



ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ İLE İSTANBUL'DA BÜTÜNLEŞİK BİSİKLET AĞI KÜMELERİNİN ÖNCELİKLENDİRİLMESİ

PRIORITIZATION OF INTEGRATED BICYCLE NETWORK CLUSTERS IN ISTANBUL USING ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

Dilek ÇOL YILMAZ^{1*}, Haluk GERÇEK²

¹İBB Ek Hizmet Binası, Ulaşım Planlama Müdürlüğü, Kasım Sok, 34010, Merter, Güngören, İstanbul.

dilekcol@gmail.com

²İnşaat Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 34469, Ayazağa, İstanbul.

hgercek@itu.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 24.05.2013, Kabul Tarihi/Accepted: 09.10.2013

* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2014.29292

Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Bu çalışmada motorsuz ulaşım ve toplu taşıma entegrasyonunun yüksek seviyede hareketliliğe etkisi değerlendirilmiştir. Önemli bir ulaşım türü olan bisikletin motorsuz ulaşımındaki rolü, sürdürülebilir yolculuk hedefine katkıları ele alınmıştır. Çalışmada İstanbul metropoliten alanında toplu taşıma sistemi ile bütünleşik bisiklet ulaşım ağının aşamalı olarak gerçekleştirilmesi için bir karar destek modeli kurulmuştur. Model oluşturulurken 2023 yılı için planlanmış olan toplu taşıma hatları, aktarma merkezi noktaları, bu noktalara ait yolcu sayıları, yeniden düzenlenen bisiklet ağı gibi veriler Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında geliştirilen haritaya altlık olarak kullanılmıştır. Çok Ölçütlü Karar Verme yöntemlerinden nitel ve nicel değerlendirmeye olanak veren Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) kullanılarak ulaşım planlaması konusunda uzmanların değerlendirmeleri doğrultusunda, İstanbul metropoliten alanında toplu taşıma ile bütünleşik bisiklet ağı kümelerinin öncelikleri belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Analitik hiyerarşi yöntemi, Çok ölçütlü karar verme, Bisiklet ağı kümeleri, Motorsuz ulaşım, Sürdürülebilirlik.

Abstract

In this study, the impact of the integration of nonmotorized transport and public transport on hypermobility was evaluated. The role of bicycle in non-motorized transportation, and its contribution to sustainable travel goals were examined. A decision support model was established in order to plan the phases of a bicycle network integrated with the public transport system in Istanbul Metropolitan Area. Data such as public transport routes planned for the target year 2023, locations of transfer centers, number of passengers at transfer centers, and a revised bicycle network were used as layers for the Geographic Information Systems (GIS) map produced. Based on the survey data collected from the experts, Analytic Hierarchy Process (AHP) which is a multi-criteria decision-making procedure that contains both qualitative and quantitative factors was used to prioritize the bicycle network clusters integrated with public transport system in Istanbul.

Keywords: Analytical hierarchy process, Multicriteria decision making, Bicycle network clusters, Nonmotorized transportation, Sustainability.

1 Giriş

Günümüzde gelişmekte olan kentler, ekonomik gelişmeye paralel olarak sosyoekonomik farklılaşma, eğitim, sağlık ve çevre konularında büyük sorunlarla karşı karşıya gelmektedir. Artan nüfus ve beraberinde getirdiği motorlu araç sayısındaki artış, kentlerin ulaşım sistemleri üzerinde baskı oluşturmakta, sosyoekonomik marjinalleşme, hava ve gürültü kirliliği, trafik tıkanıklığı ve kazalar, ekonomik gelişmeyi ve kentlerdeki yaşam kalitesini ciddi boyutlarda tehdit etmektedir. Bu süreçle birlikte otomobil bağımlılığı olgusu kentsel hayatın bir karakteristiği haline gelmekte, otomobil kullanımı yerini artık bir tercih olmaktan gerekliliğe bırakmaktadır. Artan otomobil bağımlılığının neden olduğu çevresel, ekonomik ve sosyal problemler kent ve kentlileri olumsuz yönde etkilemeye devam etmektedir. Kentlerin büyüyüp gelişmesiyle yolculuk mesafeleri yaya ve bisikletliler için erişilebilirlik sınırlarını aşmakta, motorlu taşıt kullanımını zorunlu kılmaktadır.

Nüfus artışı ve özel yolculuk taleplerinin artmasına bağlı olarak artan motorlu araç trafiği, sera etkisi ve iklim değişikliğini tetiklemektedir. Bu durumda bireylerin ve toplumun temel erişim ihtiyaçlarını insan ve ekosistem sağlığı ile uyumlu bir şekilde karşılayan, sera gazı salımlarını ve diğer atıkları sınırlandıran, yenilenemeyen kaynakların tüketimini

