

Raylı Sistem Projeleri Kararında AHS-HP Ve AAS-HP Kombinasyonu

Mustafa Hamurcu^{a*}, Tamer Eren^a

^a*Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği, Kırıkkale 71451, TÜRKİYE*

MAKALE BİLGİSİ

Alınma: 15.06.2017
Kabul: 10.09.2017

Anahtar Kelimeler:

ANP, AHP, GP,
Raylı sistemler,
Proje seçimi

^{*}*Sorumlu Yazar*

e-mail:
hamurcu.mustafa.55
@gmail.com

ÖZET

Dünyanın en kalabalık şehirlerinden biri olan İstanbul, kent içi ulaşım problemini çözmek için raylı sistem yatırımlarına önem vermekte ve projeler ortaya koymaktadır. Düşünülen her projenin hayata geçirilmesinin imkânsız olduğu günümüzde kıt kaynaklar doğrultusunda proje seçiminin yapılması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Ulaşım projesi seçiminin maliyet, mühendislik, nüfus, erişim, entegrasyon vb. gibi çeşitli faktörler doğrultusunda değerlendirilmesi çok kriterli karar verme sürecini gerekli kılmaktadır. Bu çalışmada, analitik ağ süreci (AAS) ve analitik hiyerarşi süreci (AHS) ile ayrı ayrı projelerin ağırlıklandırılması yapılarak ortaya konulan hedef programlama (HP) modeli ile İstanbul için düşünülen raylı sistem projeleri arasından seçim yapılmıştır. Yapılan ağırlıklandırma ile AHS sırası, AAS sırası ve sonra AHS-HP ile AAS-HP çözümleri gösterilmiştir. Ağırlıklandırma sürecinde bulunan sıralamalar farklılık göstermiştir. Ancak hedef programlama çözümlerinde ise aynı sonuçlar elde edilmiştir.

DOI:

Decision Making for Rail System Projects with AHP-GP and ANP-GP

ARTICLE INFO

Received: 15.06.2017
Accepted: 10.09.2017

Keywords:

ANP, AHP, GP,
Rail systems,
Project selection

^{*}*Corresponding*

Authors
e-mail:
hamurcu.mustafa.55
@gmail.com

ABSTRACT

As one of the most crowded cities in the world, Istanbul attaches great importance to investments in rail system and makes projects to solve the problem of urban transportation. Due to be impossible for every projected project to be passed on to life, today's, the necessity of project selection is emerge in according to scarce resources. Multicriteria decision making process is required in the transportation project selection due to the evaluation with various factors such as cost, engineering, population, access, integration etc. In this study, the analytic network process and the analytic hierarchy process was used individually to weight the selection criteria and the best suitable projects were selected from the projected rail system projects for Istanbul with the founded AHP-GP and ANP-GP models. Finally, the results found by this method were compared and evaluated. The AHP and ANP ranking were made, then the project selection problem is solved with the AHP-HP and ANP-HP. The ranking found with AHP and ANP in the weighting process varied. However, the same results were obtained in the goal programming solutions.

1. Giriş

Kentsel ulaşım, insanların şehir içinde bir yerden başka bir yere yaptıkları yolculuklarıdır. Ekonomik büyüme ve artan kentleşme ile İstanbul'un nüfusu hızla artmaktadır. Gittikçe artan metropoliten alanların beraberinde getirdiği nüfus artışı kentsel alanlarda trafik sorununu oluşturmaktadır. Aynı zamanda artan nüfus ile birlikte özel araç kullanım oranının da artması 15 milyona yaklaşan bir metropol şehir için trafik sorununu kaçınılmaz hale getirmektedir. Ulaşım sorununun önüne geçmek için toplu ulaşım türleri desteklenmekte ve teşvik edilmektedir. Bu noktada toplu ulaşım için güvenilir, hızlı ve rahat olan kentsel raylı sistemler ön plana çıkmaktadır.

Artan nüfus ile artarak ortaya çıkan ulaşım talebi ve sınırları genişleyen şehir ile artan ulaşım mesafeleri trafikte geçirilen süreyi artırmaktadır. Bu durum yapılan olanca yatırıma rağmen yolculuk taleplerini karşılayabilecek düzeyde olamamaktadır. Bu durumun bilincinde olan yöneticiler ulaşım taleplerini karşılayabilecek, konforlu, güvenli, güvenilir toplu ulaşımın sağlanması ile kentin mevcut planına ve geliştirilebilir planına adapte olabilecek yatırımlara yönelmektedir.

Devasa yatırımların hayata geçirildiği İstanbul'da kentsel ulaşım için birçok yatırım yapılmakta, projelendirilmekte ve ileriye yönelik planlanmaktadır. Son yıllarda ulaşım yatırımlarının toplu ulaşım odaklı ve raylı sistemler ağırlıklı olarak yapılması kısa, orta ve uzun vadede planlanan raylı sistem yatırımları ile trafikte iyileşme sağlanmaya çalışılmaktadır. 2016 yılı içerisinde ihaleye çıkması planlanan 6 raylı sistem projesi düşünülmektedir. Yapılacak yatırımların hepsinin birden hayata geçirilmesi mümkün olmamaktadır. Kaynak kısıtları ve gereksinimler doğrultusunda önceliklendirme veya seçim süreci ile trafikte en fazla iyileşmeyi sağlayacak projelerin sıralanması gerekliliği oluşmaktadır. Kent içi ulaşımında, ulaşım sistemlerinin sürücü ve araç odaklı olmaktan ziyade trafikte geçirilen sürenin azaltılmaya çalışılarak kentte yaşayanların hızlı, konforlu ve güvenli bir şekilde ulaşımına öncelik verilerek planlanması, kent içi ulaşımında memnuniyetin sağlanması açısından önem arz etmektedir. Bu sebeplerden dolayı toplu taşıma teşvik edilerek kentsel ulaşımında, ulaşım sistemlerinin sürücü ve araç odaklı olmaktan ziyade trafikte geçirilen sürenin azaltılmaya çalışılarak ve trafikte güven unsurunu ön plana çıkararak kentte yaşayanların ekonomik, hızlı, konforlu ve güvenli bir

