

Article Info	RESEARC ARTICLE ARAŞTIRMA MAKALESİ	
Title of Article	Kent İçi Ulaşım Sistemlerine İlişkin Tercihlerin ve Tercihlere Etki Eden Faktörlerin Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi İle Değerlendirilmesi	
Corresponding Author	Ömer Faruk GÖRÇÜN Kadir Has Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, omer.gorcun@khas.edu.tr	
Submission Date Admission Date	11/05/2018 10/09/2018	
How to Cite	GÖRÇÜN, Ö.F., (2018). Kent İçi Ulaşım Sistemlerine İlişkin Tercihlerin ve Tercihlere Etki Eden Faktörlerin Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi İle Değerlendirilmesi, Kent Akademisi, 11 (33), Issue 1, Link :	ORCID NO: 0000-0003-3850-6755

Kent İçi Ulaşım Sistemlerine İlişkin Tercihlerin ve Tercihlere Etki Eden Faktörlerin Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi İle Değerlendirilmesi

Ömer Faruk GÖRÇÜN¹

ABSTRACT:

This study proposes an Analytic Hierarchical Process (AHP) theory based method to determine the weight of the decision-making influence factors, considering their relative significance and generating an overall ranking for each passenger transportation modes that operated in urban areas. A case study on the Istanbul city was conducted to illustrate the proposed procedure. A total of nine urban passenger transportation modes decision-making related factors were considered in the study, including speed, access to these transport modes, fee, environmental sensitivity, safety, service frequency, the easiness of interchange among transport alternatives, punctuality and comfort. At the same time, a total of five decision alternatives were determined in the study such as Bus Transit System (BRT), urban passenger rail transportation, transportation with wheeled buses, transport with automobiles, and urban light rail systems (trams, subway etc.). The weightings of the nine factors and five decision alternatives were quantified through AHP method. Also this study tries to show the optimal transportation alternatives in order to take rational decision making by public authority concerning with the infrastructure of urban transportation systems.

ÖZ:

Bu çalışma karar vermeye etki eden faktörlerin ağırlıklarının belirlenmesi için nispi önem derecelerini dikkate alarak kentsel alanlarda faaliyet gösteren her bir yolcu taşımacılığı türü için genel bir sıralama oluşturan Analitik Hiyerarşik Süreç (AHP) teorisi tabanlı bir yöntem önermektedir. Önerilen yöntemi göstermek için İstanbul şehri üzerinde bir vaka çalışması yapılmıştır. Çalışmada; hız, erişim, ücret, çevreye duyarlılık, güvenlik, sık hizmet verme, aktarma olanakları, dakiklik ve konfor dahil olmak üzere ulaşım türü seçimine etki eden toplam dokuz faktör dikkate alınmıştır. Aynı zamanda metrobüs sistemleri, kent içi demiryolu sistemi, otobüsler, otomobiller ile kent içi hafif raylı sistemleri (tramvay, metro vb.) gibi beş farklı karar alternatifini belirlenmiştir. AHP yöntemi ile dokuz faktörün ve beş karar alternatifinin ağırlıkları ölçülmüştür. Ayrıca bu çalışma, kentsel ulaşım sistemlerinin altyapısı ile ilgili olarak kamu otoritesinin rasyonel karar vermesini sağlamak için en uygun ulaşım alternatiflerini göstermeye çalışmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: Analitik Hiyerarşik Süreci, Kentsel Ulaşım, Yolcu Taşıma Türleri.

¹ Kadir Has Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, omer.gorcun@khas.edu.tr
Kadir Has University, Faculty of Applied Sciences, Department of International Trade and Logistics, omer.gorcun@khas.edu.tr

KEYWORDS: Analytic Hierarchy Process, Urban Transport, Passenger Transport Modes.

Kent İçi Ulaşım Sistemlerine İlişkin Tercihlerin ve Tercihlere Etki Eden Faktörlerin Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi İle Değerlendirilmesi

GİRİŞ:

Kentsel ulaşım bireylerin yaşadıkları kent içerisinde farklı amaçlarla mobilize olmalarını tanımlayan bir aktivitedir. Bireyler genellikle evlerinden işyerlerine ulaşmak ya da işyerinden evlerine dönmek gibi amaçlarla ulaştırma sistemlerini rutin olarak kullanmalarının yanı sıra, gezmek, tanıdıklarını ziyaret etmek, gereksinim duyduklarında buldukları noktadan farklı bir noktaya sürekli olmayan bir biçimde de ulaşım sistemlerini kullanabilmektedirler.

Bireyler yaşadıkları şehirlerin gelişmiş düzeylerine göre farklı tür ve özellikte ulaşım sistemlerini kullanabilme olanak ve alternatiflerine sahip olabilmektedirler. Dolayısıyla bir kentin gelişmişlik düzeyi arttıkça kullanılabilir nitelikte ulaşım sistemlerinin ölçeği ve alternatiflerinin sayısının artması beklenmektedir. Küçük yerleşim yerlerinde bu beklenti nispeten sınırlı olabilmektedir. Ulaşım sistemlerinin bir kentte gelişmişliği, en başta kentin gelişmişlik düzeyinin yanı sıra, kent içinde yaşayan nüfusun miktarına, kent içi nüfus dağılımına ve kentin ulaşım sistemlerine gereksinimlerine doğrudan bağlıdır.

Özellikle endüstriyel açıdan gelişmiş modern kentlerde bulunan endüstriler kent merkezinin dışında kurulu olduklarından kent içerisinde yaşayan çalışanların çalıştıkları endüstrilere ulaşabilmeleri için ulaşım sistemlerinin varlığı hayati düzeyde önem arz etmektedir.

Aynı zamanda kent içerisinde yaşayan bireyler sosyal, kültürel vb. amaçlarla için kullanacakları daha fazla sayıda ulaşım alternatifinin varlığını önemsemektedirler. Öte yandan bireyler kullanacakları ulaşım sistemlerini seçerken hız, konfor, güvenlik vb. çok sayıda gereksinimi dikkate alabilmekte, bu gereksinimlere her bir süreçte farklı önem dereceleri atfedebilmektedirler.

Bu kapsamda bireylerin ulaşım sistemlerini tercih ederken verecekleri kararlar ulaşım sistemlerinin etkinliğini ve verimliliğini önemli ölçüde etkilediği gibi, ulaşım için gerçekleştirilecek kamu yatırımlarının da rasyonel bir temelde gerçekleşmesine etki edebilecek faktörlerin başında gelmektedir. Kamu otoritelerinin ellerinde ulaşım yatırımları ile ilgili birçok alternatif bulunabilmektedir.

Kamu otoriteleri bu yatırımları gerçekleştirirken katlanacakları yatırım ve işletim maliyetlerinin en düşük,

elde edecekleri sosyal ve ekonomik faydanın en yüksek olacağı alternatifleri seçmeyi arzu etmektedirler. Bu perspektifte kamu otoritelerinin tercihlerinin optimal bir nitelikte olabilmesi için bireylerin tercihlerinin ve bu tercihlere temel olan seçim kriterlerinin analiz edilmesi önemli olabilecek bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir.

Bireylerin kentsel ulaşım sistemlerine ilişkin tercihleri ve seçim kriterleri çok sayıda olmalarının yanı sıra bireylerin her birisi farklı süreçlerde bu kriterlere farklı önem dereceleri atfedebilmektedirler. Bu nedenle tercihlerin sayısal ölçekte belirlenmesi alınacak kararların da bu perspektifte belirlenmesine olanak sağlayabilecektir. Bu doğrultuda kentsel ulaşım sistemlerine yönelik tercihlerin belirlenebilmesi için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılabilir. Bu çalışmada Analitik hiyerarşi prosesi seçilerek bireylerin kentsel ulaşım sistemlerine yönelik tercihleri ve seçim kriterleri değerlendirilmeye çalışılmıştır.