en aza indirgeyen, yenilenebilen kaynakların tüketimini sürdürülebilir getiri seviyesinde sınırlandıran, arazi kullanımını ve gürültü üretimini en aza indirgeyen sürdürülebilir ulaşım türlerinin gerekliliği daha çok ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda kent içi ulaşımında yeniden tanımlanan politika ve stratejiler bisiklet kullanımında yeni bir dönemi başlatmış ve kent içi ulaşımında bisikletin önemini yeniden farkına varılmasını sağlamıştır. Bu çalışmada, İstanbul kenti bütününde toplu taşıma sistemi ile bütünleşik bir bisiklet ulaşım ağının gerçekleştirilmesi için bir karar destek modeli kurulmuştur. Toplu taşıma hatları, aktarma merkezi noktaları, bu noktalara ait günlük ortalama yolcu sayıları, öneri bisiklet ağı ve bisiklet yolu türleri, öneri bisiklet park alanları ve arazi kullanım verilerinin temel olarak alındığı bu model Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında geliştirilen haritaya altlık olarak kullanılmıştır. İstanbul'da 2023 yılı için planlanmış toplu taşıma ağı esas alınarak öncelikle, bisiklet ulaşımı ile toplu taşıma aktarma merkezlerine 15 dakikalık yolculuk süresinde erişilebilen bölgelerin birleştirilmesiyle 14 bisiklet ağı kümesi oluşturulmuştur. Nitel ve nicel değerlendirmeye olanak veren AHY kullanılarak uzmanlarla yapılan anketler ve sayısal değerlerin karşılaştırılması ile ölçütlerin ağırlıkları hesaplanmış, bisiklet ağının aşamalı olarak gerçekleştirilmesi için bu kümeler arasında önceliklendirme yapılmıştır.

1.1 Sürdürülebilir Ulaşım ve Bisiklet

Sürdürülebilir ulaşım 3 ana kaynaktan ortaya çıkmaktadır:

Ulaşımın getirdiği yük ve geleneksel karayolu odaklı planlamanın olumsuz etkileri 1970'lerden itibaren ortaya çıkmaya başlamış olup buna bağlı olarak hava kirliliği artmış, kentlerde karayollarının yayılmasının yıkıcı etkileri daha çok dikkat çekmeye başlamıştır [1]-[3].

Trafiğin bazı alanlarda trafik yavaşlatma uygulamaları ve yayalaştırma yoluyla azaltılmasının hareketlilik ve çevre üzerinde birçok faydası olmuştur. Bu uygulamalar, araç trafiğinde azalma (trafiğin buharlaştırılması), özellikle yaya ve bisikletlileri kapsayan trafiğe bağlı kaza oranlarında azalma, bununla birlikte yaya, bisikletli ve toplu taşıma kullanıcı sayılarında artış sağlamıştır [3].

İlk olarak 1987 yılında Birleşmiş Milletlerin Brundtland Raporu [4] olarak da bilinen, Çevre ve Kalkınma Komisyonu raporunda "günümüz ihtiyaçlarının, gelecek kuşakların ihtiyaçlarını karşılama olanaklarından fedakârlık yapılmaksızın karşılanabilmesi süreci" şeklinde tanımlanan sürdürülebilir gelişme ile birlikte sürdürülebilirlik bilincinde artış meydana gelmiştir.

Bu üç aşama, 1990'lardan bu yana sürdürülebilir ulaşım tanımı ve özellikleriyle ilgili canlı bir tartışmaya neden olmuştur. Sürdürülebilir ulaşım gibi karmaşık bir alanı tanımlama çabalarında problemler yaşanırken en faydalı tanımlardan birisi Winnipeg Üniversitesi, Sürdürülebilir Ulaşım Merkezi'nin yaptığı tanım olmuştur. Bu tanıma göre bir sürdürülebilir ulaşım sistemi aşağıdaki özellikleri göstermelidir:

Bireylerin ve toplumun temel erişim gereksinimlerini insan ve ekosistem sağlığı ile uyumlu bir şekilde karşılayan, aynı zamanda kuşaklar arası eşitliği sağlayan,

Düşük maliyetli, etkin işleyen, ulaşımında tür seçimine olanak veren, canlı bir ekonomiyi destekleyen,

Salımları ve atıkları sınırlandıran, yenilenemeyen kaynakların tüketimini en aza indirgerken yenilenebilir kaynakların tüketimini sürdürülebilir getiri seviyesinde sınırlandıran, bu kaynaklara ait bileşenleri yeniden kullanan ve geri dönüşümünü yapan, arazi kullanımını ve gürültü üretimini en aza indiren ulaşım.

Sürdürülebilir kentsel ulaşım sistemlerinin gelişimi yolcu ve yüklerin hızlı taşınması, arazinin etkin kullanımı, yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin kullanımı, düşük fiyatlı hizmetler gibi etkenlere bağlı olarak karakterize edilebilir [5]. Mevcut raylı sistem teknolojisi birçok kentte bunları karşılama da bazı alanlarda raylı sistemlerin etkin kullanımını destekleyecek boyutta gerekli olan yoğunluk sağlanamamaktadır.

Otomobiller ve büyük yük araçları daha fazla alan gerektirdiğinden raylı sistem temelli ulaşım sistemleri için oluşan bu araç fazlalığının kentten uzaklaştırılması gerekmektedir. Yalnızca otomobiller ve büyük araçlar bertaraf edildiği takdirde kaliteli bir yaşamın yanında yüksek yoğunluklu yerleşim dokusuna izin verecek yeterli arazi alanı ortaya çıkacaktır [5].