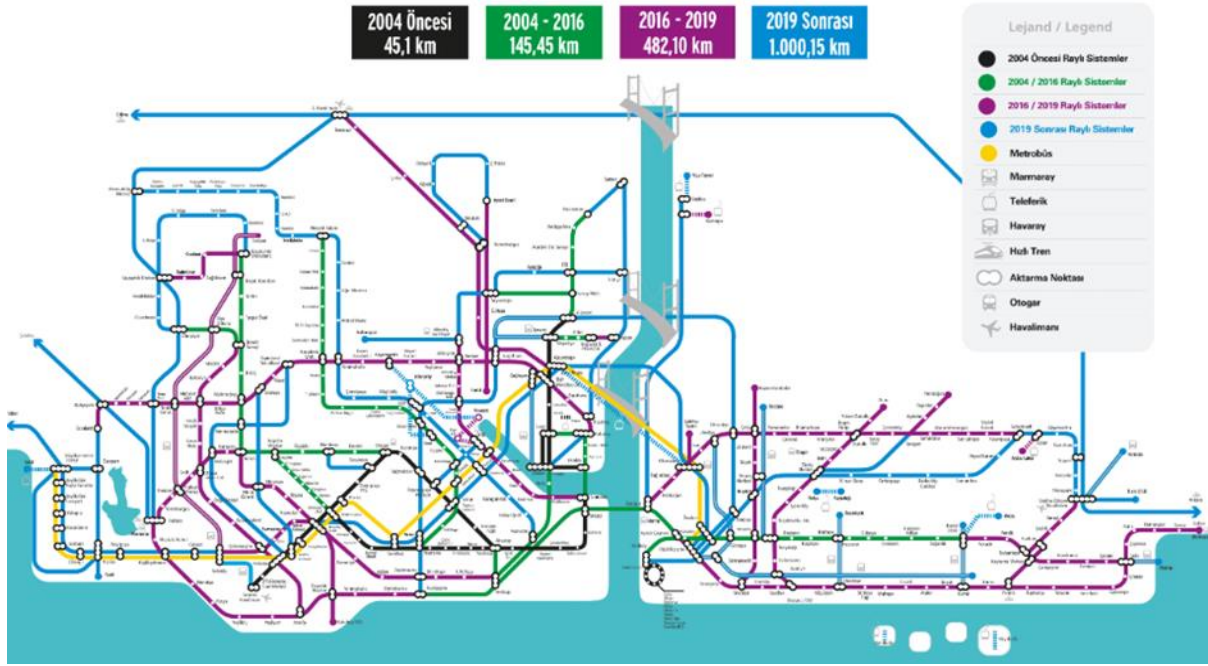
şekilde ulaşımına öncelik verilerek planlanması, kent içi ulaşımında memnuniyetin sağlanması açısından önem arz etmektedir. Bu kapsamda toplu taşımada raylı sistemler ön plana çıkmakta ve bu alanda birçok proje hayata geçirilmekte, planlanmakta ve yeni projeler düşünülmektedir.

Bireysel ulaşımın, toplu ulaşımaya kaydırılması ancak daha rahat, konforlu, hızlı ve güvenli toplu taşımayla olacağına bilinci ile raylı sistem yatırımları artarak devam etmektedir. Mevcut ve gelecekteki talepler doğrultusunda yatırımlara yön vererek toplu ulaşımında raylı sistem yatırımlarına ağırlık verilmektedir. Aynı zamanda, belediye hedefleri doğrultusunda trafikte iyileşme sağlayabilecek kısa, orta ve uzun vadede düşünülen projeler ile planlama faaliyetleri devam etmektedir.

Bu çalışmada da düşünülen 6 raylı sistem hattı arasında belirlenen kriterler etrafında önceliklendirilerek farklı bütçe senaryoları altında hedef programlama modeli ile seçim yapılmıştır. Çalışmanın ikinci kısmında proje seçim probleminden, üçüncü kısmında çalışmada kullanılan AHS ve AAS yöntemleri kısaca anlatılmıştır. Dördüncü bölümde hedef programlamadan bahsedilerek beşinci bölümde uygulama yapılmıştır. Altıncı bölüm olan son bölümde sonuç ve değerlendirmelere yer verilerek gelecek çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

2. Proje Seçimi

Proje seçimi, var olan kaynaklar ve öncelikler doğrultusunda birbirinin alternatifi olan projeler arasından seçim veya farklı projelerin sıralanması olarak tanımlanabilir. Yapılacak proje seçim veya sıralamasında karar vericilerin amaç ve önceliklerinin dikkate alınması ile eldeki kaynakların etkili kullanımı esastır. Aynı zamanda proje seçim sürecinde farklı değerlendirme kriterlerini ve amaçları bir paydada toplayabilecek analitik yöntemlere ihtiyaç ortaya çıkmaktadır. Bu noktada çok kriterli karar verme yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Aynı zamanda seçim sürecine dahil edilen hedef programlama ile de matematiksel modeller kurulabilmektedir. Özellikle ANP, AHP, TOPSIS gibi çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmakta ve hedef programlama ile birlikte de modeller kurulabilmektedir. Literatürde geniş uygulama alanı bulan bu konu hakkında birçok çalışma yapılmıştır.



Şekil 1. İstanbul raylı sistem planlanan ağ haritası

Meade ve Presley [1], Cheng ve Li [2], Begičević vd. [3], Ivanovic vd. [4], Grady vd. [5], Tuzkaya ve Yolver [6] ANP yöntemini, Lee and Kim [7], Wey ve Wu [8], Ravi vd. [9], Hamurcu vd. [10] ANP ve HP'yi, Gür vd. [11], AHP ve HP, Gebeyehu ve Shin [12] AHP ve ANP metodunu, Tripathy ve Biswal [13] hedef programlamayı, Görgülü vd. [14] ANP ve TOPSIS metodlarının, Tavana vd. [15] TOPSIS ve tamsayı programlama yöntemlerinin proje seçiminde kullanımı gibi çalışmalar vardır.

Kentsel alanlarda ulaşım amaçlı kurulan raylı sistemler için projelerin seçimi özellikle güzergâhın belirlenmesi veya kurulacak alanın seçimi çeşitli boyutlarıyla değerlendirilerek ele alınması doğru karar vererek seçilecek doğru projeler ile kentsel ulaşımın iyileşmesine açısından önemlidir. Büyük yatırım gerektiren raylı sistemlerde çevre, kullanıcı/talep eden, mühendislik, arazi yapısı gibi farklı boyutlarıyla ele alınmalıdır. Güzergâh seçimi veya güzergâh belirleme şimdiye kadar ulaşımında farklı ulaşım türü ve alanlarında uygulanmıştır. İlgili literatür araştırılarak yapılan çalışmalar incelenmiştir.

Hasse [16], raylı sistem güzergâhının seçiminde çok kriterli karar verme ile birlikte coğrafi bilgi sistemlerini (CBS) kullanmıştır. Gerçek vd. [17], çalışmada muhtemel 3 farklı raylı ulaşım ağını AHP yöntemi ile değerlendirilmiştir. Değerlendirmede 4 ana kriter ve 16 alt kriter ile İstanbul için en iyi raylı ulaşım ağı belirlenmeye çalışılmıştır. Alkubaisi

[18], en iyi tramvay güzergâhını seçilmeye çalışmıştır. Altı alternatif önerilmiştir ve bunu yaparken çok kriterli karar verme ile birlikte bir CBS tabanlı sistem kullanılmıştır. Banai [19], çok ölçütlü yöntemi-analitik hiyerarşi proses (AHP) ile hafif raylı sistem (HRS) koridoru ve alternatif güzergâhlar değerlendirilmiştir. Ludin vd. [20], çalışmada hafif raylı ulaşım için arazi kullanımı ve en uygun koridor belirlemeyi çok kriterli karar verme tekniği ile yapmışlardır. Hamurcu ve Eren [21], [22], monoray güzergâhı belirleme için AHP, ANP-TOPSIS yöntemlerini ayrı ayrı kullanmışlardır. Kalamaras vd. [23], otoyol planlamada çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanmışlardır.