Araştırmanın konusu ile ilgili literatür incelendiğinde, fayda maliyet analizi çerçevesinde AHP yönteminin entegre olarak kullanıldığı çalışmalardan birisi Nosal ve Solecka tarafından gerçekleştirilen Application of AHP Method for Multi-criteria Evaluation of Variants of the Integration of Urban Public Transport isimli çalışmadır. Bu çalışmada kentsel ulaşım kullanılan sistemler fayda ve maliyet temelinde analiz edilmiştir (Nosal ve Solecka, 2014). Benzer bir biçimde Tudeka vd. yatırım temelinde ulaşım faaliyetlerinin yaratacakları fayda ve maliyetler temelinde konuya odaklanmış, AHP metodolojisini seçim kriterlerinin ağırlıklarını belirlemek için tercih etmiş, aynı zamanda yatırımların optimalliyi analiz edilmiştir (Tudela vd., 2006). Awasthi ve Chauhan ise sürdürülebilir ulaşım çözümlerinin değerlendirilmesi için AHP yöntemi ile Dempster-Shafer teorisini birlikte kullanmışlar (Awasthi ve Chauhan, 2011), Yedla ve Shrestha ise çevre açısından sürdürülebilir bir ulaşım sistemi için Yeni Delhi'nin kent içi ulaşım türlerini analiz etmişlerdir (Yedla ve Shrestha, 2003). Modarres ve Zarei ulaşım sistemlerini depremin etkilerini en aza indirecek şekilde belirlemek üzere AHP yöntemini kullanırlarken (Modarres ve Zarei, 2002), Dinç vd. kent içi ulaşım sistemlerinde kullanılan tramvayların seçimi ile ilgili bir çalışma yürütmüşlerdir (Dinç vd., 2018). Gür vd. Ankara ili özelinde Monoraylar seçimiyle ilgili bir çalışma yürütmüşlerdir (Gür vd., 2017).

Bütün bu çalışmalar gözden geçirildiğinde çalışmaların önemli bir kısmı ulaşım yatırımlarının optimalliyi konusu ile ilgili iken, önemli bir bölümünde kentsel ulaşım sistemleri bütünsel olarak incelenmemiş, belirli tip ve özellikte ulaşım araçlarının tercihine odaklanılmıştır. Bu çalışma kentsel alanlarda ulaşım sistemlerinin etkinliği, verimliliği ve performansına odaklanan bir çalışma olması açısından literatürdeki söz konusu eksikliğin giderilmesine yönelik katkı sağlama iddiasında olan bir

çalışma olarak değerlendirilebilir. Bu yönüyle doğrudan kentsel ulaşım sistemlerini bütünsel olarak analiz ederek, en uygun alternatifin tanımlanmasına odaklanan özgün bir araştırmaya dayanmaktadır. Aynı zamanda çok sayıda kullanıcının araştırmaya denek olarak katılması daha rasyonel, gerçekçi ve uygulanabilir sonuçların elde edilmesine de önemli katkılar sağlamıştır.

1. Çalışmanın Amacı

Çalışma ulaşım yatırımları ile ilgili AHP metodolojisine dayanan ve sayısal ölçekte bir değerlendirmeye olanak sağlayan bir karar verme sürecini ortaya koymak ve kentsel alanlarda ulaşım yatırımlarına ilişkin kararları daha rasyonel bir çerçeveye oturtmayı hedeflemektedir. Bu sayede ulaşım sistemlerine ilişkin yatırımların daha etkin ve verimli bir biçimde gerçekleştirilmesinin yanı sıra ulaşım sistemlerinin kentsel alanlarda yaşayan bireylerin gereksinimlerine daha uyumlu olabileceği düşünülmektedir. Sonuç olarak bireylerin gereksinimlerine cevap vermeyen ve kullanım düzeyi düşük ulaşım yatırımlarının yerine gereksinimler ile daha uyumlu ve verimlilik düzeyi daha yüksek yatırımlar söz konusu olabilecektir.

2. Karar Noktalarının ve Kararlara Etki Eden Kriterlerin Belirlenmesi

Karar verme süreçlerine etki eden faktörler ile karar noktaları belirlenirken konu ile ilgili mesleki kuruluşlar ile uzmanlardan görüşler toplanmış, daha kesin sonuçların elde edilebilmesi için mümkün olduğunca dışarıda herhangi bir faktör ya da kriterin bırakılmaması amaçlanmıştır. Bu kapsamda elde edilen kriterler; hız, erişim, ücret, çevreye duyarlılık, güvenlik, sıklık, aktarma olanakları, dakiklik ve konfor olarak tanımlanmış, karar noktaları ise; Metrobüs, demiryolu, otobüs, otomobil ve hafif raylı sistemler (LRT, metro, tramvay vb.) olarak belirlenmiştir.

2.1. Kararlara Etki Eden Kriterler

Kentsel alanlarda yaşayan bireylerin tercih edecekleri ulaşım sistemlerine ilişkin dikkate aldıkları faktörler ve kriterler saptandığında; hız kriteri bu faktörlerden birisidir. Bu kriterin kullanıcılar tarafından doğru bir biçimde algılanabilmesi için buna ilişkin yöneltilen sorularda varış noktasına mümkün olduğunda hızlı bir şekilde ulaşmanın kendileri için diğer faktörlere kıyasla ne kadar önemli olduğu sorulmuştur. Dolayısıyla hız; tercih edilen ulaşım sisteminin herhangi bir varış noktasına ne kadar çabuk ulaştığı ile ilgilidir. Kullanıcılardan deneyimlerine dayalı olarak ulaşım sistemlerinin trafik vb. yavaşlatıcı koşullar altında reel hızların dikkate alınması ve buna göre cevap vermeleri istenmiştir.

Bir diğer kriter ise erişim olarak belirlenmiştir. Erişim kullanıcıların belirlenen ulaşım alternatiflerine ilişkin hizmetlere erişme kolaylığı ile ilgili bir kriter olarak görülebilir. Buna göre kullanıcıların buldukları herhangi bir noktadan hizmeti alacakları yere ulaşmakta güçlük çekip çekmedikleri ya da bu güçlüğü düzeyi erişim kriterlerini tanımlamaktadır. Örnek olarak Metrobüs duraklarına uzak bir noktada ikamet eden bir kullanıcı için Metrobüs e erişim zor olabilmekteyken, yakında bir otobüs durağının olması halinde otobüslere erişim daha kolay olabilmektedir.

Ücret ise kullanıcıların talep ettikleri ulaşım hizmetine ilişkin ödeyeceği bedeli ifade etmektedir. Bu kriter belirli bir ulaşım sistemi kullanıldığında katlanılacak parasal değeri göstermektedir. çevreye duyarlılık kullanıcılar tarafından tercih edilen ulaşım sisteminin çevre ve hava kirliliğine etkisine odaklı bir kriter olarak belirlenmiştir. Özellikle kirliliğe yol açan emisyon salınımı açısından kullanıcıların ulaştırma sistemlerini ne şekilde değerlendirdiği ve çevre ve hava kirliliğine yol açan etkenlere verdiği önem ve öncelik düzeyi gözlemlenmeye çalışılmıştır.