Ulaşım sektöründen kaynaklanan karbon salımlarını azaltmak için uluslararası organizasyonlar ve yönetimler tarafından bazı hedefler öngörülmektedir. Günümüzde ulaşım sektörü, politika geliştiriciler ve çevresel organizasyonlar gibi diğer paydaşlar bireysel olarak ulaşımına bağlı karbon salımlarının azaltılmasına yönelik perspektifler geliştirmek için

çalışmaktadır. Buna rağmen çok azı bütünlük bir yaklaşım sergilemekte ve çalışmaların büyük bir kısmı tek bir tür veya paydaşla sınırlı kalmaktadır [6].

Bisiklet ulaşımı, hava ve gürültü kirliliği yaratmayan, çevre dostu bir ulaşım türü olması nedeniyle günümüzde artan şekilde dikkat çekmektedir. Kentsel alanlarda özel otomobil yerine daha çok bisiklete binilmesi, yolculuk hareketlerinden kaynaklanan enerji tüketiminin ve trafik tıkanıklığının azalmasını sağlayacaktır. Artan bisiklet ulaşımı ile sera gazları ve diğer salımların ciddi oranda azalması mümkün olacaktır [7].

Birçok ülke, CO2 salımının kısıtlanması ve tıkanıklıkla ilgili olarak ulaşım ücretleri ve vergilerin etkinliğinin artırılması için gerekli önlemler almaktadır. Bunun gibi talep yönetim ölçütleri ulaştırmanın dışsal maliyetini içselleştirmede ücretleri arttırarak otomobil kullanımını azaltmayı hedeflerken bisiklet ulaşımı bir hareketlilik seçeneği sağlamaktadır. Bu şekilde özellikle kısa mesafeler için otomobil kullanımından bisiklet kullanımına geçiş, hareketliliği azaltmadan ulaşımın dışsal maliyetlerini azaltabilmektedir.

Bisiklet ulaşımı, aynı zamanda günlük ulaşım aracı olarak kullanıldığına kullanıcılara düzenli egzersiz olanağı sağlamakta, toplumda sağlık maliyetini azaltmaya katkıda bulunabilmektedir. Çevre dostu, uygun maliyetli, hızlı ve sağlıklı bir ulaşım türü olan bisiklet aynı zamanda 5 km'den az olan kısa mesafeli kent içi yolculuklarda en hızlı ulaşım türüdür.

1.2 Büyük Kentlerde Motorsuz Ulaşım Politikaları Uygulamaları

Büyük merkezi kentler diğer kentsel, kırsal alanlardan ve banliyö alanlarından niteliksel ve niceliksel olmak üzere birçok şekilde ayrılmaktadır. Bu farklılık yaya ve bisikletliler ile ilgili planlama ve politikalar konularında doğrudan etki oluşturmaktadır. Büyük merkezi kentleri diğer yerel yerleşimlerden ayıran en önemli özellik coğrafi büyüklüğü, nüfus büyüklüğü ve yoğunluk bakımından boyutlarıdır. Bisikletliler için kent alanının büyüklüğü planlamayı başka bir yönden zorlu hale getirmektedir. Yüksek kentsel tıkanıklık olan alanlarda bisikletleri otobüslere ve raylı sistem araçlarına yerleştirmek için daha az müsait alan bulunmaktadır. Ayrıca geniş toplu taşıma ağı olan alanlarda karar verme mekanizmaları daha karmaşık olup çoğu zaman işletme aşaması, bisikletlinin ihtiyaçlarını ele alan planlama aşamasından önce gelmektedir.

Büyük merkezi kentler için çeşitlilik kavramı "eşitlik" konusunda sorunları kapsamakta ve bunların yaya ve bisikletliler üzerindeki etkisi bir kentten diğer kente farklılaşmaktadır. Büyük merkezi kentlerin diğer kentlerden ayrıldığı başka bir nokta da yapılaşmış kentsel çevre içinde hangi ulaşım türünün kullanılacağı durumudur. Özellikle eski merkezi kentlerde çoğu kullanımlar birkaç yüzyıl öncesine dayanmakta olup günümüz trafik türlerini ve ulaşım dokusunu karşılayacak özellikte tasarlanmamıştır. Sonuç olarak bu gibi alanlarda genellikle dar kamulaştırma genişlikleri gözlenmekte olup yola cephesi olan binalar yıkılmadan kaldırımların ve yolların genişletilmesi imkansızlaşmaktadır. Bu yönde kararlar verilirken sistemin tüm kapasitesi için en önemli noktalar irdelenmelidir. Mevcut tasarım standartlarının altında dar trafik şeritleri ve kaldırımları bulunan bir yola bisiklet şeridi eklemek veya otobüslere

bisiklet askılığı ilave edilmesi sonucu aracın gerekli dönüş yarıçapını alamaması durumları sistem için ikilem yaratmaktadır.

Merkezi kentlerde arazi değerleri de kentin diğer alanlarına göre daha yüksek olmaktadır. Bu durum, kısıtlı finansman kaynakları için rekabete farklı bir boyut getirmektedir. Sonuç olarak yeterli alan olsa bile bu gibi kentlerde kamulaştırma genişliklerinin sağlanması güç olmaktadır.