Piantanakulchai ve Saengkhaio [24], ulaşım alternatifleri için AHP yöntemini kullanmışlardır. Piantanakulchai [25], çok ölçütlü karar verme tekniklerinden olan ANP kullanarak, 6 ana kriter ve 34 alt kriter üzerinden otoyol güzergâhlarını değerlendirmiştir. Effat ve Hassan [26], 3 farklı otoyol güzergâhı değerlendirmişlerdir ki bunun için AHP yöntemi kullanılmıştır. Zhongzhen ve Hayashi [27], büyük şehirlerdeki raylı sistem noktalarının nerelerde olması ve güzergâhın hangi bölgelerden geçmesi gerektiğini bulmaya çalışmaktadır ve optimum istasyon bölgelerini ve güzergâhı bulmaya çalışmışlardır. Watanabe vd. [28], monoray güzergâhını belirlemek için bir çalışma yapmışlardır.

Yao [29] toplu ulaşım güzergahlarının belirlenmesinde talep tahminlemenin nasıl kullanılacağını belirtmişlerdir. Farkas [30], mekânsal ve mekânsal olmayan verilerin analizini ile ekonomik, kurumsal, yönetsel, sosyal ve çevresel faktörleri bir analitik hiyerarşi ağacında toplayarak kent içi ulaşım güzergahlarının belirlenmesine yönelik çalışmıştır. Brunner vd. [31], raylı toplu taşıma güzergahlarının belirlenmesi ve istasyon yer seçimleri yapılan analizlerde demografik, sosyal ve çevresel faktörler göz önüne alınmıştır. Kim vd. [32], çalışmalarında yüksek hızlı tren için en uygun koridoru tespit etmek amacıyla mekânsal karar destek sistemi oluşturmuşlardır. Değerlendirme kriterlerini mühendislik, çevre ve nüfus olarak belirlemişlerdir. Kennedy [33], yüksek hızlı tren, Hayati vd. [34] orman yol ağı üzerinde çalışmışlardır. Keshkamat [35], çalışmada karayolu ağ planlamasını, ulaştırma verimliliği, çevre faktörü, sosyal etki ve güvenlik ile ekonomiklik ana kriterleri çerçevesinde değerlendirilmiştir.

Literatür araştırması ile proje seçimi hakkında hangi alanlarda çalışıldığı ve ulaşımda yapılan çalışmalarda hangi kriterlerin kullanıldığı araştırılmıştır. Yapılan literatür araştırması ve uzman görüşleri ile bu çalışma için değerlendirme kriterleri belirlendi.

3. Çok Kriterli Karar Verme

Bu çalışmada çok kriterli karar verme yöntemi olan analitik hiyerarşi süreci ve analitik ağ süreci kullanılmıştır.

3.1. Analitik hiyerarşi süreci

1970'lerde Pittsburgh Üniversitesi'nin ünlü profesörü T.L. Saaty [36] tarafından geliştirilen analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi, çok kriterli karar verme yaklaşımının nitel ve nicel analizinin bir kombinasyonudur. Bu yaklaşım, karar problemini nitel görüş açısından hedeflere, kriterlere, alternatiflere ayırır ve bu faktörlerin bütünsel yapısı arasındaki iç ilişkiyle kantitatif hiyerarşi önem ağırlığını hesaplar, çeşitli faktörlerin göreceli önemini değerlendirir ve daha sonra kararını sayısallaştırır. AHS, karmaşık problemlerin kolay ve çözülebilir hale gelmesi için basit bir hiyerarşi ve analitik süreçlere sahiptir. Hemen hemen her karar sürecinde kullanılabilen bu yöntemin geniş bir uygulama alanı vardır. AHS sürecinin uygulanması için adımlar şunlardır:

Adım_1. Problemin tanımlanmasıyla hedef/hedeflerin belirlenmesi.

Adım_2. Kriterler-Alt kriterlerin belirlenmesi

Adım_3. Alternatiflerin belirlenmesi

Adım_4. Hiyerarşik yapının oluşturulması

Adım_5. Saaty'nin 1-9 ölçeğini kullanarak ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması.

Adım_6. Kriterler ve alternatifler arasındaki karşılaştırmanın yapılması

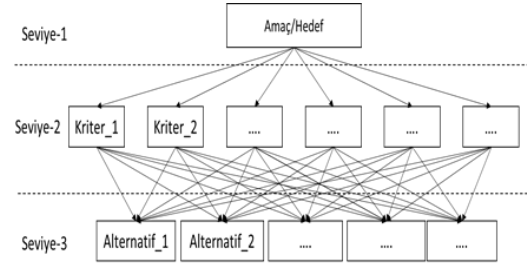
Bir AHS hiyerarşisinde en az üç seviye vardır:

Seviye_1. En üstteki sorunun temel amacı.

Seviye_2. Alternatifleri tanımlayan kriterler.

Seviye_3. En altındaki alternatifler.

Problemin karar hiyerarşisi Şekil 2'de verilmiştir. Son olarak bulunan ağırlıklı değerler her alternatif için önem derecesini ortaya koymakta ve tercih edilme oranını ortaya koymaktadır. Oransal olarak değerlendirme yapılabileceği gibi oranların büyüklüğüne göre de sıralama yapmak mümkündür.



Şekil 2. AHS karar hiyerarşisi

3.2. Analitik ağ süreci

Analitik ağ süreci, Tomas L. Saaty tarafından geliştirilmiş olup ikili karşılaştırma esasına dayanmaktadır. Karar noktasında birçok kriter ve bu kriterlerin arasında ilişkilerin olduğu durumlarda kolaylıkla modelleme yapılabilir. Temel olarak karar kriterleri ve alternatifler arasında ve kendi arasında geri besleme ve bağımlılığı sağlayarak karar vericiye daha tutarlı karar vermesini sağlar. Kısaca AAS, karar verme sürecinde kriter ve alternatifler arasındaki ilişkilerin dikkate alınmasını sağlayarak ve problemi çok yönlü modelleyerek problemlerin daha etkin ve gerçekçi bir şekilde analiz edilmesini sağlamaktadır [36-37]. Genel AAS şu adımları takip eder:

Adım_1. Karar probleminin belirlenmesi

Adım_2. Ölçütlerin birbirleri ile olan ilişkilerin belirlenmesi

Adım 3. Faktörler arası ikili karşılaştırmaların yapılması

Adım 4. Karşılaştırma matrislerinin tutarlılık kontrolü

Adım 5. Süper matrislerin sırayla oluşturulması

Adım 6. Sonuç ağırlıklarının bulunması ve en iyi seçimin yapılması.

AHP kullanılarak, bulanık sayılar ile birlikte kullanılarak konferans seçimi [38], kentsel raylı sistem türünün seçimi [39], monoray rota seçimi [40], akademik dergi seçimi dergi seçimi [41], sürdürülebilir kentsel ulaşım için proje seçimi [42]. Eren vd. [43] istasyon yeri seçimi çalışmalarını yapmışlardır. ANP ile Hamurcu ve Eren [44] kentsel ulaşım için toplu taşıma türünün seçimi, [45] akademisyenler için dergi seçimi çalışmaları literatürde yer almaktadır.