Güvenlik; kullanılan ulaşım sistemlerinin kaza vb. dışsal maliyetlerin görülme sıklığı ile ilgili bir kriter olarak seçilmiştir. Kazalar sonucu ortaya çıkan ölüm yaralanma mal kaybı vb. risklerin değerlendirmeye alınan ulaşım sistemlerinde görülme sıklığı ile kullanıcıların bu risklerle ilgili olarak tercihlerini ne şekilde yaptıklarının ya da tercihlerini buna göre değiştirip değiştirmedikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

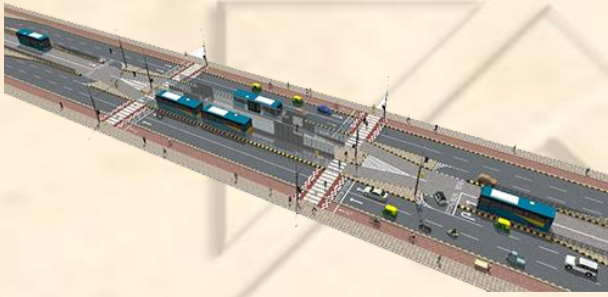
Sıklık ise; tercih edilecek ulaşım sistemlerine ilişkin alternatiflerin gün içerisinde ne sıklıkta hizmet sunduğu ile alakalı bir kriter olarak seçilmiştir. Temel olarak belirli bir taşıma sistemi ile belirli yön ve mesafede birim zamanda kaç kez sefer organize ettiği ile ilgilidir. Aktarma olanakları ise bir diğer kriter olarak, kullanılan bir taşıma türünden diğerine geçilirken kullanıcılar tarafından yaşanan güçlükleri ifade eden bir kriterdir. Örnek olarak kullanıcılar indikleri duraktan bir başka ulaşım sistemine geçerken uzun süre yürüyorlar ya da başka bir ulaşım sistemi kullanmak zorunda kalıyorlar ise aktarma olanaklarının zayıf olduğundan bahsedilebilir.

Dakiklik ise kullanılacak ulaşım sisteminin tarifelerde gösterilen kalkış, varış ve ara duraklara uğrama zamanlarında sapmaların görülüp görülmediği ile alakalıdır. Kullanılacak ulaşım sistemi belirtilen sürelerde bu hizmetleri kullanıcılarına sağlayabiliyorsa dakik bir ulaşım sistemi olarak tanımlanabilir, gecikmeler söz konusu oluyorsa dakik olmayan bir taşıma sistemi olarak nitelendirilebilmektedir. Nihai olarak konfor ulaşım sisteminin kullanıcılara sunduğu ulaşım hizmetinin rahat ve konforlu bir biçimde arz edilip edilmediği ile ilişkili bir kriter olarak belirlenmiştir.

2.2. Karar Noktaları

Kentsel alanlarda yaşayan bireylerin ulaşım için kullanacakları ulaşım sistemleri karar noktalarını oluşturmaktadır. Bunlar Metrobüs, demiryolu, otobüs, otomobil ve hafif raylı sistemler (LRT, metro, tramvay vb.) olarak belirlenmiştir.

Metrobüs sistemleri; lastik tekerlekli araçlar kullanılarak, esnek olmayan bir güzergâh üzerinde gerçekleştirilen taşımalarda kullanılan ulaşım sistemlerini tanımlamaktadır. Bus Rapid Transit (BRT) olarak da adlandırılan sistemde lastik tekerlekli otobüsler belirlenen doğrusal (liner) bir hat üzerinde belirli duraklarda durarak, başlangıç ve bitiş noktaları arasında yolcu taşımacılığı gerçekleştirmektedir.



Şekil 1. Metrobüs (BRT) Sistemleri

Demiryolu sistemleri ise uzak mesafe demiryolu taşımacılığında farklı olarak, kısa mesafe hatlarda kullanılan, başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki istasyonlara uğrayarak taşıma gerçekleştiren ulaşım sistemleridir. Hafif raylı sistemlere kıyasla istasyon aralıkları daha uzun olabilmektedir. Bu tür taşıma sistemleri banliyö olarak da adlandırılabilir.



Şekil 2. Banliyö Trenler

Otobüsler de bir karar noktası olarak, kent içi ulaşım sistemlerinden birisidir. Bu tür ulaşım sistemlerinde lastik tekerlekli otobüsler kullanılmakta, kısmen esnek bir güzergâh üzerinde tanımlı duraklara uğrayarak taşıma gerçekleştirmektedirler. İETT, Halk otobüsleri ve minibüsler bu türde taşıma sisteminin bir bileşeni olarak değerlendirilebilmektedir.



Şekil 3. Lastik Tekerlekli Otobüsler

Otomobiller ise; kullanıcılara ait binek araçlar ya da taksi şeklinde kullanılan araçlardır. Bir diğer karar noktası olan hafif raylı sistemler ise LRT, metro, tramvay vb. raylı sistemleri ifade etmektedir.



Şekil 4. Otomobiller

Bir diğer karar noktası olan hafif raylı sistemler ise LRT, metro, tramvay vb. raylı sistemleri ifade etmektedir.



Şekil 5. LRT, Metro ve Tramvaylar

3. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Kullanıcıların ulaşım sistemlerini tercih ederken dikkate alacakları kriterler ve faktörlerin birbirlerine kıyasla alacakları ağırlık değerleri ulaşım sistemlerinin tercih edilmesine doğrudan etki edebilmektedir. İnsan doğasında var olan ikili karşılaştırmalara dayanmakta olan AHP ile bu ikili karşılaştırmalar ile seçeneklerin ve kriterlerin birbirlerine göre ne kadar önemli, tercih edilir ya da baskın olduğu değerlendirilir (Erginel, 2004). AHP karar almada, grup veya bireyin önceliklerini de dikkate alan, nitel ve nicel değişkenleri bir arada değerlendiren matematiksel bir yöntemdir (Dağdeviren vd., 2004). Gerçekte kullanıcıların tercihleri öznel bir takım değerlendirmelere dayansa da bu değerlendirmelerin sayısal değerlere dönüştürülmesi için kullanılacak metodolojiler sayesinde seçimlere ilişkin sağlıklı sonuçlar ortaya konulabilmektedir.

AHP yöntemi bu metodolojilerden birisi olarak, bu çalışmada kriterlerin ve karar noktalarının analizi için seçilmiştir. AHP yönteminin amacı; verilen seçenekler kümesi için bağlantılı önceliklerin bir skalaya oturtulmak

suretiyle, karar vericinin sezgisel yargılarını ve karar verme prosesindeki seçeneklere ait karşılaştırma tutarlılığını da dikkate alarak, bu prosesin (karar verme prosesi) en etkin şekilde tamamlanmasını sağlamaktır (Özyörük ve Özcan, 2008).

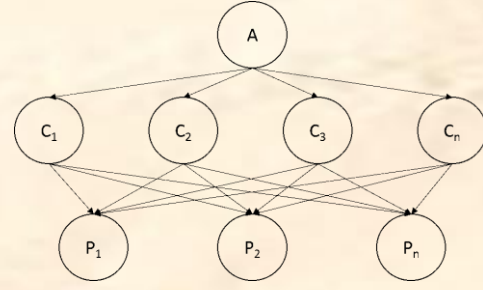
AHP yöntemi Saaty tarafından geliştirilen bir çok kriterli karar alma prosesidir. Bu yöntem karmaşık nitelikli karar alma süreçlerinin yanı sıra, sözel nitelikli kriterlerin ve karar noktalarının sayısal değerlere dönüştürülmesinde son derece etkin sonuçlar ortaya koyabilen bir yöntemdir. AHP yöntemi değerlendirmeye alınan her bir kriter ve karar noktasının diğerleri ile göreceli üstünlüklerini ve önem derecelerini sayısal bir temelde belirleyebilen bir metodolojidir. Metodoloji temel olarak dört adımda uygulanabilmektedir. Birinci aşamada hiyerarşik model oluşturulmakta, bu aşamada amaç, kriterler ve karar noktaları saptanmaktadır. İkinci aşamada karar matrisleri oluşturulmakta, karar matrisleri üzerinde her bir kriter ve karar noktasının önem dereceleri belirlenmektedir. Üçüncü aşamada ise karar noktaları önem derecelerine ve aldıkları değerlere göre sıralandırılrken, aynı zamanda tutarlılık analizi de gerçekleştirilmektedir. Son aşamada ise, elde edilen sonuçlar değerlendirilmektedir.

