



**HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ**

*HARRAN UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING*

e-ISSN: 2528-8733 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/humder>

---

## **Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Ankara- Sivas Yüksek Hızlı Tren Hat Güzergahının Değerlendirilmesi**

### *Using Analytic Hierarchy Process For Evaluation of Ankara-Sivas High Speed Rail Line*

*Yazar(lar) (Author(s)):* Nida İlbegüm SÜT, Mustafa HAMURCU, Tamer EREN

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Süt İ. N., Hamurcu M., Eren T., “Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Ankara-Sivas Yüksek Hızlı Tren Hat Güzergahının Değerlendirilmesi”, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 3(3): 22-30, (2018).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.gov.tr/humder/archive>

## Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Ankara-Sivas Yüksek Hızlı Tren Hat Güzergahının Değerlendirilmesi

**Nida İlbegüm Süt, Mustafa Hamurcu\*, Tamer Eren**

*Kırıkkale Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale*

*\*e-posta: hamurcu.mustafa@kku.edu.tr*

Geliş Tarihi: 16.07.2018

Kabul Tarihi: 19.12.2018

### Özet

Ulaşım alanında büyük yatırımların yapıldığı ülkemizde şehirler arası ulaşım için de çeşitli projeler ortaya konulmaktadır. Köprü, viyadük, tünel ve otoyol projeleri ile kara yolu; yüksek hızlı ve hızlı tren projeleri ile şehirler arası ulaşım geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bu çalışmada yapımı devam eden Ankara-Sivas yüksek hızlı tren (YHT) hat güzergahının değerlendirilmesini kapsamaktadır. Değerlendirmede çok kriterli karar verme yöntemlerinden analitik hiyerarşi süreci (AHS) 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. Çalışmanın sonucunda hattın konumunun ve güzergahının raylı sistem ağını genişletebilecek bir noktada olması ile ilerleyen zamanda hat etkinliğinin daha da artacağı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Ankara-Sivas yüksek hızlı tren, Analitik Hiyerarşi Süreci, Demiryolu

## Using Analytic Hierarchy Process For Evaluation of Ankara-Sivas High Speed Rail Line

### Abstract

In Turkey, where large investments are made in transportation area, various projects are planned for intercity transportation. Road, bridge, viaduct, tunnel and highway projects; High speed and high-speed rail projects are being tried to be developed between cities. The predetermination of the line effectiveness of high-speed rail or new investment projects has innumerable importance. In this study, it is contain the evaluation of the Ankara-Sivas high-speed rail (HSR) line. The analytical hierarchy process (AHP), which is one of the multicriteria decision making methods, is used in the evaluation. Evaluation process that reflects the academic's point of view is measured by this method. A multi-criteria evaluation is made using the integration with the transport infrastructure, the cities covered by the line, the population density of the region, access to important points and demand criteria. As a result of the study, it is concluded that the location and route of the line are in a position to expand the rail network and this will further increase the efficiency of the line in the future.

**Keywords:** Ankara-Sivas high speed rail, Analytic Hierarchy Process, Railway

### 1. Giriş

Ulaştırma sistemi, toplumun ihtiyaçlarından kaynaklanan taşıma sisteminin geliştirilmesiyle oluşmuş ekonomik ve sosyal etkenli bir yapıya sahiptir. Günümüze kadar sürekli geliştirilmiş ve hala geliştirilmeye devam etmektedir. Ulaşım; insan, hayvan ve malların çeşitli nedenlerle yer değiştirmesine denir. Bu değişim birçok kültürel etkileşime neden olmaktadır. Sürekli bir döngü halinde, insanlar ulaşım sisteminden

yararlanmaktadırlar. Ekonomik sebepler, zaman ve ulaşımın güvenilirliği başka ulaşım yollarına zemin hazırlamıştır.

Küreselleşen ekonomi ve dünyada, artan enerji sorunları ile birlikte rekabetin ortaya çıkardığı ulaşım ihtiyacı, çevresel ve küresel ısınma ile ilgili kaygı ve endişeler ulaşım sistemleri içinde; kullanım ömrü uzun ve çevre dostu demiryolu sistemini ön plana çıkarmıştır. Türkiye'de dünya çapında mega projelerin hayata geçirilmekte ve özellikle

büyükşehirlerde, şehir içinde alternatif ulaşım modları birbirleri ile entegre bir şekilde işletilmektedir. Şehirler arası ulaşım da yüksek hızlı ve hızlı tren hatları ile hızlı, rahat ve konforlu bir şekilde ulaşım sağlanmaya çalışılmaktadır. Türkiye’de 2003 yılından itibaren demiryolu öncelikli ulaşım politikaları izlenmekte ve ulaşım yatırımları arasında demiryolu sektörüne çok önemli kaynaklar ayrılmaktadır. Bu kapsamda 2023 yılı hedefleri doğrultusunda yüksek hızlı ve hızlı demiryolu ağının inşası, mevcut konvansiyonel hatların modernizasyonu, hatların elektrikli ve sinyalli hale getirilmesi, araç filosunun yenilenmesi, yerli ve milli demiryolu sanayisinin oluşturulması gibi ana hedefler doğrultusunda projeler ortaya konulmaktadır.

Yolcu taşımacılığının yanı sıra yük taşımacılığı ile de geniş kullanım alanı bulunan demiryolu ulaşımı, son yüzyılda dünya çapında gelişim göstermiştir. Bu gelişimle beraber yük taşıma kapasitesi artırılmış ve fayda maliyet analizi oluşturulmuştur. Her zaman her güzergâh için ekonomik olmayan fayda maliyet analizi demiryolu ulaşımında özellikle yoğun yolcu kapasitesi ve yük taşımacılığının olduğu kalabalık kentlerde tercih edilmektedir [2].