Geniş merkezi kentler diğer alanlara oranla daha fazla ulaşım türünün kullanıldığı alanlardır. Bu gibi kentlerde yaşayan insanlar toplu taşımaya ulaşmada yaya ve bisiklet türlerini kullanmakta, bu alanlara merkez dışından gelen insanlar da raylı sisteme erişimde otomobil veya otobüs türlerini kullanarak kent içinde metro sistemine, otobüse geçiş yapmakta veya yürümektedir. Bu nedenle güvenli yaya ve bisikletli erişiminin sağlanması için toplu taşıma sistemlerinin kolay erişilebilir ve karayolu sistemi ile bütünleşik özellikle olması büyük önem taşımaktadır.

Türler arası yolculukların güçlük yarattığı diğer bir konu da yaya ve bisikletli sayısı hesaplanırken bisiklet yolculukları ve özellikle de yaya yolculuklarının gerçek sayının altında çıkmasıdır. Benzer olarak birçok insanın kısa yolculuklar (öğle yemeği için birkaç blok ileriye gitmek, para çekmek için yakındaki ATM'ye gitmek vs.) yaptığı geniş kent merkezlerinde, yolculuk başlangıç ve son noktaları aynı planlama bölgesi içinde olup ölçülmemektedir. Bu sebepten dolayı motorsuz ulaşım hizmetleri inşa edilirken yaya sayısı genellikle yetersiz temsil edilmekte ve planlama yapılırken yayalar olması gerektiği kadar dikkate alınmamaktadır. Büyük kentlerde bisiklet ulaşımı planlaması yapılırken öncelikle bahsi geçen bu sorunlar göz önünde bulundurulmalıdır.

2 Materyal ve Yöntem

2.1 Çok Ölçütlü Karar Verme ve Analitik Hiyerarşik Yöntemi

Karar verme, hedef ve amaçların gerçekleştirilmesi yönünde seçenek eylem planlarından birisinin bilinçli olarak seçilmesidir [8]. Bir sistemin başarısı ve sürekliliği doğrudan verilecek kararlarla sağlanmaktadır. Alınan çok önemli kararlar kişilerin, kurumların veya sistemin varlığını, verimliliğini ve başarısını etkilemektedir. Bu durum karar verme problemi olarak tanımlanmaktadır.

Karar verme sezgisel ve analitik olmak üzere iki şekilde gerçekleşmektedir. Sezgisel kararlar veri veya belgelerle desteklenmezken karar verici kendi öz değerlerine dayanarak çok sayıda bilgiyi sezgilerine göre değerlendirmekte ve kısa sürede karar almaktadır [9]. Analitik karar verme, sorunların hiyerarşik bir biçimde anlamlı daha küçük alt bölümlere ayrıştırılarak daha etkin çözümlenmesi esasına dayanmaktadır [10].

Bir karar kuralı, karar seçeneklerinin sıralanmasını sağlayan bir süreçtir [11]. Karar verici, karar kuralı yardımıyla seçeneklerin en iyi şekilde nasıl sıralanacağını ve hangi seçeneğin diğerine tercih edileceğini belirlemektedir. Çok ölçütlü karar verme, çıktı kümelerinin sıralanmasını ve bu çıktıları sağlayan karar seçeneklerinin tanımlanmasını içermektedir. Çok ölçütlü karar vermede basit toplamli ağırlıklandırma, ağırlıklı çarpım yöntemi, değer/fayda fonksiyonu temelli yaklaşımlar, TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi [12],

ELECTRE (Elimination and Choice Expressing Reality) [13] ve AHY [14] uygulama alanları bulunmaktadır.

Çok ölçütlü karar verme, karar verme çalışmalarının bir dalı olarak nitelendirilebilmektedir. Çok sayıda ölçütün bulunduğu karar problemlerini içeren yöneylem araştırmasının bir dalı da olabilmektedir [15].

Aşağıda verilen çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden ilk üç yaklaşım çıktı odaklı olup seçeneklerin belirlenen amaca göre iyiden kötüye sıralanması ve en iyi seçeneklerin seçilmesi değerlendirme sonucuna ve seçenekler kümesine bağlıdır. Grupları birbirinden ayıran belli özelliklere göre seçeneklerin değerlendirilmesi de sınıflama yöntemlerinde önem arz etmektedir.

Seçme problemi (Choice): En iyi seçeneğin seçilmesi ya da sınırlandırılmış en iyi seçenekler kümesinin bulunması;

Sıralı sınıflandırma problemi (Sorting): Önceden belirlenmiş homojen sıralı sınıflara seçeneklerin yerleştirilmesi;

Sıralama problemi (Ranking): Seçeneklerin en iyiden en kötüye sıralandığı sıralama yapısının oluşturulması;

Sınıflandırma problemi (Classification): Seçeneklerin önceden belirlenmemiş kümelere ayrılması [16].

Seçme, sıralı sınıflandırma ve sıralama yöntemlerinde seçeneklerin belirlenen amaca göre iyiden kötüye sıralanması ve en iyi seçeneğin seçilmesi, değerlendirme sonucuna bağlıdır. Karar vericinin değerlendirmeyi yaparken amaçtan sapmadan, ölçütleri ve seçenekleri bir bütün olarak değerlendirmesi gerekmektedir.