3.1. Amaç, Kriterler ve Karar Noktalarının Belirlenmesi

Çalışmanın ilk aşaması olarak öncelikle modelin oluşturulması gerekmektedir. Buna göre başlangıçta amacın saptanması son derece önemlidir. Gerçekte amaç çalışmanın ana iskeletini oluşturmakta, kriterler ve karar noktaları da buna göre belirlenmektedir. Amaç belirlendikten sonra bu amaca ulaşmayı sağlayacak ya da amaca ulaşılmasına etki edecek kriterler belirlenmektedir.

Nihai olarak da bu kriterleri diğer karar noktalarına kıyasla en üst düzeyde sağlayan karar noktası ya da noktaların belirlenebilmesi için alternatif karar noktaları belirlenmektedir. AHP metodolojisi elde edilen tüm unsurların hiyerarşik olarak sıralandırılmasına olanak sağlamaktadır. Dolayısıyla Amaç en üst katmanda yer alırken, kriterler ve alt kriterler alt katmanlarda sıralandırılmakta, en son katman ise karar noktalarıncı oluşturulmaktadır.

Tüm kriter ve alt kriterler değerlendirmeye alınan sayılarına göre 1 den n'e kadar değer alabilmektedir. Aynı şekilde elde edilen karar noktaları sayısına göre de yine 1 den n'e kadar karar noktası oluşturulabilmektedir.



Şekil 6. Analitik Hiyerarşi Prosesi Modeli

Yukarıdaki şekilde de görüldüğü gibi C ile gösterilenler kararlara etki eden kriterleri, P olarak gösterilenler ise karar noktalarını sembolize etmektedir.

3.2. Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması

Birinci aşamada karar noktaları ile kararlara etki eden kriterler belirlenerek karar hiyerarşisi oluşturulduktan sonra ikinci aşamada her bir kriterin bir diğeri ile karşılaştırıldığı anket soruları oluşturulmaktadır. Bu süreçte temel yaklaşım değerlendirmeye alınan her bir kriterin diğerleri ile göreceli üstünlük ve önem derecelerinin belirlenmesidir.

Bu doğrultuda ankete katılan deneklere ikili karşılaştırma soruları sorulurken, ikili karşılaştırma yaparken 1-9 ölçeği olarak adlandırılan skala çerçevesinde puanlandırması istenmektedir.

Tablo 1. İkili Karşılaştırma Ölçeği (Saaty; 1986: 843.)

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	İki faktörün eşit tercih edilmesi
3	Çok az önemli	Bir faaliyetin diğerine göre biraz daha fazla tercih edilmesi
5	Kuvvetli derecede önemli	Bir faaliyetin diğerine göre çok daha fazla tercih edilmesi
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir faaliyetin diğerine göre çok kuvvetli şekilde tercih edilmesi
9	Mutlak önemli	Bir faaliyetin diğerine göre en yüksek derecede tercih edilmesi
2, 4, 6, 8	Ara değerler	1-3, 3-5, 5-7, 7-9 arası değerlendirmeler
Tersleri	Tersi karşılaştırmalar	

Deneklerin görüşleri bir takım farklılıklar gösterebileceği için elde edilen yanıtları ortak tek bir değere dönüştürebilmek üzere verilen yanıtların geometrik ortalamaları alınmaktadır. Geometrik ortalama alınarak belirlenen karşılaştırma değerleri matrise doğrudan yansıtılırken, bir a kriterinin b kriterine göre önem derecesinin tersi b kriterinin a kriterine göre önem derecesini ifade etmektedir (Saaty, 1990).

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \quad (1)$$

Yukarıdaki formüle göre bir a kriterinin b kriterine karşı önem derecesi belirlendiği zaman, elde edilen değer bir bölünmesi ile b kriterinin a kriterine göre önem derecesi belirlenebilmektedir. Örnek olarak a kriteri b kriterine göre 3 kat önemliyse b kriterinin a kriterine kıyasla önem derecesi 1/3 olacaktır. Kriterlerin puanlanmasında Tablo-1 dikkate alınmaktadır.

3.3. Kriterlerin Önem Değerlerin Belirlenmesi

Bütün kriterlere ve karar noktalarına ilişkin önem dereceleri belirlendikten sonra her bir matris bileşeni sütun toplamına bölünerek tüm matris değerleri normalize edilmekte ve normalize değer matrisi oluşturulmaktadır. Ardından her bir satırın ortalamaları alınarak ağırlık değerlerini gösteren bir vektör elde edilmektedir. Bu vektör her bir kriterin diğerlerine kıyasla önem derecesini de göstermektedir.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (2)$$

Aşağıdaki formül kullanılarak bütün matris bileşenleri sütun toplamına bölünerek B vektörü oluşturulmakta, B vektöründe yer alan değerler her bir kriterin ağırlık değerini göstermektedir. İşlemler tamamlandıktan sonra aşağıda gösterildiği gibi bir sütun vektörü elde edilmektedir.

$$B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix}$$

Her bir seçim kriteri için işlem tekrarlandığında kriter sayısı kadar sütun vektörü oluşturulmakta, sütun vektörlerinin toplamı C matrisini meydana getirmektedir. C matrisi değerlendirilen tüm faktörler arasındaki önem derecelerini belirleyebilmek için yüzde dağılımlarının elde edilmesine olanak sağlamaktadır. C matrisinin her bir satırında yer alan bileşenlerin aritmetik ortalaması alınarak her bir faktör için öncelik değerini gösteren W vektörüne ulaşılabilmektedir.

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ c_{n1} & c_{n2} & \cdot & c_{nn} \end{bmatrix}$$

En yüksek değeri alan alternatif, karar problemi için en iyi alternatiftir (Peker ve Toksarı, 2014). Sonuç olarak, W vektörlerine ilişkin değerler kriterlere ilişkin ağırlık değerleri ile çarpıldığında her bir karar için önem derecesi belirlenebilmekte, alınacak kararın diğerlerine üstünlüğü sayısal olarak tanımlanabilmektedir.

3.4. Tutarlılık Analizlerinin Yapılması

Öte yandan kriterlerin ve kararların tutarlılığının da hesaplanması elde edilecek sonuçların uygulanabilir olması açısından son derece önemlidir. Bununla ilgili olarak CR olarak adlandırılan tutarlılık oranı hesaplanarak kriterlerin ve kararların kendi içerisinde tutarlı olup olmadığı değerlendirilebilir. Temel değer olarak tanımlanan Lambda (λ) değeri ile faktör sayısı karşılaştırılmaktadır. Bunun için önce A matrisi ile W vektörünün çarpılması ile oluşturulacak D matrisinin elde edilmesi gerekmektedir.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ d_{n1} & d_{n2} & \cdot & d_{nn} \end{bmatrix}$$

Lambda (λ) değerine D sütun vektörü toplamı W sütun vektörünün karşılıklı elemanlarına bölünmesi ile ulaşılabilmektedir. Aşağıdaki formüller sayesinde bu değer elde edilebilmektedir.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i}, \quad \lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (3)$$

Lambda (λ) değeri elde edildikten sonra tutarlılık göstergesi CI aşağıdaki formül ile hesaplanabilmektedir. Ardından CI değeri tablodan elde edilecek RI değerine bölünerek CR değerine ulaşılabilmektedir. CR değeri tablo değeri ile karşılaştırılarak değer üzerinde olması halinde tutarsız, altında olması halinde tutarlı olarak değerlendirilir.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}; \quad CR = \frac{CI}{RI} \quad (4)$$

Tablo 2. Rassallık Göstergeleri

n	RI	n	RI
1	0,00	8	1,41
2	0,00	9	1,45
3	0,58	10	1,49
4	0,90	11	1,51
5	1,12	12	1,48
6	1,24	13	1,56
7	1,32		

3.5. Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

Bütün karar noktalarına ilişkin vektörler elde edildikten sonra bu vektörlerin oluşturduğu bir matris elde edilmektedir. Bu matris m sayısı kadar karar noktası ile n sayısı kadar kriterden oluşan $m \times n$ boyutlu bir matristir. Matrisin satır değerlerinin toplamı ile kriterler için belirlenen ağırlık vektörünün değerleri ayrı ayrı çarpılmaktadır. Bu çarpımın sonucunda her bir karar noktası için değerler belirlenmekte, bu değerler kullanıcıların tercihlerinin yüzdesel değerlerini göstermektedir.