Ülkemizde YHT ve hızlı tren projeleri hız kazanmıştır ve çeşitli projeler ile şehirler arası mesafeler kısaltılmaya çalışılmaktadır. Ancak YHT hattı inşası büyük bütçe gerektirmektedir. Ayrıca modernize ve iyileştirmeler ile konvansiyonel hatların hızlandırılması da yine zaman ve bütçe gerektirmektedir. Bu sebeplerden dolayı alternatif projelerin seçilmesi, sıralanması ve önceliklendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu noktada çeşitli faktörler bakımından değerlendirme sağlayacak bu süreç, analitik karar verme yöntemleri ile daha iyi sonuçlar elde edilmesi mümkün olabilecektir. Bu çalışmada da yüksek hızlı tren hattının değerlendirilmesinde çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan AHS kullanılmıştır.

İnşa aşamasına gelmiş, inşası bitmiş veya işletilmekte olan bir hat için muhtemel iyileştirme ve geliştirme faaliyetleri ve önerileri için, belirlenebilecek kriterler ile çok kriterli değerlendirmelerde bulunmak hat için önemlidir. Hattın kurulacağı yer kadar, etkin ve etkili

işletilmesinin de sağlanması büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde ulaşım ve raylı sistemler üzerine yapılmış çalışmalar ile literatür araştırmasına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde AHS yöntemi ve aşamaları kısaca anlatılmıştır. Dördüncü bölümdeki uygulama kısmında AHS yöntemindeki aşamalar açıklanarak uygulanmıştır. Beşinci bölümde Ankara-Sivas Yüksek Hızlı Tren (YHT) hattı hakkında bilgi verilmiştir. Altıncı bölümde ise Ankara-Sivas YHT hattının çok kriterli karar verme yöntemleriyle değerlendirmesinden çıkan sonuç kısmı verilmiştir. Çalışmanın yedinci bölümünde ise sonuç ve tartışma kısmı anlatılmıştır ve gelecekteki çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

## 2. Literatür Araştırması

Birçok ülkede yüksek kapasitesi ile ön plana çıkan raylı sistemler, çeşitli uygulamalar ile literatürde yer almaktadır. Stoop ve Thissen [3], hızlı trenle taşımacılığın yaygınlaşmasındaki temel etkenin güvenlik olduğunu vurgularken, Masson ve Petiot [4], hızlı trenle taşımacılığın yaygınlaşmasında temel faktör olarak turistler için zaman kazanma konusunu vurgulamışlardır. Borrás vd. [5], çevre bilinci ve ücretlendirmenin uygunluğu gibi unsurların YHT’yi müşteri tercihlerinde ön plana çıkardığını çalışmalarında anlatmışlardır. Givaoni [6], YHT teknolojisindeki modernleşmenin müşteri tercihlerinde önemli bir unsur olduğunu vurgulamaktadır.

1980’lerden itibaren batılı ülkeler başta olmak üzere, mevcut eğilimin, sınırsız tüketim anlayışı ve çevreye verdiği zararlarla birlikte sürdürülebilir olmadığı anlaşılmıştır. Ve bu çerçevede ortaya konan sürdürülebilirlik kavramı, toplumsal, ekonomik ve çevresel olmak üzere üç ana bakış açısıyla değerlendirilmiştir. Demiryolu arazi kullanımının azlığı, farklı enerji kaynaklarının kullanımına imkân vermesi nedeniyle çevreci olması, yüksek kapasiteli olma gibi özellikleriyle sürdürülebilir bir ulaşım türü olarak ortaya çıkmıştır. YHT ise bu özelliklerinin yanı sıra, güvenlik, konfor ve hız gibi hizmet parametrelerini de üst düzeyde sağlamaktadır [7].

Barbosa vd. [8], çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanarak ulaşım sistemlerini değerlendirmişlerdir. Krmac ve Djordjenic [9], AHS yöntemini kullanarak akıllı demiryolu ulaşım sistemlerinin değerlendirilmesini; Krmac ve Djordjevic [10], tren kontrol bilgi sistemlerinin değerlendirilmesini yapmışlardır. Dhir vd. [11], raylı sistem aracı üreten firmaları AHS yöntemini kullanarak değerlendirmişlerdir. Nosal ve Solecka [12], AHS yöntemiyle ulaşım entegrasyonunun sağlanması amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Hamurcu ve Eren [13], monoray teknolojisini seçimini; Hamurcu vd. [14], raylı sistem projelerinin seçimini; Gür vd. [15], monoray projelerinin seçimini; Taş vd. [16], monoray hat tipinin belirlenmesini; Taş vd. [17], proje seçimini; Hamurcu ve Eren [18], raylı toplu taşıma türünün seçimini yapmışlardır. Hamurcu vd. [19], başka bir çalışmalarında, Kırıkkale YHT istasyon yerinin seçimini belirlenen kriterleri ile 4 alternatif arasından seçim yapmışlardır ve değerlendirmelerde bulunmuşlardır. Mateus vd. [20], çok kriterli karar vermeyi kullanarak YHT için olası istasyon yerleri arasından en iyi olanı seçmek için teknik, ekonomik, sosyal ve çevresel ana kriterleri ve alt kriterler doğrultusunda seçim yapmışlardır. Kılıçlar vd. [21], YHT'nin tercih edilme sebepleri üzerine bir araştırma yapmışlardır. Ekim [22], YHT'lerin altyapısı üzerine bir araştırma yapmıştır. Akgüngör ve Demirel [23], çalışmalarında Ankara-Istanbul YHT hattını incelemişlerdir.

### 3. Analitik Hiyerarşi Süreci

AHP tekniği, birçok alanda kullanılmış olup günümüzde halen güncelliğini koruyan bir yöntemdir. Çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünde, tek olarak veya diğer yöntemlerle bütünleşik bir şekilde kullanılabilir. AHP'nin günümüze kadar kullanıldığı alanlara örnek olarak; Performans değerlendirme [24], personel seçimi [25], yer seçimi [26], yönetici seçimi [27], proje seçimi [28], strateji seçimi [29], tramvay seçimi [30], raylı sistem projeleri kararında [31], kent içi ulaşım için proje seçimi [32], araştırma görevlisi alımındaki faktörlerin belirlenmesi [33], cihaz seçimi [34], montaj hattı dengeleme [35], 3PL firma seçimi [36] ve yüksek hızlı

tren projelerinin önceliklendirilmesi [37] gibi alanlardaki uygulamaları verilebilir. Ayrıca kentsel ulaşımında otobüs hattının değerlendirilmesinde [38], teknoloji seçiminde [39], çeşitli bütçe kısıtları altında ulaşım planlamada [40] ve raylı sistem ağı genişletme stratejilerinin seçiminde [41] de uygulamaları vardır.