4. Hedef Programlama

Hedef programlama, karar vericinin bir grup olası çözüm alanından en iyi çözümü bulurken, birçok amacı göz önünde bulundurmaya dayanan, çok amaçlı karar verme yöntemlerini ölçmek için geliştirilen modellerden biridir [46]. Bu programlama farklı amaçları tek bir matematiksel model olarak ifade edebilme imkânı sunmaktadır. Bütçe hedeflerini enküçükleme isterken karı enbüyükleme istediğimiz de bu iki hedefi aynı çatı altında buluşturabileceğimiz model hedef programlama modelidir. Formülasyonun genel gösterim ise şu şekildedir:

$$\text{Min}Z = [P_1w_1(d_1^+, d_1^-), \dots, + P_kw_k(d_k^+, d_k^-)] \quad (1)$$

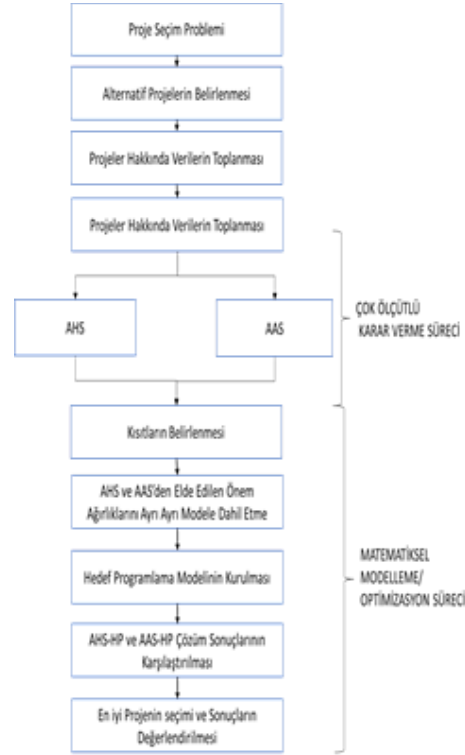
$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - d_i^- + d_i^+ = b_i \quad (2)$$

$$d_i^+, d_i^-, x_j \geq 0 \quad (3)$$

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

Hedef programlama AHS ve AAS ile birlikte kullanımı daha net sonuçlar ortaya koymakta ve problemlere çok boyutlu yaklaşmayı sağlamaktadır. Hedef programlama AHS ile birlikte; Reklam planlama [47], silah sistemi seçimi [48], kaynak planlama [49], bakım planlama [50], ulaşım projelerinin seçimi [51], [52] ve tedarikçi seçimi [53], proje seçimi [54]; AAS ile birlikte nöbet çizelgeleme [55], monoray projelerinin seçimi [56],

bakım planlama [57] ve strateji seçimi [58] gibi kullanılmıştır.



Şekil 3. Araştırma metodolojisi

5. Raylı Sistem Projelerinin Seçimi

Tarihimizde olduğu gibi bugünde büyük stratejik öneme sahip olan İstanbul artan ekonomik gelişme ile Türkiye nüfusunun büyük bölümünü barındırmaktadır. Ekonomisi, tarihi, doğal güzellikleri, stratejik konumu ve dini değerleri ile çekim gücüne sahip olan şehir halen büyük göç almakta ve yerleşim alanı genişlemektedir. Çalışmada İstanbul kentsel raylı ulaşımı ele alınmıştır.

5.1. Araştırma metodolojisi

Ulaştırma projelerinin seçimini konu alan proje seçimi çalışması, alternatif projelerin belirlenmesi ve projelerin hakkında bilgi toplanması süreci ile başlamaktadır. Akabinde projeler uzman görüşleri doğrultusunda iki farklı çok kriterli karar verme tekniği ile ağırlıklandırılmıştır. Bu tekniklerden biri kriterlerin birbirinden bağımsız olduğu varsayımı üzerine kurulu olan AHS ve kriterler arası bağılılığı dikkate alan AAS karar metodlarıdır. Bu metodlar ile ağırlıklandırılan projelerin seçimi için daha sonar hedef programlama modeli kurulmuştur. Modelin

kurulması için önce kısıtlar belirlenmiş ve AAS ve AHS den elde edilen projelerin ağırlıkları ayrı ayrı modele dahil edilerek 3 farklı bütçe senaryosu altında en iyi projelerin seçimi yapılmıştır.

5.2. Alternatiflerin belirlenmesi

İstanbul'da 2016 yılında ihaleye çıkılması planlanan 2 proje tamamlayıcı projelere sahip olmak üzere toplam 8 farklı raylı projesi yer almaktadır. Tablo 1'de düşünülen raylı sistem projeleri ve hat özellikleri gösterilmektedir. Bu projelerin süreçleri devam etmektedir. Proje_3 ve Proje_6, iki alt projeye ayrılmaktadır. Bu alt projeler birinin yapılması durumunda diğerinin de yapılacağını göstermektedir.

Tablo 1: Belirlenen projelerin özellikleri

Hat	Hat Uzunluğu (km)	İstasyon Sayısı	Seyahat Zamanı (dk)	Proje Maliyeti (milyon \$)
Proje_1	9,7	10	15	512
Proje_2	6	5	10	510
Proje_3	10,9	9	16,5	800
	6,9	6	10,5	475
Proje_4	13	11	19,5	635
Proje_5	18,5	11	25	1500
Proje_6	7,6	7	12	620
	4,1	2	6	260

5.3. Kriterlerin belirlenmesi

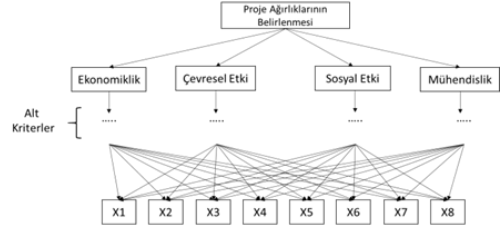
Literatür araştırması ve uzman görüşleri doğrultusunda, İstanbul Ana Ulaşım Planı'nda [59] dikkate alınarak belirlenen kriterler Tablo 2'de gösterilmektedir. 4 kriter altında 12 alt kriter ile değerlendirme yapılmıştır.

Tablo 2: Belirlenen kriterler

Kriter	Alt Kriter	Açıklama
Ekonomiklik	İnşa maliyeti	Projelerin yapım maliyetlerini içerir
Çevresel etki	Arazi yapısı	Çevrenin projelere etkisini ortaya koyar
	Hassas bölgeler	
Sosyal etki	İstihdam alanlarına erişim	Kent içi ulaşım projelerden doğrudan yararlanma durumunu içerir
	Eğitim alanlarına erişim	
	Nüfus yoğunluğu	
	Yerleşim alanlarına erişim	
Mühendislik	Erişilebilirlik	Orta konan sistemin sürdürülebilirliğinin sağlanması
	İyileştirilebilirlik	
	Toplam seyahat zamanı	
	Ulaşım entegrasyonu	
	Talepleri karşılama düzeyi	

5.4. AHS ağırlıklarının bulunması

Karar hiyerarşisinin kurulmasıyla oluşan problemin yapısında kriterlerin birbirinden bağımsız olduğu varsayımı düşüncesi yatmaktadır. Karar hiyerarşisi Şekil 4'de gösterilmektedir.