Her bir karşılaştırma işleminden sonra n boyutlu ve değerlendirilen faktörün karar noktalarına göre yüzde dağılımlarını gösteren S sütun vektörleri elde edilir.

$$S_i = \begin{bmatrix} s_{11} \\ s_{21} \\ \vdots \\ s_{m1} \end{bmatrix}$$

Ardından n tane $m \times 1$ boyutlu S sütun vektöründen meydana gelen ve $m \times n$ boyutlu K karar matrisi oluşturulmaktadır.

$$K = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix}$$

K karar matrisi W sütun vektörü (öncelik vektörü) ile aşağıdaki gibi çarpıldığında ise m elemanlı L sütun vektörü elde edilir. L sütun vektörü karar noktalarının yüzde dağılımını vermektedir. Bu dağılım aynı zamanda karar noktalarının önem sırasını da göstermektedir.

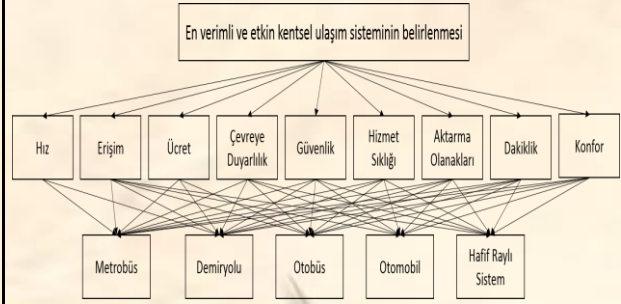
$$L = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_{11} \\ l_{21} \\ \vdots \\ l_{m1} \end{bmatrix}$$

4. İstanbul Kentinde Ulaşım Sistemlerine İlişkin Tercihlerin ve Kriterlerin Analizi

4.1. Hiyerarşik Modelin Oluşturulması

İstanbul kenti ile ilgili olarak ulaşım sistemlerinin tercihlerin ve tercihlere etki eden kriterlerin belirlenmesi ile ilgili olarak ulaşılmak istenen amaç; kullanıcıların

gereksinimlerini en etkin biçimde sağlayan, etkinlik ve verimlilik düzeyi yüksek taşıma sisteminin belirlenmesi olarak tespit edilebilir. Buna uygun olarak amaç hiyerarşisi aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.



Şekil 7. Kentsel Ulaşım İlişkin Hiyerarşik Model

4.2. Kriterlerin Önem Derecelerinin Belirlenmesi

İstanbul kentinde ulaşım sistemlerine ilişkin tercihlerin değerlendirilmesi sürecinde dokuz kriter ile beş karar noktası tespit edilmiş, kriterler sırasıyla C1 den C9 a kadar sıralandırılmıştır. Karar noktaları ise P1 den P5 e kadar oluşturulmuştur. Aşağıdaki tabloda kriterler ile karar noktalarına ilişkin kodlamalar ve açıklamalar görülebilmektedir.

Çalışmanın temel amacı, seçim kriterleri ve karar alternatifleri uzmanlar kurulu olarak tanımlanan ve yedi üyeden oluşan bir çalışma grubu ile birlikte belirlenmiştir. Yedi kişiden oluşan uzmanlar kurulunun üyeleri kentsel ulaşım alanında en az on beş yıl deneyime sahip, mesleki kuruluş üyesi ya da üst düzey yönetici olma koşullarına sahip profesyoneller arasından seçilmiştir.

Tablo.3: Kriterler

Kod	Kriter	Açıklama
C1	Hız	Ulaşım sisteminin hızı
C2	Erişim	Ulaşım hizmetine erişim
C3	Ücret	Ulaşım hizmetinin parasal değeri
C4	Çevre	Çevreye olan duyarlılığı
C5	Güvenlik	Kaza vb. risklerin düzeyi
C6	Sıklık	Hizmet verme sıklığı
C7	Aktarma Olanakları	Transfer kolaylıkları
C8	Dakiklik	Tariflerdeki sürelerinin tutarlılığı
C9	Konfor	Sağlanan konfor düzeyi

Tablo-4 Karar Noktaları

Kod	Kriter	Açıklama
P1	Metrobüs	Lastik tekerlekli araçlar ile sabit güzergâha sahip ulaşım sistemi
P2	Demiryolu	Kent içi uzun mesafe raylı ulaşım sistemi (Banliyö)
P3	Otobüs	Lastik tekerlekli değişken güzergâha sahip ulaşım sistemi
P4	Otomobil	Binek araç ya da taksi tipi ulaşım sistemi

P5 Hafif Raylı Sistem Kent içi tramvay, metro ve LRT tipi hafif raylı sistemleri

Hiyerarşi modeline göre her bir kriterin bir diğeri ile karşılaştırıldığı ikili karşılaştırma matrisi oluşturulması amacıyla toplam 165 kişiden oluşan ve kentsel ulaşım sistemlerini etkin ve sürekli olarak kullanan kişiler olarak belirlenmiş karar vericilere sorular ikili karşılaştırma ve tablo-1 de gösterilen 1-9 ölçeğinde puanlama şeklinde sorulmuş, elde edilen yanıtların geometrik ortalaması alınarak ikili karşılaştırma matrisinin bir bileşeni olarak matrise işlenmiştir.

Aynı zamanda karar vericilerden her bir kriter çerçevesinde karar noktalarının önceliklerini ve önem derecelerini göstermek üzere puanlama yapımları da istenmiştir. Dolayısıyla kriterler için 9x9 matris elde edilirken, karar noktaları için ise her bir kriter ekseninde 5x5 matrisler oluşturulmuştur. Aşağıda gösterilen A matrisinde tüm kriterler birbiri ile karşılaştırmalı olarak kıyaslanmış ve karşılıklı olarak önem dereceleri belirlenmiştir. Aşağıda gösterilen karar matrisi A elde edilen cevapların geometrik ortalamaları alınarak oluşturulmuştur.

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉
C ₁	1,00	2,38	3,50	3,35	3,02	3,42	2,19	2,56	5,00
C ₂	0,42	1,00	1,03	2,10	2,40	1,72	1,33	2,30	0,94
C ₃	0,29	0,97	1,00	0,83	1,15	1,13	3,01	3,53	1,70
C ₄	0,30	0,48	1,21	1,00	1,05	2,30	1,23	1,62	3,24
C ₅	0,33	0,42	0,87	0,95	1,00	1,38	2,20	1,26	3,00
C ₆	0,29	0,58	0,88	0,43	0,72	1,00	1,04	0,80	1,32
C ₇	0,46	0,75	0,33	0,81	0,45	0,96	1,00	0,90	1,87
C ₈	0,39	0,43	0,28	0,62	0,79	1,25	1,12	1,00	2,00
C ₉	0,20	1,07	0,59	0,31	0,33	0,76	0,53	0,50	1,00
Σ	3,67	8,08	9,69	10,40	10,93	13,93	13,65	14,48	20,07

A matrisinin değerleri normalize edilmek istendiğinde her bir matris bileşeni bulunduğu sütünün toplam değerine bölünerek normalize matris elde edilmektedir. Normalize matrisin her bir satırının aritmetik ortalaması (W) her bir kriter için ağırlık değerini göstermektedir.