Bu yöntemde, Saaty'nin [42] geliştirmiş olduğu 1-9 puanlı tercih ölçeği kullanılarak, kararı etkileyen kriterler ve bu kriterler kapsamında alternatiflerin karşılaştırılmaları yapılır. AHP'de her kararı etkileyen kriterler ve alternatifler, karar verme grubu tarafından ikili karşılaştırmalara tabi tutulur. Bunun sonucunda kriterlerin önem ağırlıkları belirlenir. Alternatifler arasından seçim yapılacaksa, her bir kriter ışığında alternatiflerin ayrı ayrı karşılaştırmaları yapılır. Alternatiflerin nispi önem ağırlıkları belirlenerek, ağırlığı en yüksek olan alternatif seçilir. Karar verici grup, ikili karşılaştırmalarla faktörleri karşılaştırır ve bunların hedefe olan katkılarının ne kadar olduğunu belirler. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP); 1977 ve 1980 yıllarında Saaty tarafından geliştirilerek, çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünde kullanılmaya başlanmış olan bir karar verme mekanizmasıdır. AHP, karmaşık çok kriterli problemlerinin; ana hedef, kriterler, alt kriterler ve alternatifler arasındaki ilişkiyi gösteren, hiyerarşik bir yapıda modellenmesine olanak veren bir süreçtir. Bu yöntem ile, çok kriterli bir seçim probleminde kriterlerin amaca katkısının belirlenebilmesi için kriter ağırlıkları hesaplanabilir ve bu değerlerden hareketle en uygun karar alternatifi seçilebilir. AHS yöntemi, çeşitli alanlarda karar verme problemlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntem, bir problem için oluşturulan karar matrisindeki kararı etkileyen kriterlerin ve alternatiflerin yüzde olarak dağılımını gösteren bir karar verme yaklaşımıdır [43]. Karar probleminin belirlenmesinden sonra, AHS yönteminin genel adımları;

i) Hiyerarşik yapının oluşturulması: Karar vericiye hiyerarşik bir yapının ortaya konması ile amaç, kriterler ve en alt seviyede alternatifler yer alarak kriterler ve alternatiflerin etkili bir şekilde karşılaştırma imkânını sunmaktadır. Karar problemi bu aşamada tam olarak ortaya konulmaktadır.

Problem tanımlanarak amaç, kriterler ve alternatifler net olarak ifade edilir.

ii) İkili karşılaştırma matrisi ve göreceli önem ağırlık değerleri: Bu adımda, kriterlerin göreceli önem ağırlık değerleri verilmekte ve ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmaktadır. Kriterlerin ikili karşılaştırma değerleri, karar vericilerin bilgi, deneyim ve uzmanlık veya anket çalışması ile elde edilen değerlendirmelere dayanmaktadır.

İkili karşılaştırma matrisindeki kriterlerin değerleri Tablo 1'deki 1-9 skalası kullanılmaktadır [44].

**Tablo 1:** İkili karşılaştırma yönteminde kullanılan 1-9 Skalası

Dereceler	Tanım
1	Eşit derecede önemli
3	Biraz daha fazla önemli
5	Kuvvetli derecede önemli
7	Çok kuvvetli derece önemli
9	Aşırı derece de önemli
2, 4, 6, 8	Ara değerler

iii) Özvektör değeri ve tutarlılık oranı: Kriterler arası ve her kriter için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisindeki kriterlerin özvektör değeri ( $w_i$ ) hesaplanmasında denklem (1) kullanılmaktadır.

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \dots \dots \dots (1)$$

Kriterlere ait özvektör değerini bulduktan sonra; tutarlılık oranı, tutarlılık göstergesi ve özdeğer hesaplanmaktadır. Tutarlılık oranı (Consistency Rate; CR; TO), ikili karşılaştırma anında verilen değerlerin birbirleri arasındaki ilişkinin tutarlı olup olmadığını göstermektedir. Tutarlılık oranının 0,10'dan düşük olması gerekmektedir. Aksi durumda yapılan değerlendirme tekrar gözden geçirilir. Tutarlılık oranı, Denklem (2) kullanılarak hesaplanmaktadır

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

Tutarlılık Göstergesi'nin (Consistency Index; CI; TG) hesaplanması Denklem (3) kullanılmaktadır.

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

Tutarlılık Göstergesi değerinin hesaplanabilmesi için; maksimum özdeğer'in ( $\lambda_{max}$ ) Denklem (4) kullanılarak bulunması gerekmektedir.

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(aw)_i}{w} \dots \dots \dots (4)$$

Denklem (2)'de yer alan Rastgele İndeks (Random Index-RI) değeri (rassallık göstergeleri) Tablo 2'de gösterilmektedir

**Tablo 2:** Rassallık Göstergeleri

$n$	1	2	3	4	5
RI	0	0	0,58	0,90	1,12
$n$	6	7	8	9	10
RI	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

iiii) Önem ağırlıklarının bulunması ve alternatiflerin sıralanması: Kriterler için yapılan bu işlemler, alternatiflerin değerlendirilmesi içinde aynı uygulanmaktadır. Kriter önem ağırlıkları ile her kriter için bulunan alternatiflerin önem ağırlıklarının matris çarpımı sonucunda elde edilen karar alternatif puanları büyükten küçüğe doğru sıralanır ve birinci sıradaki alternatif en iyi alternatif olarak belirlenir.

