



Çok Kriterli Karar Verme: Kırıkkale YHT İstasyonu - Şehir Bağlantısının Sağlanması

Bedirhan SARİMEHMET¹, Mustafa HAMURCU², Tamer EREN*³

Kırıkkale. Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Bölümü, 71450, Kırıkkale, Türkiye

* *tamereren@gmail.com*

(Alınış/Received: 21.10.2019, Kabul/Accepted: 12.12.2019, Yayınlanma/Published: 31.01.2020)

Özet: Güzergâh planlama, kentsel ulaşım da kritik bir karar verme sürecidir. Kentsel alanlarda da etkili bir hizmet sunmak için güzergâh planları, üzerinde önemle durulması gereken bir konudur. Büyük ulaşım yatırımlarının hayata geçirilmesi, ulaşım planlarının revize edilmesini gerekli kılmaktadır. Kırıkkale'ye de Yüksek Hızlı Tren (YHT) istasyonunun açılacak olması, Kırıkkale şehri için güzergâh planlarının yeniden düzenlenmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu çalışmada Kırıkkale şehri ele alınmış, YHT-Şehir merkezi ve üniversite bağlantısının sağlanması noktasında güzergâh planlaması yapılmıştır. En iyi ulaşım güzergâhını bulmak için Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) ve TOPSIS, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılmıştır. Uzman görüşü ve literatür araştırması ile değerlendirme kriterleri ve alternatif güzergâhlar belirlenmiştir. Yapılan anketler göz önünde bulundurularak kriter ağırlıkları AHP yöntemi ile bulunmuştur. Bulunan ağırlıklar, TOPSIS yöntemi ile kullanılarak alternatif güzergâhların sıralaması yapılmıştır. Sonuç olarak istasyon ile belirlenen dört bölge arasındaki en uygun güzergâhlar belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Çok kriterli karar verme, AHP, TOPSIS, Güzergâh planlama, YHT

Multicriteria Decision Making: Providing to Connection of Kırıkkale HSR Station and City

Abstract: Route planning is a critical decision-making process for urban transportation in the cities. In urban areas, it is important to consider route plans in order to provide effective services. The realization of major transportation investments necessitates the revision of the transportation plans. The fact that the High Speed Train (HSR) station will be opened in Kırıkkale shows that it is necessary to reorganize the route plans for the Kırıkkale city. In this study, due to the high student potential, the city of Kırıkkale has been taken into consideration and route planning has been made in order to ensure the connection of HSR-City center and University. AHP and TOPSIS multi-criteria decision making methods are used to find the best transportation route. Alternative routes are determined by expert opinion and literature research. The criterion weights were determined by AHP method considering the surveys. Then alternate routes were sequenced by using TOPSIS method with criterion weights. As a result, the most suitable routes are determined among the HSR station and the identified four regions.

Keywords: Multicriteria decision making, AHP, TOPSIS, Route planning, HSR

1. Giriş

Artan araç kullanıma bağlı genişleyen kent formunun gereği olarak, seyahat mesafeleri ve süreleri artmıştır. Ayrıca ihtiyaçların giderilmesi için inşa edilen alışveriş merkezlerinin şehrin dışında kalması, yapılan otoparkların şehrin dışında kalması, hava alanlarının artması ve şehir dışında kalmaları, şehir merkezlerine erişimi ve önemli noktalara erişimi zorlaştırmaktadır. Bu problemin ortadan kaldırılması için şehir yöneticileri, raylı sistem yatırımları, yeni otobüs hatları ile mevcut ulaşım ağının genişletilmesi gibi çözümler ortaya koymaktadırlar. Şehir içinde olduğu gibi şehirler arası ulaşım da birçok proje hayata geçirilmektedir. Bu projelerden birisi de YHT hatlarıdır. Ülkemizde Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü

Atıf için/Cite as: B. Sarımehtmet, M. Hamurcu, and T. Eren, "Çok kriterli karar verme: Kırıkkale YHT istasyonu - şehir bağlantısının sağlanması," *Demiryolu Mühendisliği*, no. 11, pp. 26-40, Jan. 2020.

(TCDD) verilerine göre 2012 yılında 888 km YHT hattı olduğu, bu sayının 2018 yılında 1213 çıktığı görülmüştür [1]. Gün geçtikçe artan ulaşım talepleri ve yapılan raylı sistem yatırımları, YHT'nin önemini gözler önüne sermektedir. Ortaya konulan büyük yatırımlar, şehirleri de etkilemekte ve mevcut planlarını (Ulaşım planları, imar planları gibi) gözden geçirerek güncelleme ihtiyaçları doğmaktadır. Kırıkkale'ye de inşa edilecek olan YHT istasyonu hem YHT kullanım etkinliğinin sağlanması hem de şehir bağlantısının sağlanması noktasında ulaşım planlarında yeni adımların atılmasını gerekli kılmaktadır.

Yüksek Öğretim Kurulu (YÖK), 2017-2018 akademik yılına ilişkin bir çalışmada, illerdeki öğrenci sayılarının il nüfusuna oranını incelemiştir. Yapılan bu incelemede Kırıkkale Üniversitesi'nin, bünyesinde 37 bini aşkın öğrenci bulundurduğu ve %13'lük bir oranla Türkiye'de üçüncü sıraya girdiği görülmüştür [2]. Kırıkkale Üniversitesi akademisyen ve öğrencileriyle yapılan anketler sonucunda da akademisyenlerin ve öğrencilerin büyük çoğunluğunun Ankara ile bağlantısı olduğu, bunların da önemli bir kısmının günlük Ankara – Kırıkkale yolculuğu yaptığı görülmüştür. Bu çalışmada yakın tarihte hizmete açılması planlanan Ankara-Sivas arası yapımı süren YHT incelenmiştir. Bu incelemeye göre Kırıkkale YHT durağının şehrin önemli bölgelerine uzak olduğu görülmüştür. Bu nedenle, şehrin nüfusu bölgenin yapısı ve maliyet etkinliği göz önüne alınarak, minibüs hatlarına ihtiyaç olduğu tespit edilmiştir. Minibüs güzergahlarının tercih edilmesindeki amaç alternatiflerine göre düşük bütçeli olması, Kırıkkale'nin şehir büyüklüğü ve yapısına uygun olması ve güzergahlardan yararlanacak öngörülen nüfus yoğunluğunun büyük ölçekli alternatif ulaşım sistemleri yatırımlarına uygun olmadığından dolayıdır. Şehrin mevcut ulaşım sisteminin de minibüsler ile gerçekleştiriliyor olması yeni minibüs hatlarının açılması bakımından uygulamayı kolaylaştırabilecektir. Bu kapsamda 4 güzergâh ile şehir içi ulaşım talebi oluşturan önemli noktaların erişilebilirliği sağlanmaya çalışılacaktır. Bu dört bölge Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Merkez, otogar ve alışveriş merkezidir. En iyi ulaşım güzergâhını bulmak için AHP ve TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmıştır. Uzman görüşü ve literatür araştırması ile alternatif güzergâhlar belirlenmiştir. Yapılan anketler göz önünde bulundurularak kriter ağırlıkları AHP yöntemi ile bulunmuştur. Bu ağırlıklar ile TOPSIS yöntemi kullanılarak alternatif güzergâhların sıralaması yapılmıştır. Sonuç olarak istasyon ile belirlenen dört bölge arasındaki en uygun güzergâhlar bulunmuştur.

