "Kentsel ulaşımın geliştirilmesi için MOORA yöntemi kullanılarak çok amaçlı optimizasyon," *Transist 11. Uluslararası Ulaşım Teknolojileri Sempozyumu ve Fuarı*, İstanbul, 2018, s. 21-30.
- [56] Hamurcu, M. ve Eren, T., "İstanbul'da adalar ulaşımının sağlanması için öneri ve bir seçim süreci," *Transist 11. Uluslararası Ulaşım Teknolojileri Sempozyumu ve Fuarı*, İstanbul, 2018, s. 273-281.
- [57] Hamurcu, M. and Eren, T., "Selection of intercity transportation projects under the budget scenarios in Turkey," *4rd International Symposium on Railway Systems Engineering (ISERSE'2018)*, Karabük, 2018.

- [58] Hamurcu, M. and Eren, T., “A hybrid approach of analytic hierarchy process-topsis and goal programming for electric automobile selection,” *The 2018 International Conference of the African Federation of Operational Research Societies (AFROS 2018)*, Tunis, 2018.
- [59] Hamurcu, M. and Eren, T., “Using multicriteria decision making approach for metro projects selection in Ankara,” *The 2018 International Conference of the African Federation of Operational Research Societies (AFROS 2018)*, Tunis, 2018.

### Özgeçmiş



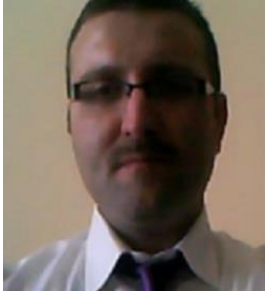
#### **Sema DİNÇ**

1995 yılında Kırıkkale’de doğdu. İlk, Orta ve Lise öğrenimini Kırıkkale’de tamamladı. Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünden 2018 yılında mezun olmuştur.



#### **Mustafa HAMURCU**

1990 Samsun doğumludur. 2013 yılında Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Aynı Üniversite’de Fen Bilimleri Enstitüsü’nde 2016 yılında yüksek lisansını tamamladı. 2015 yılında Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği’nde Araştırma Görevlisi olarak başladığı görevine halen devam etmektedir. Çok kriterli karar verme ve uygulamaları, optimizasyon ve ulaşım planlama alanlarında çalışmaktadır.



#### **Tamer EREN**

1974 Balıkesir doğumludur. Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği bölümünden 1996 yılında mezun olmuştur. Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde Doçent olarak çalışmaktadır. Yöneylem Araştırması anabilim dalında çalışan Eren’in çalışma alanı çizelgeleme ve çok kriterli karar vermedir.