Alternatiflerin analizi sonucu oluşan sütun vektörleri ile karar matrisini oluşturur. Bu matris, kriter karşılaştırmaları sonucu elde edilen sütun vektörü ile çarpılarak, yeni bir sütun vektörü elde edilir. Elde edilen sütun vektörünün her bir elemanı, karar alternatiflerinin puanlarını gösterir ve toplamı 1 olacak şekilde ortaya çıkan bu değerler içerisinde, en büyük puana/öneme sahip alternatif en uygun alternatiftir.

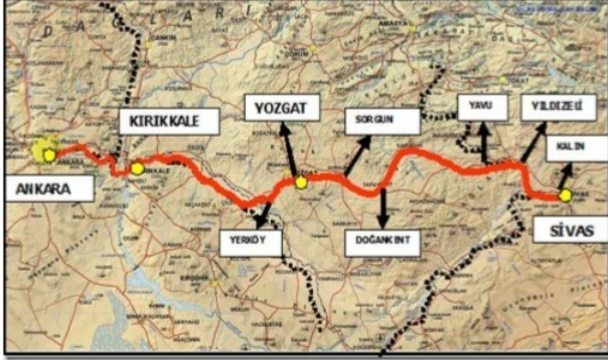
#### 4. Ankara-Sivas YHT Hattının Değerlendirilmesi

Ülkenin batısıyla ve doğusunu birleştiren demiryolu koridorunun önemli akslarından biri olan Ankara-Sivas Yüksek Hızlı Tren hattının inşaa süreci devam etmekte ve 2019 yılı sonuna doğru bitmesi planlanmaktadır.

Mevcut Ankara-Sivas demiryolu 603 km olup, seyahat süresi yaklaşık 12 saat sürmektedir. İki kent arasındaki seyahat süresini kısaltacak projeye maksimum 250 km/saat hıza uygun, çift hatlı, elektrikli, sinyalli yeni yüksek hızlı demiryolu yapımı

hedeflenmiştir. Proje tamamlandığında seyahat süresi 12 saatten 2 saate düşecektir.

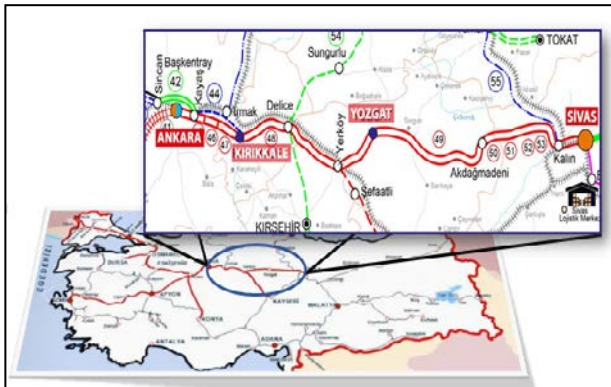
Yapım aşamasındaki bu hat sadece Ankara-Sivas bağlantısı değil, aynı zamanda İstanbul ile de bağlantılıdır. Böylece İstanbul-Sivas arası da 5 saate düşecektir. Hattın belirlenen güzergahı Şekil 2 ve Şekil 3' de gösterilmiştir.



Şekil 2. Ankara-Sivas YHT güzergahı [45]

Bu hattaki değerlendirme girdileri;

- ✓ Mevcut demiryolu ile bağlantı
- ✓ Otoyollar ile bağlantı
- ✓ İllerin Nüfusu
- ✓ Lojistik merkezlere yakınlık
- ✓ Önemli merkezler (Yolculuk oluşturabilecek merkezler)
- ✓ Havayolları ile bağlantı
- ✓ Eğitim kurumları
- ✓ Sanayi altyapısı
- ✓ Hat boyunca düşünülen projeler olarak ele alınmıştır.



Şekil 3. Ankara-Sivas YHT hattı

Havalimanların demiryolları ile entegrasyonunun vazgeçilmez olduğu gerçeği bilinmektedir. Karayolu iyileştirmeleri ya da otobüs seferleriyle yoğun talep karşılanamayacağı gibi, trafiğin sıkıştığı durumlarda da yolcuların alternatifine maalesef bulunmamaktadır. Havalimanına erişimin ancak demiryolu bağlantılarıyla sürdürülebilir olduğu ve uzun vadede

bu yatırımların demiryollarına artması beklenmektedir. Bu hat kapsamındaki illerden Ankara ve Sivas' ta havalimanı bulunmaktadır. Merkezi konumlarından dolayı yolcu sayısı her geçen yıl artmaktadır.

Yüksek Hızlı Tren Garı'nın Ankara'daki metro hatlarına bağlanması yönünde çalışma başlatılmıştır. Çalışmanın iki yıl sürmesi planlanmaktadır. TCDD Genel Müdürü Süleyman Karaman, Yüksek Planlama Kurulu'nun (YPK) tavsiyesi doğrultusunda, Ankara YHT garı'nın metro hatlarına entegrasyonu yönünde Ankara Büyükşehir Belediyesi ile protokol imzalayacaklarını bildirmiştir. Ankara Yüksek Hızlı Tren Garı projesinde hafif raylı sistem Ankaray' a 170 metre uzunluğunda yürüyen bir bant ile bağlantı bulunduğu bilinmektedir fakat bunun yeterli olmadığı düşünülerek garın metro hatlarına da bağlanması gerektiği belirtilmiştir [46].