2. Güzergâh Belirleme Problemi

Güzergâh belirleme problemi, şehirler için kentsel ulaşımında önemli bir problemdir. Ulaşım türüne göre farklılık gösteren güzergâh planları kullanıcılara (yolculara) en iyi ve en etkin hizmeti sunmak için doğru bir şekilde yapılmalıdır. Yoğunluğa sebebiyet veren alanlar ön plana alınmak üzere talepler doğrultusunda en iyi güzergâhın belirlenmesi önem arz etmektedir. Aksi halde etkin olmayan koridorlarda yapılan yatırımların verimsizliğe sebep olması kaçınılmaz sonudur [3]. Başarılı bir güzergâh seçimi için, kurulması istenen güzergâhın hizmet verdiği yolcuların talebi analiz edilmelidir. Güzergâh belirleme üzerine de akademik anlamda birçok çalışma yapılmıştır. Özellikle yol, otobüs, raylı sistem, tramvay, hızlı tren ve tren güzergâhları için çalışmalar mevcuttur [4-12]. Tüm bu çalışmalar, kurulacak sistemin etkinliğini sağlama, ulaşım taleplerine cevap verebilme, toplu taşımaya yönlendirme ve kentsel trafik sorununa çözüm üretme amaçlarını sağlamaya çalışmaktadır. Günümüzde trafik yoğunluğu, yolculuk sürelerini artırmış ve bu nedenle insanların toplu taşımaya olan ilgileri artmıştır. Bu sistemler üzerinde güzergâh belirleme çalışmaları yapılması verimliliği artıracaktır. Toplu taşıma sistemlerinin verimliliği arttıkça insanların toplu taşımaya yönelimi de bir o kadar artacaktır. Sonuç olarak, toplu ulaşım sistemlerinin güzergâhlarının belirlenmesinde ne kadar başarılı olunursa, insanların bu sistemlere yönelimi artacağından kent içi ulaşım problemlerinin de o derecede iyileşmesi sağlanmış olacaktır.

3. Materyal ve Metot

Bir karar kavramından bahsedilebilmesi için en az iki alternatifin var olması gerekir. Çok kriterli karar verme yöntemleri, amaca en uygun alternatifi bulmayı veya amaca uygunluk sıralaması yapmayı hedefler. Uygulama aşaması, belirlenen alternatiflerin birden fazla kriter altında incelenmesinden oluşur. Bu çalışmada çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır.

3.1. AHP Yöntemi

AHP yöntemi T. Saaty (1980) tarafından geliştirilmiştir ve çok kriterli karar verme problemlerinde alternatifler arasından seçim yapmaya yardımcı olur. Aynı zamanda karar vericilerin etkin olarak sürece katılabildiği bir yöntemdir. AHP yöntemi, modelleme ve analitik süreç ile bir grup kriterin görece önemini belirlemek için kullanılır. AHP literatürde yaygın olarak çalışılmıştır ve son 20 yılda çok kriterli karar verme ile ilgili neredeyse tüm uygulamalarda kullanılmıştır. Bunun nedeni olarak, karar vericiler tarafından kolay anlaşılabilir olması söylenebilir [13].

AHP'de ilk adımı hiyerarşik yapının oluşturulmasıdır. Amaç doğrultusunda kriterler ve ona ait olan alt kriterler belirlenip hiyerarşi oluşturulur. Hiyerarşide ilk aşamada amaç ortaya konur ve bu amaç doğrultusunda seçimi etkileyen kriterler de belirlenir. Daha sonra amaç ve kriterler göz önüne alınarak alternatifler belirlenir. Böylelikle hiyerarşik yapı oluşturulmuş olur ve karar verme için bir sonraki aşamaya geçişe hazır hale gelinir. AHP, Problemin belirlenmesi, kriter ve alternatiflerin belirlenmesi ile hiyerarşinin oluşturulması, kriterlerin önce kendi aralarında ve sonra her kriter için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisleriyle karşılaştırılması, karşılaştırmaların tutarlılığının test edilmesi gibi bir dizi adımdan oluşmaktadır [14].

3.2. TOPSIS Yöntemi

TOPSIS yöntemi Hwang ve Yoon tarafından 1981 yılında geliştirilmiştir. Yöntemin temeli, pozitif-ideal çözüme en kısa mesafe ve negatif-ideal çözüme en uzak mesafedeki alternatifi seçmektir. Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan TOPSIS, sıralama amacıyla karar vericilere yardımcı olmaktadır. Bu yöntem ile alternatif seçeneklerin belirli kriterler doğrultusunda ve kriterlerin alabileceği maksimum ve minimum değerler arasında ideal çözüme uzaklıkları değerlendirilip, sıralanması yapılmaktadır. Farklı bir deyişle TOPSIS' de karar verme süreci sonucunda seçilen alternatif, ideal sonuca en yakın ve negatif-ideal sonuca en uzak olan alternatiftir. Aşağıda TOPSIS yönteminin adımları tanımlanmıştır [15-17]

Adım 1: Karar Matrisi (D) oluşturulur. (Alternatifler $i = 1, 2, \dots, m$, kriterler $j = 1, 2, \dots, n$). Karar matrisi 1 numaralı denklemdeki gibi gösterilir:

$$D_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Adım 2: Normalize karar matrisi (R) oluşturulur. Normalize edilmiş karar matrisi adına vektör normalizasyonu 2 numaralı denklemde belirtilmiştir.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{m=1}^m x_{ij}^2}} \quad i=1, 2, \dots, m ; j=1, 2, \dots, n \quad (2)$$

R matrisi denklem 3 gibi elde edilir:

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Demiryolu Mühendisliği

Adım 3: Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi (Y) oluşturulur. Öncelikle değerlendirme faktörlerinin ağırlık değerleri (w_i) belirlenir ($\sum_{i=1}^n w_i = 1$). Daha sonra matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili w_i değeri ile çarpılıp Y matrisi oluşturulur.

$$Y_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & \cdots & w_n r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & \cdots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Adım 4: Pozitif İdeal (A^+) ve Negatif İdeal (A^-) çözümler oluşturulur. İdeal çözüm seti oluşturulurken için matrisindeki ağırlıklandırılmış ölçütlerin yani sütun değerlerinin en büyükleri (eğer ilgili ölçüt minimizasyon yönlü ise en küçüğü) seçilir.

$$A^+ = \{(\max_i y_{ij} \mid j \in J), (\min_i y_{ij} \mid j \in J')\} \quad (5)$$

5 numaralı denklem ile hesaplanacak olan set 6 numaralı denklemdeki gibi oluşur:

$$A^+ = \{y_1^+, y_2^+, \dots, y_n^+\} \quad (6)$$

Negatif ideal çözüm setinin bulunması 7 numaralı denklem ile yapılmaktadır. [16-17]

$$A^- = \{(\min_i y_{ij} \mid j \in J), (\max_i y_{ij} \mid j \in J')\} \quad (7)$$

7 numaralı denklem yardımıyla hesaplanacak olan set 8 numaralı denklemde gösterilmiştir:

$$A^- = \{y_1^-, y_2^-, \dots, y_n^-\} \quad (8)$$

Her iki formülde de J fayda (maksimizasyon), J' ise kayıp (minimizasyon) değerini göstermektedir. Gerek pozitif ideal gerekse negatif ideal çözüm seti, ölçüt sayısı yani m elemandan oluşmaktadır.