Karar verme modellerinde insan yargılarının kullanımı son dönemlerde dikkat çeken bir ölçüde artmıştır [17], [18], [19]. Genel olarak karar verme süreci şu aşamaları içermektedir [20]:

1. Planlama,
2. Seçenekler grubunun oluşturulması,
3. Önceliklerin belirlenmesi,
4. Seçenekler grubundan en iyi politikanın seçilmesi,
5. Kaynakların ayrılması,
6. Gereksinimlerin belirlenmesi,
7. Sonuçların tahmin edilmesi,
8. Sistemlerin tasarlanması,
9. Performans ölçümü,
10. Sistemin güvenilirliğinin sağlanması,
11. Optimizasyon,
12. Uyuşmazlıkların çözümlenmesi.

Karar verme süreçlerinde insan yargılarının da kullanıldığı bir yöntem Thomas L. Saaty tarafından 1977 yılında geliştirilen ve literatüre kazandırılan AHY'dir. AHY sonlu sayıda seçeneğin yer aldığı çok ölçütlü karar problemlerinde en iyi seçeneği bulan bir yöntemdir. Çok ölçütlü karar verme süreçlerinde karar vericinin yargı, deneyim ve psikolojik durumunu da dikkate alan AHY, günümüzde birçok alanda başarıyla kullanılmakta olup son 20 yılda çok ölçütlü karar verme ile ilgili neredeyse tüm uygulamalarda kullanılmıştır [21].

AHY'nin temelinde sistem yaklaşımı kuramı bulunmaktadır. Bir karar verme sürecinde temel problem, birbiri ile çelişen ölçütlere göre değerlendirilen seçenekler kümesinden en

uygun seçeneğin belirlenmesidir. Bu amaca yönelik geliştirilen karar verme yöntemlerinin çoğu yalnızca nicel ölçüleri kapsamaktadır. Oysa gerçek yaşamda karar verme süreci yarı nicel ya da nitel ölçütlerden oldukça etkilenmektedir [22]. AHY'yi diğer karar verme yöntemlerinden ayıran özellik, nicel ve nitel tüm karar değişkenlerinin bir arada değerlendirilmesini sağlamasıdır. Ayrıca yöntemin uygulanabilirliğinin kolay olması da bu yöntemle olan ilgiyi gittikçe arttırmıştır [23], [24].

AHY, karar vermede kullanılan çok ölçütlü bir yöntem olarak, kendi alanlarında uzman olan kişilerin katılımını kapsamaktadır. Bu yöntem bir planın gerçekleştirilmesi halinde karar vermek gerektiğinde uygulanabilir.

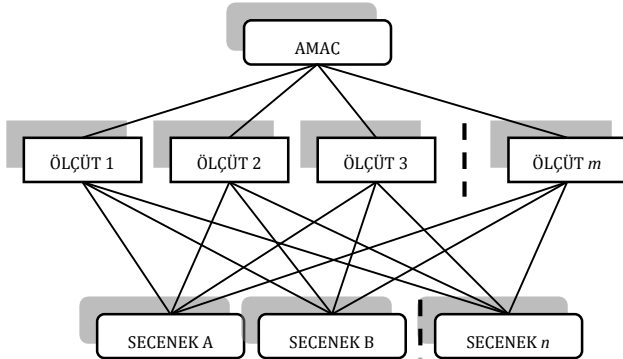
AHY, göreceli ve mutlak olmak üzere iki şekilde uygulanabilmektedir. Göreceli yargı durumunda öncelikli ölçüte ulaşabilmek için seçenekler ikili olarak karşılaştırılmaktadır. Mutlak yargı durumunda ise bu gerçekleştirilmez. Her iki durumda da ulaşılmak istenen hedeften sapmamak için dikkatli olunması gerekmektedir. Mutlak yargı çoğunlukla çok sayıda seçeneğin olduğu durumlarda kullanılmaktadır [25].

2.1.1 Analitik Hiyerarşi Yöntemi'nin Yapısı

AHY'de problem hiyerarşik bir biçimde yapılandırılır. Problemin hiyerarşik yapılandırılmasını önceliklendirme süreci izler [26]. AHY, sorunun karar vermeye yönelik olarak ayrıntılı biçimde katmanlara ayrıştırılması yöntemini, oluşturulan hiyerarşik yapısı sayesinde oldukça etkin bir yöntem ile kullanır. AHY ile bilgi, deneyim, bireyin öznel düşünceleri ve önsözleri belirli bir mantık çerçevesinde bir araya getirilir ve kişilerin kendi karar verme sistematikliğini kavrayıp daha iyi kararlar vermesi hedeflenir.

2.1.2 Karar Verme Probleminin Tanımlanması ve İlişkilerin Belirlenmesi

Karar noktalarının ve karar noktalarını etkileyen etmenlerin saptanmasını içeren bu aşama, bir karar verme probleminin daha kolay anlaşılmasını ve değerlendirilmesini sağlayacak hiyerarşik bir düzende alt problemlere ayrıştırma süreci olarak kabul edilebilir. AHY, karar vericilerin karmaşık problemleri, problemin ana hedefi, ölçütleri, alt ölçütleri ve seçenekleri arasındaki ilişkiyi gösteren bir hiyerarşik yapıda modellemesine olanak verir. AHY'nin bu yapısı Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1: AHY yapısı.