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉
C ₁	0,272	0,295	0,361	0,322	0,276	0,246	0,160	0,177	0,249
C ₂	0,114	0,124	0,107	0,202	0,220	0,124	0,097	0,159	0,047
C ₃	0,078	0,120	0,103	0,079	0,106	0,081	0,221	0,244	0,085
C ₄	0,081	0,059	0,125	0,096	0,096	0,165	0,090	0,112	0,161
C ₅	0,090	0,052	0,089	0,092	0,091	0,099	0,161	0,087	0,149
C ₆	0,080	0,072	0,091	0,042	0,066	0,072	0,076	0,055	0,066
C ₇	0,124	0,093	0,034	0,078	0,042	0,069	0,073	0,062	0,093
C ₈	0,106	0,054	0,029	0,059	0,073	0,090	0,082	0,069	0,100
C ₉	0,054	0,132	0,061	0,030	0,030	0,054	0,039	0,035	0,050
Σ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

C matrisinin satır elemanlarının aritmetik ortalaması hesaplanarak seçim kriterlerinin ağırlık değerlerinin yüzdelik olarak dağılımını gösteren W vektörü oluşturulmaktadır.

$$W = \begin{bmatrix} 0,2622 \\ 0,1325 \\ 0,1241 \\ 0,1095 \\ 0,1012 \\ 0,0688 \\ 0,0743 \\ 0,0735 \\ 0,0539 \end{bmatrix}$$

İlk olarak A matrisinin tutarlılık düzeyi değerlendirildiği zaman 9 faktörlü A matrisinin tutarlılık düzeyi tutarlılığa ilişkin formül ile belirlenebilir. Öncelikli olarak A matrisinin bileşenleri ağırlık vektörünün W değerlerinin toplamı ile çarpılarak tutarlılık analizi için kullanılacak matris elde edilmektedir. Elde edilen her bir değer kendi satırında yer alan W vektörünün elemanına bölünerek E vektörü belirlenmektedir.

$$E = \begin{bmatrix} 9,6950 \\ 14,7620 \\ 9,5729 \\ 9,5929 \\ 9,5629 \\ 9,5884 \\ 9,4580 \\ 9,4331 \\ 9,5860 \end{bmatrix}$$

E vektörünün toplam değeri sütun toplamı alınarak elde edilebilmektedir. Elde edilen toplam değer kriter sayısına (n) bölündüğünde Lambda λ değerine ulaşılabilmektedir.

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} = \frac{91,25}{9} = 10,139;$$

λ değeri belirlendikten sonra buna bağlı olarak da tutarlılık göstergesi CI hesaplanabilmektedir.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} = \frac{10,139 - 9}{9 - 1} = 0,1424$$

Son olarak tutarlılık gösterge değeri CI, Tablo-2 de 9 kriterli bir analiz için belirtilen rassallık göstergesi (RI) olan 1,45 değerine bölündüğünde tutarlılık değeri CR hesaplanabilmektedir. Aşağıda görüldüğü gibi CR değeri 0,10 dan küçük olduğu için karşılaştırmaların tutarlı olduğundan da bahsedilebilir.

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,1424}{1,45} = 0,098$$

Karar noktaları dikkate alındığında her bir karar alternatifi belirlenen tercih kriterleri çerçevesinde ikili karşılaştırmaya tabi tutulduğunda aşağıdaki matrisler elde edilmektedir.

Hız

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
P_1	1,00	1,45	1,77	0,40	0,51
P_2	0,69	1,00	0,84	2,10	2,10
$A = P_3$	0,57	1,19	1,00	0,92	2,30
P_4	1,52	0,47	1,09	1,00	1,80
P_5	1,95	0,53	0,30	0,34	1,00
Σ	5,72	4,65	5,00	4,75	7,71

Erişebilirlik

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
P_1	1,00	1,66	1,34	0,77	0,96
P_2	0,60	1,00	2,55	3,36	2,03
$A = P_3$	0,74	0,28	1,00	2,54	1,24
P_4	1,31	0,30	0,39	1,00	0,81
P_5	1,04	0,49	0,81	1,23	1,00
Σ	4,70	3,73	6,09	8,89	6,03

Ücret

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
P_1	1,00	1,30	1,49	2,13	3,02
P_2	0,77	1,00	2,99	2,34	1,65
$A = P_3$	0,67	0,33	1,00	2,62	1,32
P_4	0,47	0,43	0,38	1,00	1,16
P_5	0,33	0,61	0,76	0,86	1,00
Σ	3,24	3,67	6,61	8,95	8,15

Çevreye Duyarlılık

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
P_1	1,00	1,45	1,47	2,03	2,41
P_2	0,69	1,00	1,81	3,24	2,90
$A = P_3$	0,68	0,55	1,00	1,64	3,05
P_4	0,49	0,31	0,61	1,00	2,72
P_5	0,41	0,34	0,33	0,37	1,00
Σ	3,28	3,65	5,22	8,27	12,08

Güvenlik ve Emniyet

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
P_1	1,00	1,80	1,19	0,87	1,18
P_2	0,55	1,00	0,89	1,67	0,52
$A = P_3$	0,84	1,13	1,00	1,06	2,43
P_4	1,15	0,60	0,94	1,00	1,00
P_5	0,85	1,92	0,41	1,01	1,00
Σ	4,40	6,45	4,43	5,61	6,12

Sık Hizmet Verebilme

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
P_1	1,00	1,92	0,59	1,08	3,25
P_2	0,52	1,00	2,50	2,25	1,57
$A = P_3$	1,71	0,36	1,00	1,00	2,13
P_4	0,92	0,44	1,00	1,00	2,33
P_5	0,24	0,64	0,47	0,43	1,00
Σ	4,39	4,36	5,56	5,76	10,29

Aktarma Olanakları

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
P_1	1,00	2,27	1,94	1,93	1,75
P_2	0,44	1,00	1,22	1,99	1,99
$A = P_3$	0,52	0,82	1,00	1,89	1,89
P_4	0,52	0,50	0,53	1,00	1,53
P_5	0,57	0,50	0,53	0,65	1,00
Σ	3,05	5,09	5,22	7,46	8,17

Dakik Hizmet Verebilme

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
P_1	1,00	1,17	1,66	1,65	1,45
P_2	0,86	1,00	1,60	1,44	2,00
$A = P_3$	0,60	0,62	1,00	1,96	1,90
P_4	0,61	0,70	0,51	1,00	2,09
P_5	0,69	0,50	0,53	0,48	1,00
Σ	3,76	3,99	5,29	6,53	8,44

Konfor

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
P_1	1,00	2,59	2,48	2,59	2,30
P_2	0,39	1,00	2,19	1,98	2,17
$A = P_3$	0,40	0,46	1,00	1,77	1,85
P_4	0,39	0,50	0,57	1,00	2,77
P_5	0,43	0,46	0,54	0,36	1,00
Σ	2,61	5,01	6,77	7,70	10,09

Her bir kriter çerçevesinde oluşturan karar noktaları arası karşılaştırma matrisleri normalize edildiğinde aşağıda görülen C matrislerine ulaşılabilmektedir.