Adım 5: Her alternatifin pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüme uzaklıkları hesaplanır. Pozitif ideal çözüme uzaklık (S_i^+) değerinin hesaplanması 9 numaralı denklemde gösterilmiştir:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_j^+)^2} \quad (9)$$

Negatif ideal çözüme (S_i^-) uzaklığın hesaplanması ise 10 numaralı denklemdeki gibidir:

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_j^-)^2} \quad (10)$$

Burada hesaplanacak S_i^+ ve S_i^- sayısı karşılaştırılan alternatif sayısı kadardır.

Adım 6: İdeal çözüme göreceli yakınlık değerleri hesaplanır. İdeal çözüme göreceli yakınlık değerinin hesaplanması 11 numaralı denklemdeki gibidir:

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (11)$$

Burada C_i^+ değeri $0 \leq C_i^+ \leq 1$ aralığında değere sahiptir ve $C_i^+ = 1$ ilgili alternatifin pozitif ideal çözüm noktasında bulunduğuna, $C_i^+ = 0$ ilgili alternatifin negatif ideal çözüm noktasında bulunduğuna işaret eder [18].

Bu çalışmada AHP ve TOPSIS birlikte kullanılmıştır. AHP yöntemi yapılandırılmamış bir problemi, en iyi seçimi ortaya koyabilmek için kriter, alt kriter ve alternatifleri içeren bir karar hiyerarşisi yapısına parçalayabilir. Bu yöntem, kriter veya alternatiflerin ağırlıklarını belirlemek için karar vericilerin ikili karşılaştırmalarına olanak sağlamaktadır. Ayrıca karar verme sürecinin tutarlılığını doğrulamak için kabul edilebilir bir tutarlılık oranı hesaplanarak süreç kontrolüne imkân vermektedir. AHP yönteminin TOPSIS ile entegrasyonu önemli noktası TOPSIS yönteminin işlem basamaklarının basitliğidir. Ayrıca TOPSIS işlem basamaklarını problem büyüklüğüne göre değiştirmeyen bir kabiliyete sahiptir.

4. Literatürde Yapılan Çalışmalar

Ulaşım planlama üzerine birçok araştırmacı çalışmakta ve planlama süreçleri hakkında literatürde birçok çalışma yer almaktadır. Performans optimizasyonu [19], kentsel toplu ulaşım

Demiryolu Mühendisliği

alternatiflerinin çok kriteri değerlendirilmesi [20], toplu ulaşım modlarının önceliklendirilmesi [21], kentsel hareketlilik projelerinin sürdürülebilir değerlendirilmesi [22], raylı sistem projelerinin seçimi [23-24], ulaşım projelerinin seçimi [25] ve teknoloji seçimi [26] üzerine çalışmalar literatürde yer almaktadır. Ayrıca, Kırıkkale için toplu ulaşım alternatif olarak raylı sistem öneri ve fizibilite çalışmaları da mevcuttur [27-28].

Literatür incelendiğinde ÇÖKV yöntemlerinin güzergâh belirleme amacıyla sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Piantanakulchai ve Saengkhaio, çalışmalarında otoban seçimi için Coğrafi Bilgi Sisteminden (CBS) yararlanmış ve AHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışma, ulaşım etki, ekonomik ve finansal etki, sosyal etki ve çevresel etki olmak üzere dört ana kriter bakımından on dört alt kritere göre çok kriterli bir değerlendirme sürecini içermektedir. Değerlendirmede kullanıcı, toplum ve yönetim bakımından üç alternatif için değerlendirme yapılmıştır [5]. Şengül, Eren ve Shiraz, çalışmalarında bulanık sayılar kullanılarak toplu taşıma aracı seçimi yapmışlardır. Değerlendirme sürecindeki belirsizlikleri elimine etmek için bulanık AHP kullanmışlardır. Sekiz kriter ve en çok tercih edilen beş farklı (körüksüz) otobüs alternatifini değerlendirerek fiyat, yolcu kapasitesi, tükettiği yakıt miktarı, garanti süresi ve motor gücü bakımında en iyi seçim yapılmıştır [29]. Soltani, vd., yaptıkları bir çalışmada İran'ın Şiraz şehrinde 71 otobüs güzergâhı arasından altı tanesini belirlemişlerdir. Sonrasında literatür araştırması ve Şiraz Halk Otobüsleri Teşkilatı (*Shiraz Public Bus Organization*) tarafından yapılan anketten toplanan verilerle 16 kriter üretmişlerdir. Daha sonra Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ve TOPSIS yöntemlerini içeren iki aşamalı çok kriterli bir karar verme modeli kullanılarak verileri analiz etmişlerdir. Sonuç olarak güzergâhları, mevcut durumu ile kıyaslamış ve değerlendirmeler yapmışlardır [30]. Monorayın trafiği kesmeden kendi hattı boyunca ilerlemesi, kurulu ve genişletilmeye müsaade etmeyen yollar üzerine inşa edilebilmesi ve alternatif olan diğer raylı ulaşım sistemleri kadar maliyet gerektirmemesi ile günümüzde kentsel alanlar için gündemde olan toplu ulaşım araçlarıdır. Hamurcu ve Eren tarafından hazırlanan bir çalışmada çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan AHP yöntemi ile güzergâh planlaması yapmışlardır. Ankara Büyükşehir Belediyesi'nde ilk defa kurulması planlanan olan monoray raylı sistemi için alternatif güzergâhlar arasından seçim yapılmıştır [31]. Taş vd. tarafından yapılan bir çalışmada kentsel ulaşım planlarında yer alan monoray ulaşım hattının tipinin belirlenmesiyle ilgili olarak AHP yönteminden yararlanılmıştır. Üç farklı hat tipi arasından AHP tabanlı PROMETHEE kullanılarak alternatif hat tipi seçenekleri arasından en uygun hat tipi seçimini yapmışlardır [32]. Süt vd. tarafından hazırlanan bir çalışmada yapımı devam eden Ankara-Sivas YHT hat güzergâhının değerlendirilmesi yapılmıştır. Değerlendirmede çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP kullanılmıştır. Mevcut ve yapılması düşünülen ulaşım projeleri ile entegrasyon, hattın geçtiği şehirler ve yakın bölge, bölgenin nüfus yoğunluğu, erişilebilirlik, yolculuk üreten önemli noktalara erişim ve hatta olan talep kriterleri ile çok yönlü bir değerlendirme yapılmıştır [33]. Güzergâh belirleme problemleri kadar güzergâh üzerinde yol alacak araçların seçimi problemi de yüksek öneme sahiptir. Dünyada elektrikli araçlara olan ilgi artışı gözler önündedir. Hamurcu ve Eren tarafından yapılan bir çalışmada belirlenen kriterler dahilinde çok kriterli karar verme yöntemlerinden Analitik Network Proses (ANP) ve TOPSIS kullanılarak kentsel ulaşımın iyileştirilmesi için yüksek kapasiteye sahip elektrikli otobüslerin seçimi yapılmıştır [34]. Dinç vd. tarafından hazırlanan bir çalışmada, Kırıkkale-Kampüs dolmuş hat etkinliği değerlendirilip ve mevcut durum üzerinde analizler yapılmıştır. Hat etkinliği, AHP yöntemi kullanılarak yolcu memnuniyeti, çevre ve ulaşım verimliliği bakımından belirlenen kriterler ile değerlendirilmiştir. Böylelikle, kampüs hattının etkinliği için değerlendirme kriterlerinin ağırlıkları elde edilmiştir [35]. Hamurcu ve Eren, yaptıkları çalışmada Türkiye'de yeni bir ulaşım sistemi olan monoray sistemini ele almışlardır. Yaptıkları çalışmalarında ANP ve TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Sonuçta kentsel ulaşımın gelişimi için analitik yöntemler ile alternatifler arasından en uygun sıralamayı gerçekleştirmişlerdir [16].