Tablo 3. Ankara-Sivas hattındaki illerin nüfusu [48]

İller	ANKARA	SİVAS	YOZGAT	KIRIKKALE
2007	4.466.756	638.464	492.127	280.234
2008	4.548.939	631.112	484.206	279.325
2009	4.650.802	633.347	487.365	280.834
2010	4.771.716	642.224	476.096	276.647
2011	4.890.893	627.056	465.696	274.992
2012	4.965.542	623.535	453.211	274.727
2013	5.045.083	623.824	444.211	274.658
2014	5.150.072	623.116	432.560	271.092
2015	5.270.575	618.617	419.440	270.271
2016	5.346.518	621.224	421.041	277.984
2017	5.445.026	621.301	418.650	278.749

Kent içinde kalmış yük ve depo merkezleri de yeni inşa edilen lojistik merkezlere taşınarak, bu sahaların kentle bütünleşmesiyle beraber yükleme-boşaltma ve taşıma faaliyetlerinin kent dışında yapılmasıyla kent trafiğinin rahatlamasına büyük katkı sağlamaktadır. Ankara-Sivas YHT hattındaki tek lojistik merkez olan Sivas organize sanayi bölgeleriyle bağlantılı olarak yük taşıma potansiyelinin yoğun olduğu bir yerdir. Diğer lojistik merkezlerle ilgili ihale, proje ve kamulaştırma çalışmaları da sürdürülmektedir [47].

Demografik özellikte eğitim nüfusu, çalışan nüfusu ve toplam nüfus ele alınmıştır. Ankara-Sivas YHT hattındaki illerin 10 yıl içindeki nüfusları ve nüfus yoğunlukları Tablo 7' de gösterilmiştir.

Dokuzuncu ve Onuncu Kalkınma Planları ile Bölgesel Gelişme Ulusal Stratejisi (BGUS) ve ilişkili programlar kapsamında, büyüme ve çevrelerine hizmet verme potansiyeli yüksek, çoğu geleneksel bölge merkezi niteliğindeki 12 kent cazibe merkezi olarak belirlenmiştir. Bu kentler İç Anadolu (Konya, Kayseri, Sivas), Doğu Anadolu (Malatya, Elâzığ, Erzurum, Van), Güneydoğu Anadolu (Gaziantep, Şanlıurfa, Diyarbakır) ve Karadeniz Bölgelerinde (Samsun, Trabzon) bulunmaktadır. Onuncu Kalkınma Planı döneminde ise bölgesel büyüme odakları politikası yine aynı kentleri (Sivas, Samsun, Trabzon, Erzurum, Van, Malatya, Elâzığ, Diyarbakır ve Şanlıurfa) kapsamaktadır [49].

Kişilerin modlar arası taşımacılığı tercih etmeleri için ulaşım türleri arasındaki zamanlamada bağlantıların olması gerekmektedir. Örneğin, ulaşım türlerinden birini kullanan kişi, kullandığı türden diğer bir ulaşım türüne aktarma yaparken beklemek zorunda kalmamalı, rahatlıkla diğer türe geçebilmelidir. Farklı ya da aynı türdeki araçların aktarma noktalarında aynı anda buluşmaları, aktarmayı etkin kılmaktadır.

Ankara-Sivas güzergahı, bir taraftan ülkemizin batı sınırından doğu sınırına kadar uzanan demiryolu ağının boylamasına ana arterin bir parçasını oluşturmakta, diğer taraftan ise Avrupa-İran, Avrupa-Ortadoğu ve Kafkas ülkelerinin demiryolu bağlantısı üzerinde bulunmaktadır. Ankara-İstanbul ve Ankara-İzmir yüksek hızlı demiryolu hatlarının işletmeye açılması ile birlikte, ülkemizin doğusu ile batısı arasındaki bağlantıyı sağlayacak olan bu güzergahta çok yoğun demiryolu trafiği olacağı tahmin edilmektedir.

Ankara, İç Anadolu Bölgesi'nin en önemli ve başarılı üniversitelerini barındırmaktadır. Kırıkkale Üniversitesi de başarısı ve Ankara'ya yakın olmakla beraber çok tercih edilmektedir. Cumhuriyet Üniversitesi köklü bir üniversitedir ve geçmiş yıllarda Türkiye'de dereceli bir geçmişe sahiptir. Üstelik Doğu Anadolu Bölgesi'nden de oldukça öğrenci bulundurmaktadır. Ankara-Sivas hattında ve çevresinde bulunan şehirlerdeki üniversite öğrenci sayıları Ankara' da 302.646, Sivas' da 54.678, Kırıkkale' de 37.692, Yozgat' da 15.935, Çorum'da 17.251, Çankırı' da 13.806, Kırşehir' de 19.169, Tokat' da 32.574, Amasya' da 16.935, Erzurum'da 22.206 ve Kayseri' de ise 61.961 öğrenci bulunmaktadır [50].

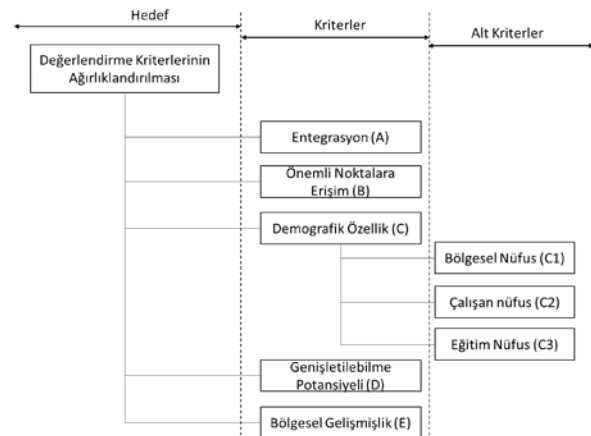
## 1.1. Kriterlerin belirlenmesi

Uzman akademisyen görüşleri doğrultusunda hattın değerlendirilmesi için 5 ana kriter belirlenmiştir. Belirlenen bu kriterler açıklamaları ile birlikte Tablo 4'te gösterilmektedir.

Tablo 4. Değerlendirme kriterleri

Kriterler	Açıklama
Entegrasyon (A)	Hattın mevcut raylı sistemler, otoyollar ve şehir merkezleri ile olan bağlantısının sağlanması kriteridir.
Önemli Noktalara Erişim (B)	Lojistik merkezler, turizm noktaları gibi yolculuk üreten merkezlere erişimin sağlanması kriteridir.
Demografik Özellik (C)	Hat güzergahı boyunca toplam nüfus, eğitim amaçlı nüfus ve çalışan nüfusu olarak değerlendirilmeye alınan kriterdir.
Genişletilebilirlik Potansiyeli (D)	Hattın gelecekte yeni projeler ile genişletilebilmesinin değerlendirildiği kriterdir.
Bölgesel Gelişmişlik (E)	Hattın ve hattı kapsayan il ve çevre illerin bölgesel gelişmeye katkısının değerlendirildiği kriteridir.