Konu ile ilgili birden fazla ölçüt belirlenebileceği gibi bu ölçütlerin alt ölçütleri de bulunabilmektedir. Belirlenen ölçütler anlaşılır ve net olmalıdır.

Karar hiyerarşisinin kademe sayısı, problemin karmaşıklığına ve ayrıntı derecesine bağlı olarak değişmektedir [27].

2.1.3 Ölçütler Arası İkili Karşılaştırmaların Yapılması

Problemi oluşturan ölçütler, alt ölçütler ve seçenekler belirlendikten sonra karşılaştırma aşamasına geçilir. Karşılaştırmalı yargılar veya ikili karşılaştırmalar AHY'nin ikinci temel ve aynı zamanda en önemli adımını oluşturmaktadır.

Çok ölçütlü karar problemlerinde çalışılan konuyla doğrudan ilgili olan kişilerle yüz yüze görüşülerek bir anket veya mülakatla onların seçenekler karşısındaki yargıları öğrenilir. AHY'de sonuçlar, tamamen kişilerin vereceği ikili karşılaştırma yargılarına bağlı olduğundan sonuçların tutarlı olabilmesi için bu kişilerin konularında uzman veya orta derecede bilgili olmaları tercih edilir. Bu yargılara bağlı olarak AHY'de üstünlük, yargı veya ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulur. Bu matris, yargıların sayısal değerlere dönüştürülmesiyle oluşturulmaktadır [9].

İkili karşılaştırmaları elde etmek için göreceli ve mutlak ölçümler kullanılmaktadır. Etmenler arası karşılaştırma matrisi, $n \times n$ boyutlu bir kare matris olup bu matrisin köşegeni üzerindeki matris bileşenleri 1 değerini almaktadır.

Karşılaştırma matrisi:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Farklı ölçütlerin Tablo 1'de gösterildiği gibi ikili karşılaştırmaları yapılarak bir matris oluşturulur. Matristeki w_i/w_n terimi, amaca ulaşmak için i ölçütünün n ölçütünden ne kadar daha önemli olduğunu ifade etmektedir. Bu matrisin köşegeni üzerindeki matris bileşenleri 1 değerini alır ($i=n$).

Tablo 1: Ölçütler için ikili karşılaştırmalar matrisinin oluşturulması [23].

	Ölçüt 1	Ölçüt 2	...	Ölçüt n
Ölçüt 1	w_1/w_1	w_1/w_2	...	w_1/w_n
Ölçüt 2	w_2/w_1	w_2/w_2	...	w_2/w_n
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Ölçüt i	w_i/w_1	w_i/w_2	...	w_i/w_n

Bu değerlendirmede Tablo 2'de görülen Saaty tarafından önerilen 1'den 9'a kadar değerler içeren AHY Ölçüm Çizelgesi kullanılmaktadır. Bu çizelge doğrultusunda konuyla ilgili kişiler tarafından gerekli karşılaştırmalar yapılır. Örneğin bu değer 7 ise, i . ölçütün n . ölçüte göre çok kuvvetli düzeyde önemli olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumda benzer şekilde, n . ölçüt de i . ölçüte göre 1/7 düzeyinde önemli olmaktadır [28].

Karşılaştırmalarda ara değerler, iki ana değer arasındaki olguyu ifade etmektedir. AHY Ölçüm Çizelgesinde üst sınırın 9 olarak kabul edilmesinin nedenleri şu şekildedir:

Tablo 2: AHY ölçüm çizelgesi.

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	İki seçenek de eşit derecede katkıda bulunmakta
3	Orta derecede önemli	Tecrübe ve yargı, bir ölçütü diğerine karşı biraz üstün kılmakta
5	Kuvvetli derecede önemli	Tecrübe ve yargı, bir ölçütü diğerine karşı oldukça üstün kılmakta
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir ölçüt diğerine göre üstün sayılmış ve bu üstünlük uygulamada göze çarpmakta
9	Kesin önemli	Bir ölçütün diğerinden üstün olduğunu gösteren kanıt çok büyük güvenirlige sahip
2, 4, 6, 8	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerler
Sıfır olmayan karşılıklar	Eğer i aktivitesi j aktivitesi ile karşılaştırıldığında yukarıdaki "0" olmayan sayılardan biri tayin ediliyorsa, j ile i karşılık değerine sahiptir.	Mantıklı bir tahmin

Saaty'nin geliştirdiği yöntem $n < 10$ ölçüt için, özellikle 7 ölçüt için en iyi sonuçları vermektedir. Başka bir deyişle, çok ölçütlü karar verme problemlerini AHY ile çözerken ölçüt sayısının 9'dan büyük olması durumunda büyük tutarsızlıklar meydana gelebilmektedir.