5. Uygulama

Çalışmanın uygulama kısmında AHP ve TOPSIS yöntemleri ile güzergâh belirleme yapılmıştır. Çalışmada karar verme problemi belirlendikten sonra alternatifler belirlenmiştir. Toplanan bilgiler ışığında, uzman görüşü ve literatür araştırması kullanılarak kriterler belirlenmiş, sırasıyla AHP ve TOPSIS çözümleri uygulanmıştır. Sonuç olarak en uygun güzergâhlar belirlenmiş ve yorumlanmıştır. Çalışmada izlenen adımlar akış şeması olarak Şekil 1’de gösterilmiştir.

5.1. Problemin Tanımı

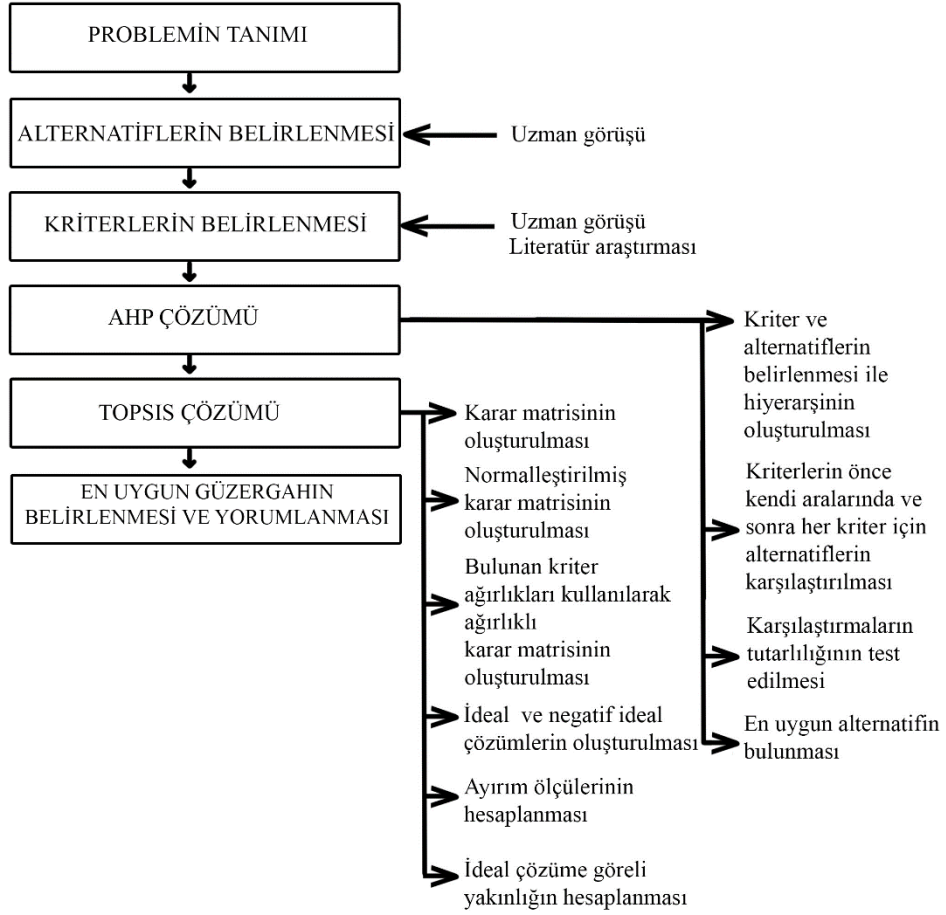
Kırıkkale’deki öğrenci sayısının, şehir nüfusuna göre yoğunluk göstermesi, buna bağlı olarak Ankara-Kırıkkale arası ulaşım talebinin öğrenci ağırlıklı olması ve Kırıkkale Üniversitesi-şehir içi önemli noktalara erişimin sağlanması noktasında kritik rol oynamaktadır. Ayrıca, Ankara-Kırıkkale arası ulaşım alternatif olacak YHT hattının Kırıkkale istasyonun şehir-üniversite ve önemli noktalar ile entegrasyonun sağlanması ulaşım ağını genişletecek ve erişilebilirliği arttıracaktır. Öğrencilerle yapılan anketler de Kırıkkale – Ankara seferinin önemini gözler önüne sermiştir. Kırıkkale – Ankara ulaşımında alternatif olacak YHT incelendiğinde, Kırıkkale YHT durağının şehrin önemli bölgelerine uzak olduğu görülmüştür. Bu nedenle minibüs hatlarına ihtiyaç olduğu tespit edilmiştir.

5.2. Alternatiflerin Belirlenmesi

Bu çalışmada dört farklı hat için güzergâh belirleme çalışmaları yürütülmüştür. Her bir hat, üç farklı güzergâh alternatifi içermektedir. Akademik ulaşım planlama alanında çalışan uzman görüşleri doğrultusunda muhtemel güzergâhlar belirlenmiş ve alternatifler arasından seçim yapılmıştır. YHT istasyonunun Osmangazi (OSM) mahallesine kurulacağı için başlangıç noktası olarak bu nokta belirlenmiştir. Kırıkkale için önemli merkezler olan şehir merkezi, otogar, tren garı ve üniversite arasında 12 alternatif güzergâh belirlenmiştir. Hat uzunluğu ve hat süreleri verileri için Google Maps’den yararlanılmıştır. Oluşturulacak hatlardaki güzergâh alternatifleri Tablo 1’de gösterilmiştir (Osmangazi: OSM, Kırıkkale Üniversitesi: KKU, Kırıkkale Merkez: Merkez kısaltmaları kullanılmıştır).

Şekil 2. A’da OSM – OTOGAR hattının alternatifleri gösterilmiştir. Hattın otogar olan varış noktasında alışveriş merkezleri ve Yüksek İhtisas Hastanesi’nin de yer alması bu güzergâhın önemini daha da arttırmaktadır. Şekil 2. B’de OSM – KKU hattının alternatifleri gösterilmiştir. Kırıkkale merkez-üniversite kampüs hattı şehrin en uzun ve en yoğun olan hattıdır. YHT istasyonunun açılması ile daha da yoğun yolcu kapasitesine ulaşması düşünülmektedir. Şekil 2. C’de OSM – Tren Garı hattının alternatifleri gösterilmiştir. Tren garı noktası hem şehir merkezi hem de mevcut yolcu treni için erişilebilirliği arttıracak ve YHT’yi konvansiyonel hatta bağlayacaktır. Şekil 2. D’de OSM – Merkez hattının alternatifleri gösterilmiştir. Cumhuriyet meydanı, emniyet, alışveriş merkezleri, bankalar caddesi, valilik, belediye, nur cami gibi önemli noktalara erişimin sağlanması noktasında önemli bir güzergâhı kapsamaktadır.