Hız

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	S_1
P_1	0,1748	0,3128	0,3535	0,0841	0,0665	0,1984
P_2	0,1202	0,2151	0,1686	0,4417	0,2723	0,2436
$C = P_3$	0,0990	0,2554	0,2002	0,1933	0,2982	0,2092
P_4	0,2651	0,1017	0,2178	0,2103	0,2334	0,2057
P_5	0,3409	0,1150	0,0599	0,0705	0,1297	0,1432
Σ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Erişebilirlik

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	S_2
P_1	0,2128	0,4440	0,2203	0,0861	0,1587	0,2244
P_2	0,1285	0,2682	0,4184	0,3774	0,3358	0,3057
$C = P_3$	0,1585	0,0755	0,1641	0,2852	0,2054	0,1777
P_4	0,2779	0,0799	0,0647	0,1125	0,1344	0,1339
P_5	0,2223	0,1324	0,1324	0,1388	0,1658	0,1584
Σ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Ücret

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	S_3
P_1	0,3085	0,3543	0,2249	0,2382	0,3703	0,2992
P_2	0,2373	0,2726	0,4518	0,2609	0,2026	0,2850
$C = P_3$	0,2074	0,0912	0,1512	0,2929	0,1620	0,1810
P_4	0,1446	0,1167	0,0576	0,1117	0,1424	0,1146
P_5	0,1022	0,1652	0,1145	0,0963	0,1227	0,1202
Σ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Çevreye Duyarlılık

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	S_4
P_1	0,3049	0,3962	0,2812	0,2450	0,1998	0,2854
P_2	0,2107	0,2739	0,3476	0,3914	0,2400	0,2927
$C = P_3$	0,2077	0,1509	0,1916	0,1983	0,2522	0,2001
P_4	0,1504	0,0846	0,1167	0,1209	0,2253	0,1396
P_5	0,1263	0,0945	0,0629	0,0444	0,0828	0,0822
Σ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Güvenlik ve Emniyet

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	S_5
P_1	0,2275	0,2795	0,2691	0,1545	0,1925	0,2246
P_2	0,1262	0,1551	0,2003	0,2985	0,0850	0,1730
$C = P_3$	0,1907	0,1747	0,2255	0,1895	0,3965	0,2354
P_4	0,2626	0,0926	0,2121	0,1783	0,1626	0,1816
P_5	0,1931	0,2981	0,0929	0,1792	0,1634	0,1853
Σ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Sık Hizmet Verebilme

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	S_6
P_1	0,2279	0,4410	0,1054	0,1878	0,3160	0,2556
P_2	0,1186	0,2295	0,4498	0,3909	0,1528	0,2683
$C = P_3$	0,3891	0,0815	0,1799	0,1730	0,2075	0,2062
P_4	0,2108	0,1020	0,1806	0,1737	0,2265	0,1787
P_5	0,0536	0,1460	0,0843	0,0745	0,0972	0,0911
Σ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Aktarma Olanakları

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	S_7
P_1	0,3282	0,4459	0,3718	0,2584	0,2139	0,3236
P_2	0,1445	0,1963	0,2343	0,2663	0,2441	0,2171
$C = P_3$	0,1691	0,1605	0,1916	0,2537	0,2319	0,2014
P_4	0,1704	0,0988	0,1013	0,1341	0,1877	0,1385
P_5	0,1878	0,0985	0,1011	0,0875	0,1224	0,1195
Σ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Dakik Hizmet Verebilme

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	S_8
P_1	0,2663	0,2928	0,3127	0,2532	0,1718	0,2593
P_2	0,2281	0,2508	0,3025	0,2200	0,2374	0,2478
$C = P_3$	0,1608	0,1566	0,1889	0,3002	0,2249	0,2063
P_4	0,1611	0,1746	0,0964	0,1532	0,2474	0,1666
P_5	0,1837	0,1252	0,0995	0,0734	0,1185	0,1200
Σ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Konfor

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	S_9
P_1	0,3831	0,5166	0,3659	0,3367	0,2279	0,3660
P_2	0,1480	0,1996	0,3231	0,2574	0,2150	0,2286
$C = P_3$	0,1546	0,0912	0,1476	0,2293	0,1833	0,1612
P_4	0,1477	0,1007	0,0836	0,1298	0,2748	0,1473
P_5	0,1666	0,0920	0,0798	0,0468	0,0991	0,0969
Σ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Bütün karar noktaları için normalize matrisler oluşturularak, her bir matrisin satır değerlerinin

ortalama alarak tüm karar noktaları için S vektörleri elde edilmektedir. Bir sonraki adımda vektörler birleştirilerek K matrisleri elde edilmektedir. Ardından K matrisinin her bir satır toplamı W vektör değerlerinin toplamı ile çarpıldığında her bir karar noktası için öncelik skorları elde edilebilmektedir.

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9
P_1	0,198	0,224	0,299	0,285	0,225	0,256	0,324	0,259	0,366
P_2	0,244	0,306	0,285	0,293	0,173	0,268	0,217	0,248	0,229
$K = P_3$	0,209	0,178	0,181	0,200	0,235	0,206	0,201	0,206	0,161
P_4	0,206	0,134	0,115	0,140	0,182	0,179	0,138	0,167	0,147
P_5	0,143	0,158	0,120	0,082	0,185	0,091	0,119	0,120	0,097

$$L = \begin{bmatrix} 0,198 & 0,224 & 0,299 & 0,285 & 0,225 & 0,256 & 0,324 & 0,259 & 0,366 \\ 0,244 & 0,306 & 0,285 & 0,293 & 0,173 & 0,268 & 0,217 & 0,248 & 0,229 \\ 0,209 & 0,178 & 0,181 & 0,200 & 0,235 & 0,206 & 0,201 & 0,206 & 0,161 \\ 0,206 & 0,134 & 0,115 & 0,140 & 0,182 & 0,179 & 0,138 & 0,167 & 0,147 \\ 0,143 & 0,158 & 0,120 & 0,082 & 0,185 & 0,091 & 0,119 & 0,120 & 0,097 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,2622 \\ 0,1325 \\ 0,1241 \\ 0,1095 \\ 0,1012 \\ 0,0688 \\ 0,0743 \\ 0,0735 \\ 0,0539 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,253 \\ 0,254 \\ 0,200 \\ 0,162 \\ 0,130 \end{bmatrix}$$

En son elde edilen matris tüm karar noktaları için yüzde cinsinden alternatiflerin tercih edilebilme değerlerini göstermektedir. Buna göre P1 olarak kodlanan Metrobüs %25,3 tercih edilebilirliğe sahipken, P2 Kodlu Demiryolu yolcu taşımacılığının tercih edilebilme değeri %25,4, P3 kodlu Otobüs ile ulaşım %20,0, P4 Otomobil tercihi; %16,2, P5 olarak kodlanan Kentçi Raylı Sistemlerin tercih edilebilirliği ise tercih edilebilirlik değeri %13,0 olarak belirlenmiştir.

Son olarak tüm karar noktalarının tutarlılıkları gözden geçirildiğinde kriterler için gerçekleştirilen tutarlılık düzeyi hesapları aynı şekilde gerçekleştirilmiş, değerlendirmeye alınan kriterler çerçevesinde P1 den P4 e kadar olan karar noktalarının her birisi için sırasıyla tutarlılık değeri CR 0,090, 0,092, 0,045, 0,039, 0,066, 0,090, 0,031, 0,032 ve 0,061 olarak hesaplanmış, tümünün tutarlı oldukları tespit edilmiştir.

SONUÇ:

Kentsel ulaşımında kullanıcıların tercihleri ile bu tercihlere etki eden faktörlerin belirlenmesi rasyonel ve etkin bir ulaşım sisteminin tasarlanması yanı sıra, ulaşım sisteminin sürdürülebilir olması açısından son derece önem arz etmektedir. Kullanıcıların tercih kriterleri çerçevesinde en fazla tercih ettikleri ulaşım türünden başlanarak, en düşük tercih düzeyine kadar ulaşım türlerinin sınıflandırılması ulaşım yatırımlarına ilişkin karar alıcıların daha rasyonel kararlar almalarına da olanak sağlayabilmekte, kamu kaynakları bu perspektifte daha etkin ve verimli biçimde kullanılabilir.

Bu doğrultuda kullanıcıların ulaşım sistemlerine ilişkin tercihlerini analiz etmek üzere 165 denek seçilmiş, bunların mevcut tüm ulaşım sistemlerini kullanan ve günlük olarak kent içi ulaşım sistemlerini kullanarak düzenli seyahat eden bireyler olmaları dikkate alınmıştır. Öncelikli olarak konunun uzmanlarından oluşan bir grup ile birlikte beyin fırtınası şeklinde gerçekleştirilen toplantılarda kentsel ulaşım sistemlerini kullanan bireylerin tercihlerine ilişkin alternatifler ile bu alternatiflerin seçimine etki eden kriterler belirlenmiştir.