Şekil 4. Problem karar hiyerarşisi

Karar hiyerarşisi doğrultusunda önce kriterler daha sonra alt kriterler ve en son her kriter bazında alternatif projeler ikili karşılaştırmak tabii tutulur. Tablo 3 'te kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi gösterilmektedir.

Tablo 3: Kriterlerin ikili karşılaştırılması

Ana kriterler	Eko.	Sos. Etki	Çev. Etk.	Mühendislik
Ekonomiklik	1,00	3,00	0,33	3,00
Sosyal Etki	0,33	1,00	0,33	3,00
Çevresel Etki	3,00	3,00	1,00	5,00
Mühendislik	0,33	0,33	0,20	1,00
Özvektör	0,263	0,159	0,501	0,076
Ağırlık	1,137	0,644	2,151	0,317
Tutarlılık indeksi: 0,0671		Tutarlılık oranı: 0,0745		

Kriterler bazında alt kriter için yapılan karşılaştırma sonucunda bulunan kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranları Tablo 4'te gösterilmektedir. Tutarlılık oranlarının 0,10 'dan küçük olması yapılan karşılaştırmaların tutarlı olduğunu göstermektedir.

Aynı zamanda AHS metodunda ikili karşılaştırmaya tabii tutulan ve sonucunda bulunan her kriter ve alternatif ağırlıklarının 1 olması gerekmektedir. Tablo 5'te kriter ve alt kriterlerin toplu bir şekilde ağırlıkları gösterilmektedir.

Tablo 4: Kriterlerin ikili karşılaştırılması

Kriterler	Alt-kriterler	Kriter öz vektörleri	Tutarlılık oranı
Ekonomiklik	İnşa maliyeti	---	---
	Nüfus yoğunluğu	0,4102	
Sosyal etki	İstihdam alanlarına erişim	0,2446	0,089
	Yerleşim alanlarına erişim	0,1658	
	Eğitim alanlarına erişim	0,1218	
	Erişilebilirlik	0,0576	
Çevresel etki	Arazi yapısı	---	---
	Hassas bölgeler	---	---
Mühendislik	İyileştirilebilme	0,2589	0,095
	Ulaşım entegrasyon	0,4393	
	Toplam seyahat zamanı	0,0963	
	Talepleri karşılama düzeyi	0,2054	

Tablo 5: Kriter ve alt- kriterlerin ağırlıkları

Kriter	Ağırlık	Alt-kriter	Ağırlık
Ekonomiklik	0,2630	İnşa maliyeti	1,0000
		Çevresel etki	0,5011
Sosyal etki	0,1591	Arazi yapısı	0,5000
		Hassas bölgeler	0,5000
		İstihdam alanlarına erişim	0,2446
		Eğitim alanlarına erişim	0,1218
Mühendislik	0,0768	Nüfus yoğunluğu	0,4102
		Yerleşim alanlarına erişim	0,1658
		Erişilebilirlik	0,0576
		İyileştirilebilme	0,2589
Mühendislik	0,0768	Toplam seyahat zamanı	0,0963
		Ulaşım entegrasyon	0,4393
		Talepleri karşılama düzeyi	0,2054

AHS yönteminde, en son her kriter bazında alternatif projelerin de ikili karşılaştırmalarıyla bulunan ağırlıklar ile hiyerarşik yapı etrafında kriterlerin ağırlıkları ile çarpımı sonucunda projelerin önem ağırlıkları ortaya çıkmaktadır. AHS sonucunda bulunan projelerin önem ağırlıkları Tablo 6'da gösterilmektedir.

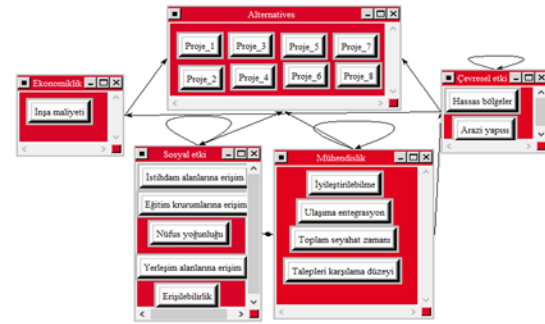
AHS metoduna göre önem ağırlıklarına göre bir sıralama yapacak olursak X8, X2, X4, X1, X7, X6 X5 ve X3 sırasında seçim yapılacaktır.

Tablo 6: AHS sonucunda bulunan önem ağırlıkları

Projeler	Sembolik gösterim	Proje önem ağırlıkları	Sıralama
Proje_1	X1	0,1066	4
Proje_2	X2	0,1426	2
Proje_3	X3	0,0721	8
	X4	0,1266	3
Proje_4	X5	0,0856	7
Proje_5	X6	0,0882	6
Proje_6	X7	0,1054	5
	X8	0,2729	1

5.5. AAS ağırlıklarının bulunması

Kriter ve alternatifler arasındaki ilişkiler belirlenip model kurularak "Super Decision" programı kullanılarak ikili karşılaştırmalar neticesindeki ağırlıklar bulunmuştur. Bulunan projelerin programda yapılan birbirleri ile bağlantıları Şekil 5'te gösterilmektedir.



Şekil 5. AAS kriter ve alternatiflerin bağlılıkları

Program üzerinden yapılan ikili karşılaştırmalar ve çözüm sonucunda Tablo 7 'de gösterilen önem ağırlıkları ve sıralama bulunmuştur. AAS'ye göre bir seçim yapılması durumunda sıralama X1, X8, X2, X7, X5, X6, X4 ve X3 şeklinde olacaktır.

Tablo 7: AAS sonucunda bulunan proje ağırlıkları

Projeler	Sembolik gösterim	Proje önem ağırlıkları	Sıralama
Proje_1	X1	0,1925	1
Proje_2	X2	0,1473	3
Proje_3	X3	0,0843	8
	X4	0,0851	7
Proje_4	X5	0,1037	5
Proje_5	X6	0,1036	6
Proje_6	X7	0,1151	4
	X8	0,1679	2

5.6. Hedef programlama modelinin çözümü

Farklı 3 bütçe senaryosu ve 2 farklı karar verme metodu kullanılarak proje seçimi hedef programlama modeli kurulmuştur. Kurulan modelde kısıtlar, bütçe kısıtı, en uzak mesafelere erişim, en fazla noktayı birbirine bağlama ve en kısa seyahat süresinin sağlanması olarak belirlenmiştir. Aynı zamanda projelerin seçilmesi kısıtı ile özel iki kısıt da eklenmiştir. Matematiksel model şu şekildedir:

Parametreler:

x_1 : Proje_1, x_2 : Proje_2,
 x_3 : Proje_3'ün alt projesi,
 x_4 : Proje_3'ün alt projesi,
 x_5 : Proje_4, x_6 : Proje_5,
 x_7 : Proje_6'ün alt projesi,
 x_8 : Proje_6'ün alt projesi.

Bütçe Kısıtı = (d_1)

d_1^- : Pozitif Sapmalı Değişken- Bütçe sınırının ne kadar altında kaldığını

d_1^+ : Negatif Sapmalı Değişken- Bütçe sınırının ne kadar aşıldığını gösterir.