Demiryolu Mühendisliği



Şekil 1. Uygulama akış şeması

5.3. Kriterlerin Belirlenmesi

Akademik uzman görüşleri ve yapılan literatür araştırması doğrultusunda üç adet ana kriter ve toplam on adet alt kriter belirlendi. Kriterler, kullanılacak matrislerde kısaltmalarıyla tanımlanmıştır. Yolcu memnuniyeti (YOM): yolcuların verilen hizmetten memnuniyetini ifade etmektedir. Hizmet süresi (HSÜ): hizmet sıklığı (HSI), kapasite (KAP), durak sayısı (DUS), direkt gidiş (DİG), fiyat (FİY) [35]. Sosyallik (SOS) [31]: sosyal hayata olan etkisinin ölçüldüğü kriterdir. İş ve eğitim bağlantısını sağlaması (İEB) ve alışveriş-yerleşim yerlerine erişimin sağlaması (AYE) olarak iki alt kriter bakımından değerlendirmeye alınmıştır. Çevre (ÇEV) [31]: Hattın uzun olması CO₂ salınımını arttıracaktır. Hattın trafiği sıkıştıracak yollardan geçmesi görüntü ve ses kirliliğini arttıracaktır. Bahsedilen özellikler ne kadar az olursa çevre kriterinden o kadar yüksek puan alınacaktır. Bu ana kriter de Trafik (TRA) ve gürültü kirliliği (GÜK) olarak iki alt kritere ayrılmıştır [35].

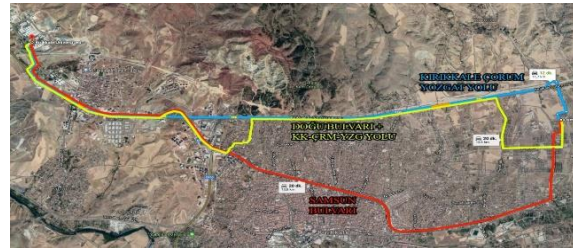
Demiryolu Mühendisliği

Tablo 1. Oluşturulacak hatlardaki güzergâh alternatifleri

Hat İsmi	Güzergâh Alternatifi	Güzergâh	Hat Uzunluğu	Süre Verisi
OSM- Otogar	Kırıkkale-Çorum-Yozgat Yolu	O-1	9,2 km	10 dk.
	Samsun Bulvarı	O-2	9,1 km	15 dk.
	Doğu Bulvarı ve Çorum Yozgat Yolu	O-3	8,9 km	14 dk.
OSM- KKU	Kırıkkale-Çorum-Yozgat Yolu	K-1	11,7 km	12 dk.
	Samsun Bulvarı	K-2	13,8 km	20 dk.
	Doğu Bulvarı ve Çorum Yozgat Yolu	K-3	13,6 km	20 dk.
OSM – Tren Garı	Kırıkkale-Çorum-Yozgat Yolu	T-1	12,3 km	16 dk.
	Samsun Bulvarı	T-2	6,7 km	14 dk.
	Doğu Bulvarı ve Samsun Bulvarı	T-3	6,9 km	15 dk.
OSM- Merkez	Doğu bulvarı, Kanuni bulvarı ve Karacalı caddesi	M-1	8,4 km	18 dk.
	Doğu bulvarı, Kanuni bulvarı ve Samsun bulvarı	M-2	6,9 km	15 dk.
	Samsun bulvarı	M-3	6,7 km	14 dk.



A. OSM – OTOGAR hattının alternatifleri



B. OSM – KKU hattının alternatifleri



C. OSM – Tren Garı hattının alternatifleri



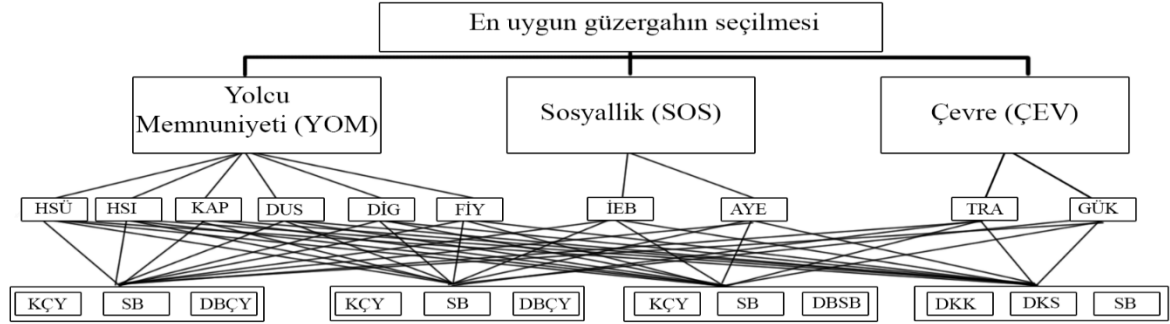
D. OSM – Merkez hattının alternatifleri

Şekil 2. Alternatif güzergahlar

5.4. YHT istasyon önceliklerinin hesaplanması ve AHP çözümü

AHP çözümünde kullanılan karar hiyerarşisi Şekil 3’de gösterilmiştir.

Demiryolu Mühendisliği



Şekil 3. AHP karar hiyerarşisi

Kriterlerin bulunmasının ardından Tablo 2’de ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. İkili karşılaştırmaların yapılmasında Saaty’in 1-9 skalası kullanılmıştır.

Tablo 2. İkili karşılaştırma matrisi

Kriter	YOM	SOS	ÇEV
YOM	1,00	2,00	3,00
SOS	0,50	1,00	2,00
ÇEV	0,33	0,50	1,00

Her bir matris elemanı Tablo 2’de bulunan sütun toplamına bölünür. Her sütun için bu işlem gerçekleştirilir. Normalize edilmiş matrisin satır elemanlarının ortalaması bulunur. Bu ortalama değerler önem derecelerini yüzde olarak belirlemiş olur. Bu ortalamalar birbiri ile karşılaştırılan alternatiflerin öncelikleri konusunda bir tahmin elde etmeyi sağlar. Yüzde değerler bulunduktan sonra tutarlılık oranı hesaplanarak karşılaştırma matrisinin tutarlılığı hesaplanır. Tutarlılık oranı 0.1’den küçük ise bulunan değerler tutarlıdır. Kriterlerin yüzde önem dereceleri ve karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranı Tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo 3. Ana kriterlerin yüzde önemleri ve tutarlılık oranı

Ana Kriter	Yüzde Önemi	CI	CR
YOM	0,54	0,007	
SOS	0,30	Lamda (λ)	0,01
ÇEV	0,16	3,01	

Ana kriterlerin önem yüzdeleri bulunduktan sonra alt kriterlerin önemleri sırasıyla bulunmuştur. Bu çalışmada yalnızca “Yolcu Memnuniyeti” kriterinin alt kriterlerinin bulunması gösterilmiştir. Tablo 4’te “Yolcu Memnuniyeti” alt kriterinin ikili karşılaştırma matrisinin bulunması gösterilmiştir.