Problemin karar hiyerarşisi; kriter ağırlıklarının belirlenmesi hedefi ile 5 ana kriter ve bu kriterlerden demografik özellik kriterine bağlı 3 alt kriterden oluşmaktadır. Şekil 1'de karar hiyerarşisi gösterilmektedir. 3 Seviyeli olan karar hiyerarşisinde hedef, kriterler ve alt kriterler yer almaktadır. Bu çalışmada YHT hattı üzerinden değerlendirmelerde bulunmuş ve kriter önem seviyeleri bulunmuştur.



Şekil 1. Karar hiyerarşisi

## 1.2. AHS çözümü

AHS çözümünde öncelikle kriterler kendi aralarında ikili karşılaştırmalar yapılır. Bu karşılaştırmalarda 1-9 skalası kullanılmaktadır. İkili karşılaştırmalarda uzman olarak akademik personel görüşüne

başvurulmuştur. Değerlendirmeler, Ankara-Sivas hattı üzerinden yapılmıştır. Tablo 5’de kriterlerin ikili karşılaştırmaları gösterilmektedir.

**Tablo 5.** Kriterlerin ikili karşılaştırılması

Kriterler	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
(A)	1,000	3,000	3,000	3,000	3,000
(B)	0,333	1,000	1,000	1,000	1,000
(C)	0,333	1,000	1,000	0,333	3,000
(D)	0,333	1,000	3,000	1,000	3,000
(E)	0,333	1,000	0,333	0,333	1,000
Toplam	2,333	7,000	8,333	5,666	11,00

AHS başlangıç matrisi olan ikili karşılaştırmalar üzerinden normalleştirme işlemi yapılır. Özevktör bulunurken (1) formülü kullanılır. Bulunan özevktör kriterlerin ağırlıklarını oluşturmaktadır. Ancak devamında yapılacak tutarlılık oranı testi 0,10 değerinden yüksek çıkarsa yapılan karşılaştırmalar tutarsız denir ve süreç başa döner. Tablo 6’da hesaplanan özevktör değerleri gösterilmektedir.

**Tablo 6.** Özevktörün bulunması

Kriter.	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	Öz v.
(A)	0,429	0,429	0,360	0,529	0,273	0,404
(B)	0,143	0,143	0,120	0,176	0,091	0,135
(C)	0,143	0,143	0,120	0,059	0,273	0,147
(D)	0,143	0,143	0,360	0,176	0,273	0,219
(E)	0,143	0,143	0,040	0,059	0,091	0,095

Tutarlılık testi için her bir kriterin ağırlığı bulunur. Bu değer ikili karşılaştırma matrisi ve özevktör değerlerinin matris çarpımı neticesinde bulunur. Ağırlık değerlerinin özevktöre bölünmesi ile tutarlılık değerleri için ara işlem yapılır (Tablo 7). Yapılan ara işlemler neticesinde formül (4) kullanılarak lamda değeri bulunur. Bu ikili karşılaştırmalar için lamda  $\lambda_{max}=5,3561$  olarak bulunmuştur.

**Tablo 7.** Tutarlılık oranı için ara işlemler

Kriterler	Ağırlık	Tutarlılık
(A)	2,1923	5,4284
(B)	0,7308	5,4284
(C)	0,7750	5,2556
(D)	1,2158	5,5523
(E)	0,4865	5,1159

Tutarlılık oranı testi için sırası ile (3) ve (2) formülleri kullanılarak bulunur. Bu karşılaştırmalar ve ara işlemler neticesinde bulunan tutarlılık indeksi (CI) tutarlılık oranı (CR) =0, 079489 olarak bulundu. Bu değer 0,10’dan küçük olduğu için tutarlıdır denir. Aynı işlemler alt kriterler için kendi aralarında da yapılır. Ana kriter ve alt kriterlerin ağırlıkları bulunduktan sonra global ağırlıklar için ana kriter

yerel ağırlıkları ile alt kriter yerel ağırlıkları çarpılır. Global ağırlıklar Tablo 8’de gösterilmektedir.

**Tablo 8.** Global ağırlıklar

Kriterler	Yerel Ağırlık	Alt Kriterler	Yerel Ağırlık	Global Ağırlık
A	0,4039	-	-	0,4039
B	0,1346	-	-	0,1346
C	0,1475	C1	0,6333	0,0934
		C2	0,2605	0,0384
		C3	0,1062	0,0157
D	0,2190	-	-	0,2190
E	0,0951	-	-	0,0951

Yapılan değerlendirme sonucunda, entegrasyon (A), 0,4039; önemli noktalara erişim (B), 0,1346; demografik özellik (C),0,1475; genişletilebilme potansiyeli (D), 0,2190 ve bölgesel gelişmişlik (E), 0,0951 önem ağırlıkları bulunmuştur. Buna göre en önemli 2 kriter entegrasyonun sağlanması ve hattın genişletilebilme potansiyeli olmuştur.

## 5. Sonuç ve Değerlendirmeler

Bu çalışmada Ankara-Sivas YHT hattı ele alınarak 5 ana kriter ve 3 alt kriter bakımından çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHS ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda kriter önem seviyeleri sırası ile “entegrasyonun sağlanması”, “genişletilebilme potansiyeli”, “demografik özellik” “önemli noktalara erişim” ve “bölgesel gelişmişlik” olmuştur.