Belirlenen kriterler ve tercih alternatiflerinin analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yöntemi kullanılarak analiz edilmelerine yönelik olarak ulaşım sistemlerini hergün ve sürekli olarak kullanan 165 deneğe ikili karşılaştırma soruları yöneltilmiş, elde edilen yanıtlar çerçevesinde dikkate alınan her bir faktörün karşılaştırmalı önem derecesi yanıtların geometrik ortalamaları alınarak saptanmıştır. Ardından her bir kriter ve seçim alternatifinin önem dereceleri belirlenirken, aynı zamanda tutarlılıkları da hesaplanmış, gerçekleştirilen çalışmanın tutarlı olduğu gözlemlenmiştir.

Elde edilen sonuçlar AHP yöntemi ile analiz edilmiş, bunun sonucunda ağır treyler seçiminde karar alıcıların hızlı ulaşımına en fazla önemi verdikleri (0,2622), ardından ulaşım sistemlerine erişebilme kriterinin geldiği görülmektedir (0,1325). Bunlara ek olarak, ulaşım için ödenecek ücret kriteri (0,1241), ulaşım sisteminin çevreye duyarlılığı (0,1095), ulaşım sisteminin güvenli ve emniyetli olması (0,1012), aktarma olanaklarının yüksek olması (0,0743), ulaşım hizmetinin dakik olması 0,0735, sık hizmet verebilme 0,0688 değerini alırken, konfor beklentisi en düşük değer olan 0,0539 değerini almıştır. Buna göre önem hiyerarşisi $C1 > C2 > C3 > C4 > C5 > C7 > C8 > C6 > C9$ şeklinde oluşturulabilmektedir.

Karar noktaları dikkate alındığında, Demiryolu ulaşım sisteminin 0,254 ile en yüksek önem değerine ulaştığı, onu sırasıyla 0,253 önem değeri ile Metrobüs, 0,200 önem değeri ile Otobüs, 0,162 önem değeri ile Otomobil alırken, en küçük değeri 0,130 önem değeri ile de Kent içi Raylı Sistemlerin izlediği görülmektedir. Bu durumda karar noktaları arası hiyerarşi $P2 > P3 > P1 > P4$ olarak oluşturulabilir.

Kriterlerin yanı sıra tüm karar noktaları için tutarlılık düzeyleri gözden geçirildiğinde tüm kriter ve karar noktalarının tutarlı oldukları görülmektedir. Nihai olarak sonuçlar değerlendirildiğinde kullanıcılar demiryolu taşımacılığı alternatifini diğer opsiyonlara kıyasla daha öncelikli olarak tercih ettiği, demiryolu taşımacılığının tercih edilebilme değerinin %25,4 olarak hesaplandığı görülmektedir. Demiryolu taşımacılığı ile ilgili alternatifini % 25,3 tercih edilebilirlik değeri ile Metrobüs sistemi izlemektedir. Diğer alternatifler ise daha küçük değerler ile sıralanmaktadır.

Kullanıcıların söz konusu seçimlerine temel teşkil eden kriterler değerlendirildiğinde; en yüksek düzeyde %26,2 ile hızlı ulaşım olanaklarının birinci sırayı aldığı, ulaşım sistemlerine erişebilme olanağının ise ikinci olarak %13,2 ile tercihlere etki ettiği görülmektedir. Buna karşılık ücret kriteri %12,4 ile kendisine ancak üçüncü sırada yer bulabilmektedir.

Sonuç olarak bakıldığında kullanıcılar kent içi ulaşım sistemlerinden kendilerini hızlı bir biçimde hedef noktaya ulaştırmalarına ve ulaşım hizmetlerine erişebilmeye önem verirken, her iki kriterin en fazla demiryolu ve Metrobüs sistemlerinde elde edilebileceğini ön görmektedirler. Gerçekte Metrobüs sisteminin bir takım kısıtlarına rağmen demiryolu sistemine yakın bir değer alması hızlı bir ulaşım olanağı sağlayabiliyor olmasından kaynaklanabilmektedir. Bunun yanı sıra tramvay, metro vb. kent içi raylı sistemlerin ulaşım olanaklarının ve erişim imkanlarının nispeten dar olması bu ulaşım türünde daha yüksek düzeyde konfor ve hız sağlanabilir olmasına rağmen tercih edilebilirliğini sınırlandırmaktadır.

Bu göstergeler çerçevesinde kent içi ulaşım sistemlerine ilişkin kamu yatırımlarının daha yüksek düzeyde hız ve erişim olanağı sağlayan ulaşım türlerine yönelmesi rasyonel bir yaklaşım olarak değerlendirilebilmektedir. Bu kapsamda daha yüksek yatırım maliyetlerine sahip tramvay, metro vb. ulaşım imkanları yerine daha hızlı, sık hizmet verebilen ve kentin her noktası ile bağlantıya sahip ulaşım sistemlerinin geliştirilmesi ve diğer ulaşım sistemleri ile entegrasyonun sağlanması kentsel ulaşım sistemlerine ilişkin alınabilecek rasyonel bir karar olarak değerlendirilebilir. Dolayısıyla uzun mesafeleri birleştirebilen bir daha geniş bir coğrafya da hizmet sunabilen Metrobüs sistemleri ile demiryolu sistemlerinin aralarında entegrasyon sağlanabilecek bir biçimde geliştirilmeleri ve diğer ulaşım sistemlerinin bu iki ana ulaşım sistemi arasındaki entegrasyonu sağlayabilecek alt ulaşım sistemleri olarak değerlendirilmeleri yerinde olabilecek bir yaklaşımdır.

KAYNAKÇA:

ÖZYÖRÜK, B. ÖZCAN, E. (2008). Analitik Hiyerarşi Sürecinin Tedarikçi Seçiminde Uygulanması: Otomotiv Sektöründen Bir Örnek. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 13 (1), 133-144.

SAATY, T.L. (1986). Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process. Management Science, 32, 841-855.

DAĞDEVİREN, M. EREN, T. (2001) Tedarikçi Firma Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin Kullanılması, Gazi

Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi 16
(2), 41-52.

PEKER, O. TOKSARI, M. (2014). Analitik Hiyerarşi Prosesi Yaklaşımı Kullanılarak Mobilya Sektörü İçin Ege Bölgesi'nde Hedef Pazarın Belirlenmesi. Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 14 (1), 171-180.

ERGİNEL, N.M. (2004). Tasarım hata türü ve etkileri analizinin etkinliği için bir model ve uygulaması. Endüstri Mühendisliği Dergisi, 15 (3): 17-26.

NOSAL, K. SOLECKA, K. (2014). Application of ahp method for multi-criteria evaluation of variants of the integration of urban public transport. Transportation Research Procedia, 3: 269-278.

TUDELA, A. AKIKI, N. CISTERNAS R. (2006). Comparing the output of cost benefit and multi-criteria analysis: An application to urban transport investments. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 40, (5): 414-423.

AWASTHIA, A. CHAUHAN, S. S. (2011). Using AHP and Dempster-Shafer theory for evaluating sustainable transport solutions. Environmental Modelling & Software, 26, (6): 787-796.

YEDLA, S. SHRESTHA R. M. (2003). Multi-criteria approach for the selection of alternative options for environmentally sustainable transport system in Delhi. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 37, (8): 717-729.

MODARRES, M. ZAREI, B. (2002). Application of network theory and AHP in urban transportation to minimize earthquake damages. Journal of the Operational Research Society, 53, (12): 1308-1316.

DİNÇ S. HAMURCU, M. EREN, T. (2018). Kentsel Ulaşım İçin Alternatif Tramvay Araçlarının Çok Kriterli Seçimi. Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 4, (2): 124-135.

GÜR, Ş. HAMURCU, M. EREN, T. (2017). Ankara'da Monoray projelerinin analitik hiyerarşi prosesi ve 0-1 hedef programlama yöntemleri ile seçimi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 23, (4): 437-443.

SAATY, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. European Journal of Operational Research, 48, (1): 9-26.