Tablo 5’te sırasıyla normalizasyon işlemi yapılarak “Yolcu Memnuniyeti” alt kriterinin yüzde önemleri ve karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranı gösterilmiştir.

Demiryolu Mühendisliği

Tablo 4. “Yolcu Memnuniyeti” kriterinin alt kriterlerinin ikili karşılaştırma matrisinin bulunması

Alt Kriter	HSÜ	HSI	KAP	DUS	DİG	FİY
HSÜ	1,00	3,00	4,00	5,00	7,00	6,00
HSI	0,33	1,00	2,00	3,00	5,00	4,00
KAP	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00	3,00
DUS	0,20	0,33	0,50	1,00	3,00	2,00
DİG	0,14	0,20	0,25	0,33	1,00	2,00
FİY	0,17	0,25	0,33	0,50	0,50	1,00
Toplam	2,09	5,28	8,08	11,83	20,50	18,00

Tablo 5. “Yolcu Memnuniyeti” alt kriterinin yüzde önemleri ve tutarlılık oranı

Alt Kriter	Ağırlığı	CI	CR
HSÜ	0,44		
HSI	0,22	0,08	
KAP	0,14		0,06
DUS	0,09	(λ)	
DİG	0,05	6,40	
FİY	0,05		

Tablo 6’da bulunan ağırlıklar, daha önce Tablo 3’te bulunan “Yolcu Memnuniyeti” ana kriterinin önem ağırlığıyla (0,54) çarpılarak alt kriterlerin genele etki oranları (global ağırlıkları) Tablo 6’de bulundu. Diğer alt kriterler için de aynı işlem yapıldı ve sonuçta tüm alt kriterlerin global ağırlığını içeren Tablo 6 elde edildi. Tüm güzergâhlar tüm alt kriterler altında kıyaslanmış ve en uygun güzergâh bulunmuştur. Bu çalışmada yalnızca “Osmangazi – Otogar” hattındaki güzergâh seçeneklerinin “Hizmet süresi” alt kriteri altında kıyaslanması gösterilmiştir. Tablo 7’de Osmangazi – Otogar hattındaki güzergâh seçeneklerinin hizmet süresi alt kriteri altında kıyaslanmasındaki karşılaştırma matrisi gösterilmiştir.

Tablo 6. Tüm alt kriterlerin global ağırlığının bulunması

Ana Kriter	Yerel Ağırlık 1	Alt Kriter	Yerel Ağırlık 2	Global Ağırlık
YOM	0,54	HSÜ	0,44	0,24
		HSI	0,22	0,12
		KAP	0,14	0,08
		DUS	0,09	0,05
		DİG	0,05	0,03
		FİY	0,05	0,03
SOS	0,30	İEB	0,13	0,04
		AYE	0,88	0,26
ÇEV	0,16	TRA	0,17	0,03
		GÜK	0,83	0,13

Tablo 8’de Osmangazi – Otogar hattındaki güzergâh seçeneklerinin hizmet süresi alt kriteri altında kıyaslanmasındaki normalizasyon matrisi gösterilmiştir.

Demiryolu Mühendisliği

Tablo 7. seçeneklerinin “Hizmet süresi” alt kriteri altında kıyaslanmasındaki karşılaştırma matrisi

Güzergâh Seçenekleri	Güzergâh O-1	Güzergâh O-2	Güzergâh O-3
Güzergâh O-1	1	5	3
Güzergâh O-2	1/5	1	1/3
Güzergâh O-3	1/3	3	1

Tablo 8. “Hizmet süresi” alt kriteri altında normalizasyon matrisi

Güzergâh Seçenekleri	Güzergâh O-1	Güzergâh O-2	Güzergâh O-3
Güzergâh O-1	0,65	0,56	0,69
Güzergâh O-2	0,13	0,11	0,08
Güzergâh O-3	0,22	0,33	0,23

Tablo 9’da “Osmangazi-Otogar” hattındaki güzergâh seçeneklerinin “Hizmet süresi” alt kriteri altında kıyaslanmasındaki yüzde önemleri ve tutarlılık oranı gösterilmiştir.

Tablo 9. “Hizmet süresi” alt kriteri altında kıyaslanmasındaki yüzde önemleri ve tutarlılık oranı

Güzergâh Seçenekleri	Yüzde oranı	CI	CR
Güzergâh O-1	0,63	0,035	
Güzergâh O-2	0,11	Lamda (λ)	0,06
Güzergâh O-3	0,26	3,07	

Tablo 9’da görüldüğü üzere tutarlılık oranı 0.1’den küçük çıkmıştır ve sonuç tutarlıdır. Sonuçta “Osmangazi – Otogar” hattı için en uygun güzergâhın “Kırıkkale – Çorum – Yozgat Yolu” olduğu, “Osmangazi – Kırıkkale Üniversitesi” hattı için en uygun güzergâhın “Kırıkkale – Çorum – Yozgat Yolu” olduğu, “Osmangazi – Tren Garı” hattı için en uygun güzergâhın “Kırıkkale – Çorum – Yozgat Yolu” olduğu, “Osmangazi – Merkez” hattı için en uygun güzergâhın “Samsun Bulvarı” olduğu görülmüştür.

5.5. TOPSIS Çözümü

TOPSIS çözümünde de AHP çözümünde olduğu gibi yalnızca Osmangazi – Otogar hattı için yapılan uygulama çalışmada gösterilmiştir. İlk olarak AHP ağırlıkları kullanılarak karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. TOPSIS yönteminde başlangıç matrisi, AHP kullanılarak belirlenmiştir. Her kriter bakımından alternatiflerin önem seviyeleri başlangıç matrisini oluşturmuştur. Sonrasında standart karar matrisi oluşturulmuş ve Tablo 6’daki kriter ağırlıkları kullanılarak ağırlıklı normalize karar matrisi oluşturulmuştur. İdeal ve negatif ideal çözüm, ağırlıklı normalize karar matrisinin altında Tablo 11’de gösterilmiştir. Tablo 12’de $S1^+$, $S1^-$ ve Ci^* değerleri gösterilmiştir.

İlk sırada bulunan güzergâh olarak, Osmangazi – Otogar hattındaki alternatifler arasından “Samsun Bulvarı”, Osmangazi – Kırıkkale Üniversitesi hattındaki alternatifler arasından “Samsun Bulvarı”, Osmangazi – Tren garı hattındaki alternatifler arasından “Kırıkkale Çorum Yozgat Yolu”, Osmangazi – Merkez hattındaki alternatifler arasından “Doğu Bulvarı + Kanuni Bulvarı + Karacalı Caddesi” bulunmuştur. Sonuçların kıyaslanması amacıyla AHP ve AHP-TOPSIS çözümlerinin sonuçları Tablo 13’te gösterilmiştir.