Türkiye’de büyük bütçeler ayrılarak dünya çapında mega projeler hayata geçirilmektedir. Şehirler arası ulaşımda YHT ve modernizasyon ile hızlı tren yatırımları ve büyükşehirlerde raylı sistem yatırımları ile ulaşımda iyileşme sağlanmaya çalışılmaktadır. Tüm bu süreçlerde planlama faaliyetlerinin iyi bir şekilde yapılması yatırımın verimliliği için önemli olacaktır. Bu kapsamda kurulacak veya kurulu raylı sistem hatların çok faktörlü değerlendirilmesi, yapılacak düzenleme ve iyileştirme faaliyetleri için problemlere karşı önleyici yaklaşımlar sunacaktır.

Gelecek çalışmalarda, birbiri ile etkileşim içinde olan kriterlerin değerlendirilmesi için analitik ağ süreci (AAS) gibi farklı karar verme süreçleri kullanılabilir. Ayrıca yatırımın ekonomik değerlendirilmesinde fayda-maliyet analizleri ile net bir şekilde ortaya konulabilir. Sürdürülebilirlik için özellikle önemli bir



kriter olan çevresel faktörler dikkate alınarak değerlendirilmelerde bulunulabilir. Hattın değerlendirilmesinden sonra istasyon yerlerinin belirlenmesi önemli konu başlıklarından biridir ve hattın etkinliği bakımından önemlidir. Bunun için matematiksel modeller kurulabilir. Ayrıca hatta kullanılacak olan YHT seti için tedarikçi seçimi çok kriterli karar verme yöntemleri ile yapılabilir. Son olarak YHT sefer sayılarının optimizasyonu için çizelgeleme faaliyetleri ile desteklenmelidir. Ortaya konulabilecek etkili modeller ile hattın etkinliği sağlanabilir. Ayrıca hattın genişletilebilme potansiyeli göz önüne alınarak, raylı sistem ağını genişletme stratejileri ve alternatifleri sıralanabilir.

### Kaynaklar

- [1] F. Yılmaz, G. Gürbüz and S. Toy, Erzurum yüksek hızlı tren raporu. Erzurum: tra. 2003.
- [2] D. Levinson, J. M. Mathieu, D. Gillen and A. Kanafani, "The full cost of high-speed rail: an engineering approach," *The Annals of Regional Science*, vol. 31 (2), pp. 189-215, 1997.
- [3] J. A. Stoop and W. A. Thisse, "Transport Safety: Trends and Challenges From A Systems Perspective," *Safety Science*, vol. 26, pp. 107-120, 1997.
- [4] S. Masson and R. Petiot, "Can the high speed rail reinforce tourism attractiveness? The case of the high speed rail between Perpignan (France) and Barcelona (Spain)," *Technovation*, vol. 29(9), pp. 611-617, 2009.
- [5] M. Sanchez-Borras, C. Nash, P. Abrantes and A. Lopez-Pita, "Rail access charges and the competitiveness of high speed trains," *Transport Policy*, vol. 17, pp. 102-109, 2010.
- [6] M. Givoni, "Development and Impact of the Modern High-speed Train: A Review," *Transport Reviews*, vol. 26, pp. 593-611, 2006.
- [7] M. Ç. Kızıldaş, "Yüksek Hızlı Demiryolları Mevcut Durum, Gelişme Eğilimleri, Türkiye Ve Dünyadaki Örneklerin Değerlendirilmesi," Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Ulaştırma Mühendisliği Programı, 173s, İstanbul., 2013.
- [8] S. B. Barbosa, M. G. G. Ferreira, E. M. Nickel, J. A. Cruz, F. A. Forcellini, J. Garcia and J. B. S. O de Andrade, "Multi-criteria analysis model to evaluate transport systems: An application in Florianópolis, Brazil," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 96, pp. 1-13, 2017.
- [9] E. Krmac and B. Djordjević, "An Evaluation of Indicators of Railway Intelligent Transportation Systems using the Group Analytic Hierarchy Process," *Electronics Science Technology and Application*, vol. 4(2), pp. 15-22, 2018.
- [10] E. Krmac and B. Djordjevic, "An evaluation of train control information systems for sustainable railway using the analytic hierarchy process (AHP) model," *European Transport Research Review*, vol. 9(3), pp. 9-35, 2017.
- [11] S. Dhir, M. V. Marinov and D. Worsley, "Application of the analytic hierarchy process to identify the most suitable manufacturer of rail vehicles for High Speed 2. Case Studies," *Transport Policy*, vol. 3(4), pp. 431-448, 2015.
- [12] 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*, vol. 3, pp. 269278, 2014.
- [13] M. Hamurcu and T. Eren, "Selection of Monorail Technology by Using Multicriteria Decision Making," *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 8(2), 303-314, 2017.
- [14] M. Hamurcu, H.M. Alakaş and T. Eren, "Selection of Rail System Projects With Analytic Hierarchy Process and Goal Programming," *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 8(2), 291-302, 2017.
- [15] 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*, vol. 23(4), 37-443, 2017.
- [16] M. Taş, Ş. N. Özlemiş, M. Hamurcu ve T. Eren, "Ankara'da AHS ve PROMETHEE Yaklaşımıyla Monoray Hat Tipinin Belirlenmesi," *Ekonomi, İşletme, Siyaset ve Uluslararası İlişkiler Dergisi*, vol. 3(1), pp. 65-89, 2017.
- [17] 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*, vol. 2(2), 24-34, 2017.
- [18] M. Hamurcu ve T. Eren, "Raylı Sistem Projeleri Kararında AHS-HP Ve AAS-HP Kombinasyonu," *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(3), 1-13, 2017.
- [19] T. Eren, M. Hamurcu ve H.M. Alakaş, "Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Kırıkkale Yüksek Hızlı Tren İstasyon Yerinin Seçimi." *5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*, 2017, pp. 597-606.
- [20] R. Mateus, J. A. Ferreira and J. Carreira, "Multicriteria decision analysis (MCDA): Central Porto high-speed railway station," *European Journal of Operational Research*, vol. 187(1), pp. 1-18, 2008.
- [21] A. Kılıçlar, Y. Sarı and C. Seçilmiş, "Yolcuların ulaşım aracı olarak yüksek hızlı treni tercih nedenleri üzerine bir araştırma," *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2), 195-216, 2010.
- [22] O. Ekim, "Yüksek hızlı demiryolları için geometrik özellikler ve altyapı.," Yıldız Teknik Üniversitesi, FBE İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Ulaştırma Programında Hazırlanan Yüksek Lisans Tezi, 119s, İstanbul, 2007.
- [23] A.P. Akgüngör and A. Demirel, "Evaluation of Ankara - Istanbul high speed train Project," *Transport*, vol. 22(1), pp. 1-3, 2007.
- [24] M. Karaatlı, N. Ömürbek, G. Köse, "Analitik Hiyerarşi Süreci Temelli Topsis Ve Vikor Yöntemleri İle Futbolcu