En uzak mesafelere erişim=(d_2)

d_2^- : Pozitif Sapmalı Değişken- En uzak mesafelere erişim sınırının ne kadar altında kaldığını gösterir.

d_2^+ : Negatif Sapmalı Değişken- En uzak mesafelere erişim sınırının ne kadar aşıldığını gösterir.

En fazla noktaya erişim=(d_3)

d_3^- : Pozitif Sapmalı Değişken- En fazla noktaya erişim sınırının ne kadar altında kaldığını gösterir.

d_3^+ : Pozitif Sapmalı Değişken- En fazla noktaya erişim sınırının ne kadar aşıldığını gösterir.

En kısa seyahat zamanının sağlanması=(d_4)

d_4^- : Pozitif Sapmalı Değişken- En kısa seyahat zamanının sağlanması sınırının ne kadar altında kaldığını gösterir.

d_4^+ : En kısa seyahat zamanının sağlanması sınırının ne kadar aşıldığını gösterir.

Projelerin seçilmesi= ($d_5^-, d_6^-, d_7^-, d_8^-, d_9^-, d_{10}^-, d_{11}^-, d_{12}^-$)

Amaç Fonksiyonu:

MinZ

$Pl_1(d_1^- + d_1^+ + d_2^- + d_3^- + d_4^-)$

$Pl_2(\dots d_5^- + \dots d_6^- + \dots d_7^- + \dots d_8^- + \dots d_9^- + \dots d_{10}^- + \dots d_{11}^- + \dots d_{12}^-)$

Kısıtlar

$512x_1 + 510x_2 + 800x_3 + 475x_4 + 635x_5 + 1500x_6 + 620x_7 + 260x_8 + d_1^- + d_1^+ = \text{Senaryo A-B-C (Bütçe kısıtı)}$
 $9,7x_1 + 6x_2 + 10,9x_3 + 6,9x_4 + 13x_5 + 18,5x_6 + 7,6x_7 + 4,1x_8 + d_2^- + d_2^+ = 64,2$ (En uzak mesafelere erişim)

$10x_1 + 5x_2 + 9x_3 + 6x_4 + 11x_5 + 11x_6 + 7x_7 + 2x_8 + d_3^- + d_3^+ = 61$ (En fazla noktaya erişim)

$15x_1 + 10x_2 + 16,5x_3 + 10,5x_4 + 19,5x_5 + 25x_6 + 12x_7 + 6x_8 + d_4^- + d_4^+ = 1$ (En kısa seyahat zamanının sağlanması)

$x_1 + d_5^- = 1$ (x_1 projesinin seçilmesi)

$x_2 + d_5^- = 1$ (x_2 projesinin seçilmesi)

$x_3 + d_7^- = 1$ (x_3 projesinin seçilmesi)

$x_4 + d_8^- = 1$ (x_4 projesinin seçilmesi)

$x_5 + d_9^- = 1$ (x_5 projesinin seçilmesi)

$x_6 + d_{10}^- = 1$ (x_6 projesinin seçilmesi)

$x_7 + d_{11}^- = 1$ (x_7 projesinin seçilmesi)

$x_8 + d_{12}^- = 1$ (x_8 projesinin seçilmesi)

$x_3 - x_4 \leq 0$ (x_3 seçildiğinde x_4 te seçilecektir)

$x_8 - x_7 \leq 0$ (x_8 seçildiğinde x_7 de seçilecektir)

$x_j = 0$ veya 1 $j=1, 2, \dots, 8$

Kurulan hedef programlama modeli IBM ILOG CPLEX 12.6.2 programı ile çözülmüş ve Tablo 8'de gösterilen sonuçlar elde edilmiştir

İki karar verme yöntemi ile ayrı ayrı kurulan matematiksel model 1.000.000.000\$, 3.000.000.000\$ ve 5.000.000.000\$ bütçe senaryoları ile çözüm yapılmıştır. Çözüm sonuçlarına bakıldığında AHS-HP ve AAS-HP'nin farklı bütçe senaryolarının altında ise küçük farklılıklar haricinde yakın sonuçların çıktığı görülmektedir. Her iki matematiksel modelde kullanılan kaynak miktarı değişmemektedir.

Tablo 8: Çözüm Sonuçları

Projeler	Sembolik Gösterim	AHP Sırası	ANP Sırası	AHP-HP Model Sonucu*1.000.000\$			ANP-HP Model Sonucu*1.000.000\$		
				1000	3000	5000	1000	3000	5000
Proje_1	X1	4	1	✓	---	✓	✓	---	✓
Proje_2	X2	2	3	---	✓	✓	---	✓	✓
Proje_3	X3	8	8	---	---	✓	---	---	✓
	X4	3	7	---	---	✓	---	---	✓
Proje_4	X5	7	5	---	---	---	---	---	---
Proje_5	X6	6	6	✓	✓	---	✓	✓	---
Proje_6	X7	5	4	---	✓	✓	---	✓	✓
	X8	1	2	---	✓	✓	---	✓	✓

6. Sonuçlar

Bu çalışmada İstanbul'da yapılması düşünülen 6 raylı sistem hattında 8 proje için AHS, AAS ve hedef programlama yöntemleri kullanılarak farklı bütçe senaryoları üzerinden seçim yapılmıştır. Yapılan seçim sonuçları Tablo 8'de gösterilmiştir. Seçim sonuçlarında, yapılan ağırlıklandırma kriterlerin bağımlı ve bağımsız olması durumlarına göre değişmektedir. Aynı zamanda belirli kısıtlar dahilinde hedef programlamanın kurulması ile ağırlıklandırmayı da dikkate alarak özel kısıtlar (Projelerin birlikte seçilmesi gibi) ile birlikte kurulan model çözümü ile en iyi seçimler yapılmıştır.

Hemen hemen her şehir için önemli olan kentsel ulaşım özellikle metropol şehirler için ayrı bir önem taşımakta ve üzerinde özellikle durulmaktadır. Hatta şehir yönetiminin 1. önceliği durumunda olup diğer faaliyetler ulaşım ve ulaşım projelerine göre şekillenmektedir. Günlük toplu ulaşım ile yapılan yolculukların 10 milyonu aştığı şehirde ulaşım projelerine ayrılan bütçe yıldan yıla artmaktadır. Bu kapsamda ortaya konan projelerin büyük bütçeler gerektirmesi iyi bir planlama sürecini zorunlu kılmaktadır. Matematiksel model ve çok kriterli karar verme ile farklı bütçe seviyelerinde ön bir simülasyon imkânı tanımaktadır. Çeşitli senaryolar ve sonuçları görülüp kentsel ulaşımında iyileşme sağlayabilecek en iyi projelerin seçimi veya sıralanması yoluna gidilebilmektedir.

Raylı sistem projelerinin seçimine birçok faktör etki etmekte ve çok amacı barındırmaktadır. Bu durum çok kriterli karar verme yöntemlerini ve birden fazla amacı tek çatı altında toplayabilmeyi sağlayan matematiksel modellere ihtiyacı doğurmaktadır. Alternatiflerin çok yönlü ve çok amaçlı düşünülerek modellenmesi sayesinde, kentsel

ulaşımın iyileşmesinde en fazla faydayı sağlayacak projelerin seçimi ve önceliklendirmesi sağlanacaktır.