2.1.4 Görelî Önem Vektörünün Hesaplanması

İkili karşılaştırma matrisleri elde edildikten sonra normalize edilmiş matrisler oluşturularak görelî öncelikler belirlenir. Bunun için her sütundaki elemanlar, o sütunun toplam değerine bölünür. Normalize edilen matriste her seçenek veya ölçüt için oluşturulan satır toplamı alınarak ölçüt veya seçenekler için öncelik değerleri bulunur. Öncelik değerlerinin oluşturduğu matris öncelik vektör matrisidir. Öncelik vektör matrisindeki her ölçüt/seçenek için öncelik değeri, o ölçüte/seçeneğe ait ikili karşılaştırma matrisinde bulunan sütundaki tüm elemanlarla çarpılarak ağırlıklandırılmış toplam matris elde edilir. Ağırlıklandırılmış toplam matristeki satır toplam değerleri öncelik vektör matrisi satır değerlerine bölünür. Oluşturulan son matristeki değerlerin aritmetik ortalaması alınarak özdeğer (λ_{max}) hesaplanır [29].

2.1.5 Ulaşım Planlamasında Analitik Hiyerarşi Yöntemi

AHY, ele alınan problemin türüne bağlı olmayan bir yöntemdir. Bu da söz konusu yöntemi karayolu, demiryolu, havayolu, deniz/nehir yolu, posta hizmetleri, iletişim, yük taşımacılığı gibi herhangi bir ulaşım türünün planlanmasında uygulanabilir kılacaktır. Yöntem farklı karmaşıklıkta problemlere sahip farklı ölçeklerdeki kurumlar için uygulanabilmektedir. Başka bir deyişle, örneğin yük taşıması yapan şirketler ve orta ölçekli şirketler için olduğu kadar ulusal düzeyde bir demiryolu şirketi için de uygulanabilmektedir. Tüm durumlar için problemi hedef, ölçütler ve seçenekler şeklinde ayrıştırmak mümkün olmaktadır.

Literatürde ulaşım planlaması konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde AHY'nin ulaşım planlaması [31], trafik

planlaması [25], kentsel ulaşım seçeneklerinin önceliklendirilmesi [32], ulaşım güzergahı belirleme çalışmasında hafif raylı sistem koridor ve güzergah seçimi, toplu taşıma türü seçimi [33], [34], en uygun raylı sistem ağının planlanması [35] ve hafif raylı sistem güzergahlarının belirlenmesinde coğrafi bilgi sistemleri ile beraber kullanılması [36], ayrıca en düşük maliyetli karayolu güzergahının seçilmesi [37], ulaşım yatırımlarının sürdürülebilirliğinin sınıflandırılması [38], toplu taşıma ücret sisteminin değerlendirilmesi [39], toplu taşıma hizmet kalitesi analizi [40], toplu taşıma şirketlerinin önceliklendirilmesi [41] ve kentsel ulaşım talebinin ayrık seçim modelleri ile analizi [42] konularında da kullanıldığı görülmektedir.

Bisiklet yollarının planlanmasında çok ölçütlü bir yaklaşım [43], CBS ve çok ölçütlü karar verme analizi kullanılarak bisiklet yolu planlaması [44] çalışmaları ise bisiklet planlaması konusunda çok ölçütlü karar verme yöntemleri kullanılarak yapılan küçük ölçekte uygulamaları içeren çalışmalara örnek olarak gösterilebilir. Ancak literatürde metropoliten ölçekte AHY ile bisiklet ulaşım planlaması konusunda bir çalışmaya rastlanmamıştır.

3 Uygulama

3.1 Altık Oluşturma Süreci

Bu çalışma kapsamında önce İstanbul metropoliten alanı için motorsuz ulaşımın mevcut durumu değerlendirilmiş, mevcut bisiklet yollarının yetersizliği ortaya konmuş, mevcut ve planlanan bisiklet yolu projeleri bulunmasına rağmen bunların birbirinden kopuk olduğu ve kent genelinde toplu taşıma ile bütünleşik bir bisiklet ağı sisteminin bulunmadığı ortaya konmuştur.

Etki alanlarının belirlenmesinde İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) tarafından İstanbul metropoliten alanı geneli için planlanan aktarma merkezi noktaları, oluşturulan bisiklet kümelerine ait merkezler olarak kabul edilmiştir. Bu merkezleri çevreleyen ve benzer özellik gösteren etki

alanlarının birleştirilmesiyle ortaya çıkan 14 adet bisiklet ağı kümesi daha sonraki anket aşamasında hiyerarşik tablosundaki ölçütler ve sunulan veriler bakımından nitel ve nicel olarak değerlendirilmiştir.

Uzman değerlendirmesine altlık oluşturacak haritadaki katmanlarda İstanbul karayolu ağı, toplu taşıma sistemi ağı, aktarma merkezleri, İBB tarafından gerçekleştirilen 2006 yılı hane halkı başlangıç-son (O-D) yolculuk anketi verileri, "İstanbul Metropolitan Alanı Kentsel Entegre Ulaşım Ana Planı" trafik analiz bölgeleri verileri (nüfus, çalışan kişi, istihdam, öğrenci sayıları, hane halkı geliri, otomobil sahipliği), "İstanbul Genelinde Bisiklet Yolları ve Yaya Yollarının Etüd, Planlama, Projelendirilmesi ile Bölgesel Ulaşım ve Trafik Etüdlerinin Yapıtırılması" çalışmasından [45] alınan bisiklet yolları verileri, ayrıca eğitim analizi için çalışma alanına ait 5 m'lik eşyüksekti eğrileri kullanılmıştır. Çalışmada TransCAD ulaşım planlama yazılımı ve ArcGIS CBS yazılımları kullanılmıştır.