Demiryolu Mühendisliği

Tablo 10. TOPSIS karşılaştırma matrisi

Alternatifler	Kriterler									
	HSÜ	HSI	KAP	DUS	DİG	FİY	İEB	AYE	TRA	GÜK
Güzergâh O-1	10,00	0,63	0,63	0,11	0,63	10,00	0,11	0,11	0,63	0,63
Güzergâh O-2	15,00	0,11	0,11	0,63	0,26	15,00	0,63	0,63	0,11	0,11
Güzergâh O-3	14,00	0,26	0,26	0,26	0,11	14,00	0,26	0,26	0,26	0,26

Tablo 11. Ağırlıklı normalize karar matrisi, ideal ve negatif ideal çözümler

Kriterler	HSÜ	HSI	KAP	DUS	DİG
Güzergâh O-1	10,401	10,821	7,144	0,775	2,674
Güzergâh O-2	15,601	1,814	1,197	4,626	1,100
Güzergâh O-3	14,561	4,451	2,939	1,903	0,448
İdeal Çözüm	10,401	10,821	7,144	4,626	2,674
Negatif İdeal Çözüm	15,601	1,814	1,197	0,775	0,448

Kriterler	FİY	İEB	AYE	TRA	GÜK
Güzergâh O-1	1,145	0,574	4,021	2,437	12,186
Güzergâh O-2	1,718	3,427	23,990	0,408	2,042
Güzergâh O-3	1,603	1,410	9,867	1,002	5,012
İdeal Çözüm	1,145	3,427	23,990	0,408	2,042
Negatif İdeal Çözüm	1,718	0,574	4,021	2,437	12,186

Tablo 12. S1⁺, S1⁻ ve Ci* değerleri

Alternatif	S1 ⁺	S1 ⁻	Ci*
Güzergâh O-1	22,994	12,199	0,346
Güzergâh O-2	12,097	23,003	0,655
Güzergâh O-3	17,345	10,037	0,366

Değerlendirme dört ana hat için 12 alternatif güzergâh AHP ve AHP-TOPSIS karma uygulaması ile seçilmiş ve sıralama yapılmıştır. AHP-TOPSIS metotları ile yapılan seçim sürecinde, Osmangazi-Otogar için Güzergâh O-2; Osmangazi-Kırıkkale Üniversitesi için Güzergâh K-2; Osmangazi-Tren garı için Güzergâh T-2 ve Osmangazi-Merkez için ise Güzergâh M-1 birinci tercihimizi oluşturmuştur. Sadece AHP yöntemi ile yapılan seçim sonuçlarıyla karşılaştırıldığında; Osmangazi-Kırıkkale Üniversitesi ve Osmangazi-Merkez hatları alternatiflerinde sıralamanın değiştiği görülmektedir. Bu farklılığa AHP ile bulunan kriter ağırlıklarının sebebiyet verdiği açıktır. Ayrıca sadece AHP ve AHP-TOPSIS yönteminde Osmangazi-Otogar ve Osmangazi-Tren Garı hatlarındaki alternatif güzergâh sıralaması değişmemiş ancak tercih edilebilirlik seviyesinde artış görülmüştür. Yine burada da AHP ile bulunan kriter ağırlıkları etkili olmuştur.

6. Sonuçlar

Bu çalışmada, Kırıkkale için dört farklı hat ve her hat için üç farklı güzergâh iki farklı ÇKKV ile sıralanmıştır. İlk olarak AHP kullanılmış ve en iyi sıralamalar belirlenmiştir. Daha sonra, AHP ağırlıklı TOPSIS yöntemi ile tercih sıralamaları yapılmıştır. Yolcu memnuniyeti, sosyal ve çevresel kriterleri ve bu kriterlere bağlı 10 alt kriter ile güzergâh planlama yapılmıştır. Ulaşım planlama ve ulaşım ağı planlama kararlarının yapısı itibarıyla çok faktörlü düşünülmesi gerekliliği, ÇKKV yöntemlerini analitik süreçler olarak ön plana çıkarmaktadır. Özellikle toplu taşımanın kullanımının yaygınlaştırılmasında yolcu memnuniyetinin sağlanmasının gerekliliği;

Demiryolu Mühendisliği

önemli noktalara erişimin sağlanması ve çevresel sürdürülebilirliğin göz önünde bulundurulması oluşturulacak ulaşım planlarının/güzergahların kullanım etkinliğini arttıracaktır. Bu çalışmada da bu faktörler göz önünde bulundularak en iyi tercihler yapılmıştır. Yolcuların memnuniyet düzeylerinin ve kabul edilebilirliğinin sağlanmaya çalışıldığı çalışmada, YHT istasyonunun açılması ile yüksek talebin olması beklenen hatların etkinliğinin sağlanılabileceği öngörülmektedir.

Tablo 13. Genel sonuç tablosu

Hat	Güzergâh	AHP Çözümü		AHP- TOPSIS Çözümü	
		Yüzde Oran	Sıra	Ci Değeri	Sıra
Osmangazi- Otogar	O-1	<u>45%</u>	<u>1</u>	0,347	3
	O-2	30%	2	<u>0,655</u>	<u>1</u>
	O-3	25%	3	0,367	2
Osmangazi- Kırıkkale Üniversitesi	K-1	<u>54%</u>	<u>1</u>	0,368	3
	K-2	29%	2	<u>0,632</u>	<u>1</u>
	K-3	16%	3	0,393	2
Osmangazi- Tren Garı	T-1	<u>48%</u>	<u>1</u>	<u>0,637</u>	<u>1</u>
	T-2	39%	2	0,368	2
	T-3	13%	3	0,320	3
Osmangazi- Merkez	M-3	<u>44%</u>	<u>1</u>	<u>0,676</u>	<u>1</u>
	M-1	30%	2	0,391	2
	M-2	26%	3	0,324	3

Bu çalışmadaki güzergâh planlama, Kırıkkale şehrinde açılacak olan yüksek hızlı tren istasyonu ile şehrin önemli bazı bölgeleri arasında yapılmıştır. Bu çalışmanın benzeri, havaalanları veya otogarlar ile şehir bağlantısı kurmak için yapılabilir. Ayrıca bu çalışmanın benzeri AAS (Analitik ağ süreci) gibi ağırlıklandırma ve VIKOR, PROMETHEE gibi farklı sıralama yöntemleri de uygulanabilir. Özellikle büyük şehirlerde yapılabilecek hat planları daha büyük maliyet gerektirecek yatırımlar olacaktır. Bu sebeple analitik karar verme süreçlerinin kullanımı ve optimizasyon yöntemleri ile ulaşım kararlarında ve yatırımlarında etkinlik sağlanabilecektir. Bu çalışmanın devamında belirlenen hatlar için araç kapasitesi planları ve araç türü seçimi gibi problemler ele alınabilir. Ayrıca Kırıkkale için monoray ve tramvay gibi raylı sistem çalışmaları için altyapı oluşturabilecek çalışmalar da yapılabilir.

Kaynakça

- [1] TCDD, “Demiryolu Sektör Raporu 2018,” May 2018. [Online]. Available: <http://tcdd.gov.tr/> [Accessed January 10, 2019].
- [2] YÖK, “Yükseköğretim İstatistikleri,” 2018 [Online]. Available: <https://www.yok.gov.tr> [Accessed January 10, 2019].
- [3] M. Hamurcu and T. Eren, “Kentsel ulaşımında güzergâh belirleme için kullanılan kriterler: literatür araştırması,” *Transist 9. Uluslararası Ulaşım Teknolojileri Sempozyumu ve Fuarı*, İstanbul, 2016, pp. 280-286.
- [4] G.S. Kalamaras, et al., “Application of multicriteria analysis to select the best highway alignment”, *Tunnelling and Underground Space Technology*, 15(4), pp. 415-420, 2000.
- [5] M. Piantanakulchai, “Analytic network process model for highway corridor planning,” *Proceedings of ISAHP*, 2005.
- [6] M. Piantanakulchai and N. Saengkhao, “Evaluation of alternatives in transportation planning using multistakeholders multi-objectives ahp modeling,” *In Proceedings of the Eastern Asia Society for transportation studies*, 4 pp. 1613-1628, 2003.