Bu çalışmanın yanı sıra gelecekte yapılacak çalışmalarda bulanık kümeler problem çözümüne katılabilir. Aynı zamanda proje seçimi için hemen hemen her karar sürecinde problemleri çözebilecek standart bir matematiksel model geliştirilebilir. Aynı zamanda çok kriterli karar vermenin yanı sıra istatistiksel süreçler modele dahil edilebilir. Uzman görüşü olarak hem projeyi ortaya koyan yöneticilerin hem de projelerden yararlanacak olan yolcuların görüşlerinin bir çatı altında toplayabilecek durumlar problem çözme sürecine dahil edilebilir. Bu model hayatın diğer alanlarında, hizmet sektöründe, üretimde proje seçiminde, kaynak kullanımında kullanılabilir.

Kaynaklar

- [1] Meade L.M., Presley A. R&D project selection using the analytic network process. *Engineering Management, IEEE Transactions on*, 2012, 49:59-66. DOI: 10.1109/17.985748
- [2] Cheng E.W., Li H. Analytic network process applied to project selection. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2005, 131: 459-466. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2005\)131:4\(459\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:4(459))
- [3] Begičević N., Divjak B., Hunjak T. Decision-making on prioritization of projects in higher education institutions using the analytic network process approach, *Central European Journal of Operations Research*, 2010, 18:341-364. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10100-009-0113-3>

- [4] Ivanović I., Grujičić D., Macura D., Jović J., Bojović N. One approach for road transport project selection. *Transport Policy*, 2013, 25:22-29.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.10.001>
- [5] Grady C.A., He X., Peeta S. Integrating social network analysis with analytic network process for international development project selection. *Expert Systems with Applications*, 2015, 42: 5128-5138.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.02.039>
- [6] Tuzkaya U.R., Yolver E. R&D project selection by integrated grey analytic network process and grey relational analysis: an implementation for home appliances company. *Journal of Aeronautics and Space Technologies*, 2015, 8: 35-41.
DOI: 10.7603/s40690-015-0014-8.
- [7] Lee J.W., Kim S.H. An integrated approach for interdependent information system project selection. *International Journal of Project Management*, 2001, 19:111-118.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(99\)00053-8](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(99)00053-8)
- [8] Wey W.M., Wu K.Y. Using ANP priorities with goal programming in resource allocation in transportation. *Mathematical and Computer Modeling*, 2007, 46:985-1000.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2007.03.017>.
- [9] Ravi V., Shankar R., Tiwari M.K. Selection of a reverse logistics project for end-of-life computers: ANP and goal programming approach. *International Journal of Production Research*, 2008, 46:4849-4870.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00207540601115989>
- [10] Hamurcu M., Gür Ş., Özder E.H., Eren T. 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 (IJAECES)*, 2016, 3:8-12.
- [11] Gür Ş., Hamurcu M., Eren T., Ankara'da monoray projelerinin analitik hiyerarşi prosesi ve 0-1 hedef programlama ile seçimi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2017, 23:437-443.
DOI: 10.5505/pajes.2016.03903
- [12] Gebeyehu, M., & Shin-ei, T. Multi-criteria decision making for public transportation development projects using analytic network process (ANP). In *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 2007,38-38.
- [13] Tripathy B.B., Biswal M.P. A zero-one goal programming approach for project selection. *Journal of Information and Optimization Sciences*, 2007, 28: 619-626.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1080/02522667.2007.10699763>
- [14] Görgülü İ., Korkmaz M., Eren T. Analytic network process and TOPSIS methods with selection of optimal investment strategy, *Sigma*, 2013, 31:203-213.
- [15] Tavana M., Keramatpour M., Santos-Arteaga F.J. Ghorbaniane E. A fuzzy hybrid project portfolio selection method using data envelopment analysis, topsis and integer programming. *Expert Systems with Applications*, 2015, 42: 8432-8444.
DOI: 10.3390/su9081352
- [16] Hasse, J. Evaluating Alternate Commuter Rail Corridors in Southern New Jersey., *The Association of American Geographers 2007 Annual Meeting*. San Francisco, California: Association of American Geographers(AAG). 2007.
- [17] Gerçek, H., Karpak, B., & Kılınçaslan. T., A multiple criteria approach for the evaluation of the rail transit networks in Istanbul. *Transportation*, 2004, 31: 203-228.
DOI:<https://doi.org/10.1023/B:PORT.0000016572.41816.d2>
- [18] Alkubaisi, M. I. T. Predefined evaluating criteria to select the best tramway route. *Journal of Traffic and Logistics Engineering*, 2014, 2: 211-217.
DOI: 10.12720/jtle.2.3.211-217.
- [19] Banai, R. Public transportation decision-making: A case analysis of the Memphis Light Rail Corridor and route selection with analytic hierarchy process. *Journal of Public Transportation*, 2006, 9(2).
DOI: <http://dx.doi.org/10.5038/2375-0901.9.2.1>
- [20] Ludin, A. N. M., & Latip, S. N. H. M. Using multi-criteria analysis to identify suitable light rail transit route. *Map Asia 2006: GeoICT for Good Governance*, Bangkok, Thailand 29 August – 1 September 2006, 29.
- [21] Hamurcu, M., Eren, T. Ankara Büyükşehir Belediyesi'nde çok ölçütlü karar verme yöntemi ile monoray güzergâh seçimi. *Transist* 8. Uluslararası

Ulaşım Teknolojileri Sempozyumu ve Fuarı, İstanbul, Türkiye, 2015, 410-419.

[22] Hamurcu, M., Eren, T. Using ANP - TOPSIS methods for route selection of monorail in Ankara. 28th European Conference on Operational Research, Poznan, Poland, 2016, July 3-6.

[23] Kalamaras, G. S., Brino, L., Carrieri, G., Pline, C., & Grasso, P. Application of multicriteria analysis to select the best highway alignment. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 2000, 15:415-420.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0886-7798\(01\)00010-4](https://doi.org/10.1016/S0886-7798(01)00010-4)

[24] Piantanakulchai, M., & Saengkhaio, N. Evaluation of alternatives in transportation planning using multi-stakeholders multi-objectives ahp modeling. In *Proceedings of the Eastern Asia Society for transportation studies*, 2003, 4:1613-1628.

[25] Piantanakulchai, M. Analytic network process model for highway corridor planning. *Proceedings Of ISAHP*, 2005.

[26] Effat, H. A., & Hassan, O. A. 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*, 2013, 16: 141-151.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2013.08.001>

[27] Zhongzhen, Y., & Hayashi, Y. GIS-based analysis of railway's origin/destination path-selecting behavior. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 2002, 3: 221-226.
DOI: 10.1111/1467-8667.00270

[28] Watanabe, K., Gotoh, K., & Tachiiri, K. Route selection for a new transportation system in hillside urban areas: a case study in nagasaki, Japan. *Journal of urban planning and development*, 2006, 132: 89-96.