- Performanslarının Değerlendirilmesi,” *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 29(1), 25-61, 2014.
- [25]S. Tepe, A. Görener, “Analitik Hiyerarşi Süreci ve MOORA Yöntemlerinin Personel Seçiminde Uygulanması,” *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 13(25), 1-14, 2014.
- [26]M. Soba, “Banka Yeri Seçiminin Analitik Hiyerarşi Süreci ve Electre Metodu İle Belirlenmesi: Uşak İlçeleri Örneği,” *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11(25), 459-473, 2014.
- [27]H. İbicioğlu, Ö.F. Ünal, “Analitik Hiyerarşi Prosesi İle Yetkinlik Bazlı İnsan Kaynakları Yöneticisi Seçimi,” *Ataturk University Journal of Economics & Administrative Sciences*, 28(4), 55-78, 2014.
- [28]M. Hamurcu, Ş. Gür, E.H. Özder, T. Eren, “A multicriteria decision making for monorail projects with analytic network process and 0-1 goal programming,” *International Journal Of Advances In Electronics And Computer Science (IJAECS)*, 3(7), 8, 2016.
- [29]H.M. Alakaş, Ö.S. Mermi, Ş. Kızıltaş, T. Eren, M. Hamurcu, “Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Hedef Programlama Yöntemi ile Reklam Stratejisi Seçimi: Mobilya Firması Örneği,” *Published in 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science* 29-30 September (ISITES2017 Baku - Azerbaijan) 516-525, 2017.
- [30]S. Dinç, M. Hamurcu, T. Eren, “Kentsel Ulaşım İçin Alternatif Tramvay Araçlarının Çok Kriterli Seçimi. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi (GMBD)*, 4(2), 124-135, 2018.
- [31]M. Hamurcu, T. Eren, “Raylı Sistem Projeleri Kararında AHS-HP ve AAS-HP Kombinasyonu,” *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(3), 1-13, 2017.
- [32]M. Hamurcu, T. Eren, “Kent İçi Ulaşım İçin Bulanık AHP Tabanlı VIKOR Yöntemi İle Proje Seçimi,” *Engineering Sciences*, 13(3), 217-228, 2018.
- [33]M.Öneren, T. Arar, E.S. Çelebioğlu, “Akademinin Temelini Güçlü Kılmak: Araştırma Görevlisi Alımındaki Faktörlerin AHP İle Belirlenmesi,” *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(1), 39-50, 2017.
- [34]Ş. Cihan, E. Ayan, T. Eren, T. Topal, E.K. Yıldırım, “Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ile Ekokardiyografi Cihazı Seçiminin Yapılması,” *Sağlık Bilimleri ve Meslekleri Dergisi*, 4(1), 41-49, 2017.
- [35]N. Bedir, H.M. Alakaş, T. Eren, “Çok Ölçütlü Karar Verme İle Montaj Hattı Dengeleme,” *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 9(1), 11-18, 2017.
- [36]Ş. Gür, T. Eren, “Selection of 3PL Company for Online Shopping Sites with AHP and TOPSIS Method,” *Hitit University Journal of Social Sciences Institute*, 10, 819-834, 2017.
- [37]M. Hamurcu, T.Eren, “Prioritization of High-speed Rail Projects,” *International Advanced Researches and Engineering Journal*, 2(2), 98-103, 2018.
- [38]S. Dinç, M. Hamurcu ve T. Eren, “Kırıkkale-Kampüs Dolmuş Hattının Etkinliğinin Çok Kriterli Karar Verme ile Değerlendirilmesi”, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2018, (Basımda).
- [39]M. Hamurcu, T. Eren, “Analitik Ağ Süreci İle Ankara’da Kentsel Ulaşım İçin Monoray Teknolojisinin Seçimi”, *3rd International Symposium on Railway Systems Engineering (ISERSE’2016)*, 2016, 561-568.
- [40]M. Hamurcu and T. Eren, "Transportation planning with analytic hierarchy process and goal programming," *International Advanced Researches and Engineering Journal*, vol. 2(2), 92-97, 2018.
- [41]M. Hamurcu and T. Eren, "Evaluation of Expansion Strategies for Rail System Network of Ankara," *International Congress on Engineering and Life Sciences (ICELIS 2018)*, pp. 163, 2018.
- [42]Saaty, T. L., *Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process*, Management Science, 1986. 32 (7), 842-843.
- [43]M. Dağdeviren, D. Akay, M. Kurt, “İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulaması,” *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 131-138, 2004.
- [44]Saaty, T. L. (1994). *Fundamentals of decision making*. Pittsburgh: RWS Publications.
- [45]<https://rayhaber.com> (Erişim Tarihi: 20.03.2018)
- [46]<http://www.hurriyet.com.tr> (Erişim Tarihi: 10.03.2018)
- [47]<http://www.tcddtasimacilik.gov.tr>(Erişim Tarihi: 10.03.2018)
- [48]<http://www.tuik.gov.tr> (Erişim Tarihi: 16.04.2018)
- [49]<https://pbk.tbmm.gov.tr> (Erişim Tarihi: 16.04.2018)
- [50]<https://istatistik.yok.gov.tr> (Erişim Tarihi:10.03.2018)