- [7] H.A. Effat and O.A. Hassan, "Designing and evaluation of three alternatives highway routes using the analytical hierarchy process and the least-cost path analysis," *Application in Sinai Peninsula, Egypt, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 16(2), pp. 141-151, 2013.
- [8] A. Farkas, "Route/site selection of urban transportation facilities: an integrated gis/mcdm approach," *Proceedings-7th International Conference on Management, Enterprise and Benchmarking (MEB)*, pp. 169-184, 2009.
- [9] Y. Zhongzhen and Y. Hayashi, "GIS-based analysis of railway's origin/destination path-selecting behavior," *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 3(17), pp. 221-226, 2002.
- [10] X. Yao, "Where are public transit needed: examining potential demand for public transit for commuting trips," *Computers, Environment & Urban Systems*, 5(31), pp. 535-550, 2007.
- [11] I. Brunner, K. Kim and E. Yamashita, "Analytic hierarchy process and geographic information systems to identify optimal transit alignments," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1(2215), pp. 59-66, 2011.
- [12] H.Y. Kim, D.F. Wunneburger and M. Neuman, "High-speed rail route and regional mobility with a raster-based decision support system: The Texas Urban Triangle Case," *Journal of Geographic Information System*, 5(6), pp. 559-566, 2013.
- [13] A. Supçiller and O. Çapraz, "AHP- TOPSIS yöntemine dayalı tedarikçi seçimi uygulaması," *Ekonometri ve İstatistik e-Dergisi*, (13), pp. 1-22, 2011.
- [14] T. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process*, New York, McGraw-Hill, 1980.
- [15] C.L. Hwang and H. Yoon, "Multiple attributes decision making methods and applications, a state-of-the-art survey," New York, Springer-Verlag, 1981.
- [16] M. Hamurcu and T. Eren, "An application of multicriteria decision-making for the evaluation of alternative monorail routes," *Mathematics*, 7(1), 16, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/math7010016>.
- [17] M. Dağdeviren, S. Yavuz and N. Kılınc, "Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment," *Expert Systems with Applications*, 36(4), pp. 8143-8151, 2009. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.10.016>.
- [18] A. Özdağoğlu, "Üretim yapan işletmeler için hidrolik giyotin alternatiflerinin TOPSIS yöntemi ile incelenmesi," *Ege Akademik Bakış Dergisi*, 12(4), pp. 549-562, 2012.
- [19] A. Cyril, R.H. Mulangi and V. George, "Performance optimization of public transport Using integrated AHP-GP methodology," *Urban Rail Transit*, pp. 1-12, 2019.
- [20] K. Nosal and K. Solecka, "Application of AHP method for multi-criteria evaluation of variants of the integration of urban public transport," *Transportation Research Procedia*, 3, pp. 269-278, 2014.
- [21] D.J. Lee, "A multi-criteria approach for prioritizing advanced public transport modes (APTM) considering urban types in Korea," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 111, pp. 148-161, 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.02.005>.
- [22] A. Awasthi, H. Omrani and P. Gerber, "Investigating ideal-solution based multicriteria decision making techniques for sustainability evaluation of urban mobility projects," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 116, pp. 247-259, 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.06.007>.
- [23] M. Hamurcu and T. Eren, "Raylı sistem projeleri kararında AHS-HP ve AAS-HP kombinasyonu," *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi (GMBD)*, 3(3), pp. 1-13, 2017. [Online]. Available: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gmbd/issue/31064/371820>
- [24] M. Hamurcu, H.M. Alağaç and T. Eren, "Selection of rail system projects with analytic hierarchy process and goal programming," *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 8(2), pp. 291-302, 2017.
- [25] M. Hamurcu and T. Eren, "Kent içi ulaşım için bulanık AHP tabanlı VIKOR yöntemi ile proje seçimi," *Engineering Sciences (NWSAENS)*, 13(3), pp. 201-216, 2018. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2018.13.3.1A0413>.
- [26] M. Hamurcu and T. Eren, "Selection of monorail technology by using multicriteria decision making," *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 8(2), pp. 303-314, 2017.
- [27] Y. Arıkan, Ö.P. Akkaş and Ç. Ertuğrul, "Kırıkkale ili hafif raylı sistem etüdünün gerçekleştirilmesi," *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 10(3), pp. 6-11, 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.29137/umagd.476722>.
- [28] B. Doğan and A. Kablan, "Kırıkkale şehir içi ulaşımında alternatif sistem değerlendirmesi," *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(2), pp. 431-437, 2016. [Online]. Available: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/dubited/issue/24379/258386>.
- [29] Ü. Şengül, M. Eren, and S.E. Shraz, "Bulanık AHP ile belediyelerin toplu taşıma araç seçimi," *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (40), pp.143-165, 2012.

- [30] A. Soltani, E.Z. Marandi and Y.E. Ivaki, “Bus route evaluation using a two-stage hybrid model of Fuzzy AHP and TOPSIS,” *Journal of Transport Literature*, 7(3), pp. 34-58, 2013.
- [31] M. Hamurcu and T. Eren, “Ankara Büyükşehir Belediyesi’nde çok ölçütlü karar verme yöntemi ile monoray güzergâh seçimi,” *Transist 8. Uluslararası Ulaşım Teknolojileri Sempozyumu ve Fuarı*, İstanbul, Türkiye, pp. 410-419, 2015.
- [32] M. Taş, Ş. Özlemiş, M. Hamurcu and T. Eren, “Ankara’da AHP ve PROMETHEE yaklaşımıyla monoray hat tipinin belirlenmesi,” *Ekonomi, İşletme, Siyaset ve Uluslararası İlişkiler Dergisi*, 3(1), pp. 65-89, 2017.
- [33] N.İ. Süt, M. Hamurcu and T. Eren, “Ankara-Sivas yüksek hızlı tren hat güzergâhının değerlendirilmesi,” *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 3(3), pp. 22-30, 2018. [Online]. Available: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/humder/issue/42425/444314>
- [34] M. Hamurcu and T. Eren, “Yüksek kapasiteli elektrikli otobüslerin seçiminde hibrit çok kriterli karar verme uygulaması,” *Transist 11. Uluslararası Ulaşım Teknolojileri Sempozyumu ve Fuarı*, İstanbul, Türkiye, pp. 1-10, 2018.
- [35] S. Dinç, M. Hamurcu and T. Eren, “Kırıkkale-kampüs dolmuş hattı etkinliğinin çok kriterli karar verme ile değerlendirilmesi,” *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(Ek Sayı 1), pp. 238-247, 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.29048/makufebed.423892>.

Özgeçmiş



Bedirhan SARIMEHMET

1999 yılında Rize’de doğdu. İlk, Orta ve Lise öğrenimini Rize’de tamamladı. Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde 3. Sınıf öğrencisidir.



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 Prof. Dr. olarak çalışmaktadır. Yöneylem Araştırması anabilim dalında çalışan Eren’in çalışma alanı çizelgeleme ve çok kriterli karar vermedir.