[29] Yao, X. Where are public transit needed: examining potential demand for public transit for commuting trips, *Computers, Environment & Urban Systems*, 2007, 5: 535-550.
DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9488\(2006\)132:2\(89\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9488(2006)132:2(89))

[30] Farkas, A. Route/site selection of urban transportation facilities: an integrated gis/mcdm approach, *Proceedings-7th International Conference*

on Management, Enterprise and Benchmarking (MEB), 2009, 169-184.

[31] Brunner, I., Kim, K., and Yamashita, E. Analytic hierarchy process and geographic information systems to identify optimal transit alignments, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2011, 1,59-66.
DOI: <https://doi.org/10.3141/2215-06>

[32] Kim, H. Y., Wunneburger, D. F., & Neuman, M. High-speed rail route and regional mobility with a ras-ter-based decision support system: the Texas urban triangle case. *Journal of Geographic Information System*, 2013, 5:559-566.
DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/jgis.2013.56053>

[33] Kennedy, J. Using cadastral maps to accommodate high-speed rail systems in Texas. *Esri Survey & Engineering GIS Summits*. San Diego, CA: ESRI, 2011.

[34] Hayati, E., Abdi, E., Majnounian, B., & Makhdom, M. Application of sensitivity analysis in forest road networks planning and assessment. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2013, 15: 781-792.

[35] Saaty, T.L. *Decision making with dependence and feedback: the analytic network process*, RWS Publications, Pittsburgh, 1996.

[36] Saaty, T. L. Decision making the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP). *Journal of systems science and systems engineering*, 2004, 13, 1-35.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s11518-006-0151-5>

[37] Dağdeviren, M., Dönmez, N. ve Kurt, M. Bir işletmede tedarikçi değerlendirme süreci için yeni bir model tasarımı ve uygulaması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2006, 21:247-255.
DOI: <http://www.mmfdergi.gazi.edu.tr/article/view/1061001329/1061001077>

[38] Hamurcu M., Eren T., "A Hybrid Approach Based on Fuzzy AHP and TOPSIS for Selection of Academic Conference", *The 5th International Fuzzy Systems Smposiom*, Ankara, Turkey, s. 27. 14-15 Ekim 2017.

- [39] Hamurcu M., Eren T., “Selection Of Urban Rail Mass Transport Type By Using Fuzzy AHP”, The 5th International Fuzzy Systems Smposiom, Ankara, Turkey. s. 13, 14-15 Ekim 2017,
- [40] Hamurcu M., Eren T., “Evaluation of Monorail Route Alternatives by Using a Fuzzy Analytic Hierarchy Process”, The 5th International Fuzzy Systems Smposiom, Ankara, Turkey.p. 46, 14-15 Ekim 2017.
- [41] Hamurcu M., Eren T., “Academic Journal Selection for Academicians by Using Fuzzy Multicriteria Decision Making Methods”, The 5th International Fuzzy Systems Smposiom, Ankara, Turkey, s 42, 14-15 Ekim 2017,
- [42] Hamurcu, M., Eren, T., “Sürdürülebilir Kent İçi Ulaşım İçin Bulanık AHP Tabanlı VIKOR Yöntemi İle Proje Seçimi”, International Conference on Advanced Engineering Technologies (ICADET 2017), Bayburt, Turkey, September 22-23, 2017.
- [43] Hamurcu M., Alağaç H.M., Eren T., “Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Kırıkkale Yüksek Hızlı Tren İstasyon Yerinin Seçimi”, 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (ISITES2017), Baku – Azerbaijan, September 29-30 2017.
- [44] Hamurcu, M., Eren, T., “Toplu Taşıma Türünün Seçiminde AHP-ANP Yöntemlerinin Kullanımı” International Conference on Advanced Engineering Technologies (ICADET 2017), Bayburt, Turkey, September 22-23, 2017.
- [45] Hamurcu M., Eren T., “Science Citation Index (SCI) Kapsamında Dergi Seçimi için Analitik Ağ Süreci Yönteminin Kullanılması”, Harran üniversitesi mühendislik dergisi, 2(2), p. 54-70, 2017.
- [46] Aouni B., Kettani O. Goal programming model: a glorious history and a promising future, European Journal of Operational Research, 2001, 133:225-231. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(00\)00294-0](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00294-0)
- [47] Bhattacharya, U. K. A chance constraints goal programming model for the advertising planning problem. European Journal of Operational Research, 2009, 192: 382-395. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.09.039>
- [48] Lee, J., Kang, S. H., Rosenberger, J., & Kim, S. B. A hybrid approach of goal programming for weapon systems selection. Computers & Industrial Engineering, 2010, 58: 521-527. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2009.11.013>
- [49] Lee, C. W., & Kwak, N. K. Strategic enterprise resource planning in a health-care system using a multicriteria decision-making model. Journal of medical systems, 2011, 35: 265-275. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10916-009-9362-x>
- [50] Özcan, E. C., Ünlüsoy, S., & Eren, T. A combined goal programming–AHP approach supported with TOPSIS for maintenance strategy selection in hydroelectric power plants. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017, 78: 1410-1423. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.039>
- [51] Gür Ş., Hamurcu M., Eren T. Ankara’da monoray projelerinin analitik hiyerarşi prosesi ve 0-1 hedef programlama ile seçimi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2017, 23:437-443. DOI: 10.5505/pajes.2016.03903.
- [52] Taş M., Özlemiş Ş.N., Hamurcu M., Eren T., “Analitik hiyerarşi prosesi ve hedef programlama karma modeli kullanılarak monoray projelerinin seçimi”, Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 2017, 2(2), p. 24-34.
- [53] Özder, E. H., Eren, T., & Çetin Özel, S. Supplier selection with TOPSIS and goal programming methods: A case study. In 19th International Research/Expert Conference Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology, 2015, 22-23.
- [54] Hamurcu, M. and Eren T. Using analytic hierarchy process and goal programming methods for investment project selection in Ankara. The International Conference on Multiple Objective Programming and Goal Programming. Tlemcen, Algeria, 2015, 30-31.
- [55] Hamurcu, M. Ünal, F.M and Eren T. The solution of shift scheduling problem by using analytic network process and goal programming method. The International Conference on Multiple Objective Programming, Tlemcen, Algeria, 2015, 13-14.

[56] Hamurcu, M., Gür, Ş., Özder, E. H., & Eren, T. 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 (IJAECES)*, 2016, 3:8-12.

[57] Jajimoggala, S., Rao, V. K., & Satyanarayana, B. Maintenance strategy evaluation using ANP and goal programming. In *Management Theories and Strategic Practices for Decision Making*, 2013, 117-138.

[58] Chang, Y. H., Wey, W. M., & Tseng, H. Y. Using ANP priorities with goal programming for revitalization strategies in historic transport: A case study of the Alishan forest railway. *Expert Systems with Applications*, 2009, 36:8682-8690.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.10.024>

[59] Başkanlığı, İ. B. B. U. D., & Müdürlüğü. U. P., İstanbul Metropolitan Alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı (İUAP). İstanbul, Türkiye, 2012.

Mustafa HAMURCU*

Mustafa HAMURCU, 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.