Değerlendirmede göz önünde bulundurulmuş kümelere ait sayısal veriler:

Nüfus, istihdam, çalışan kişi, öğrenci (ev), öğrenci (okul), gelir,

otomobil sahipliği, bisiklet yolu uzunluğu, park et-devam et otopark kapasitesi, yol kenarı otopark kapasitesi, sinyalizasyon kavşak sayısı, yoldaki uzun araç yüzdesi, hacim/kapasite oranları;

Değerlendirmede göz önünde bulundurulmuş kümelere ait görsel veriler:

Bisiklet yolları (ayırıcılı bisiklet yolu, ayırıcısız bisiklet yolu, bisiklet ve yaya ortak paylaşım yolu, bisikletli yaya yürüme yolu), bisiklet park alanı noktaları, toplu taşıma aktarma noktaları, bu noktadaki günlük ortalama indi-bindi yolcu sayıları büyüklükleri şeklindedir.

Şekil 2'de belirlenen ölçütlere göre oluşturulan bisiklet ağı kümelerine ait verilerin yer aldığı harita görülmektedir.

3.2 Hiyerarşik Yapının Oluşturulması

İstanbul Metropolitan Alanı genelinde uygun erişilebilirlik mesafeleri içinde toplu taşıma sistemi ile bütünleşik, belirli odaklar etrafında gelişen aşamalı bisiklet ağı kümelerinin önceliklendirilmesi amacıyla bir karar destek sistemi olarak AHY uygulanmıştır.



Şekil 2: Bisiklet ağı kümelerine ait verilerden oluşan sentez harita.

Değerlendirmede altlık teşkil edecek haritanın oluşturularak AHY uygulaması için ölçütler ve alt ölçütler belirlenmiştir. Ölçütler, ana ve alt olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. 6 ana ölçüt; kullanıcı karakteristikleri, yol karakteristikleri, trafik karakteristikleri, bisiklet yolu hizmet ve işletim karakteristikleri, toplu taşıma talebi ve aktarma kolaylığı, arazi kullanım karakteristikleri olarak belirlenmiştir.

26 adet alt ölçüt ise ana ölçütlerle ilişkili olacak şekilde belirlenmiştir. Kullanıcı karakteristiklerine ait alt ölçütler; sosyoekonomik durum (gelir ve otomobil sahipliği) ve çalışan/istihdam karakteristikleridir. Yol karakteristiklerine ait alt ölçütler; yol kademesi, eğim, kaplama türü, kaplama durumu, bisiklet şeridi bulunma durumu, sinyalizasyon kavşak sayısı, devamlılık ve doğrulanlıktır. Trafik karakteristiklerine ait alt ölçütler; yoldaki motorlu trafik hacmi, yoldaki ağır taşıt hacmi, araçlar için hız sınırı, trafik yavaşlatma uygulamaları, cadde üzeri araç parklanma durumu ve güvenlidir. Bisiklet yolu hizmet ve işletim karakteristiklerine ait alt ölçütler; yolculuk süresi, yolculuk maliyeti, bisiklet yolu yapım süresi ve bisiklet yolu yapım maliyetidir. Toplu taşıma talebi ve aktarma kolaylığına ait alt ölçütler; günlük toplu taşıma talebi, bisiklet park alanı olanağı ve bisiklet ile toplu taşıma aracına binme olanağıdır. Arazi kullanım karakteristiklerine ait alt ölçütler ise fonksiyonlara yakınlık (okul, üniversite, işyeri, rekreasyon alanı, vb.), kentin tarihi dokusuna uygunluk ile kent ve ulaşım planlarına uygunluktur.

Toplu taşıma aktarma merkezlerine 15 dakikalık yolculuk mesafesi etki alanındaki bölgelerin birleştirilmesiyle oluşturulan 14 adet bisiklet ağı kümesi belirlenen ölçütlere göre AHY ile uzmanlarca değerlendirilmiştir. Şekil 3'te toplu taşıma ile bütünleşik bisiklet ağı kümeleri önceliklendirme probleminin hiyerarşik yapısı görülmektedir. Hiyerarşik yapıda hedef, ana ölçütler, alt ölçütler ve seçenekler görülmektedir.

3.3 İkili Karşılaştırmalar

Uzmanların görüşlerinin alınması amacıyla bir anket düzenlenmiş ve bu anket, ulaşım planlaması konusunda uzman 42 kişiye uygulanmıştır. Anketin birinci bölümünde,

hedef açısından ölçütlerin ikili karşılaştırmalarının yapılarak ölçütlerin birbirlerine göre ağırlıklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Ankete katılan her uzmandan bu ölçütlerin her biri için ölçütün önem derecesini belirtecek şekilde 1,3,5,7,9 sayılarını (1: Eşit, 3: Biraz daha kuvvetli, 5: Kuvvetli, 7: Çok çok kuvvetli, 9: Aşırı derece kuvvetli) atamaları istenmiştir. Bu şekilde belirlenen bisiklet ağı kümelerinin önceliklendirilmesi sürecinde her ölçütün hangi önem düzeyine sahip olacağı belirlenmiştir.

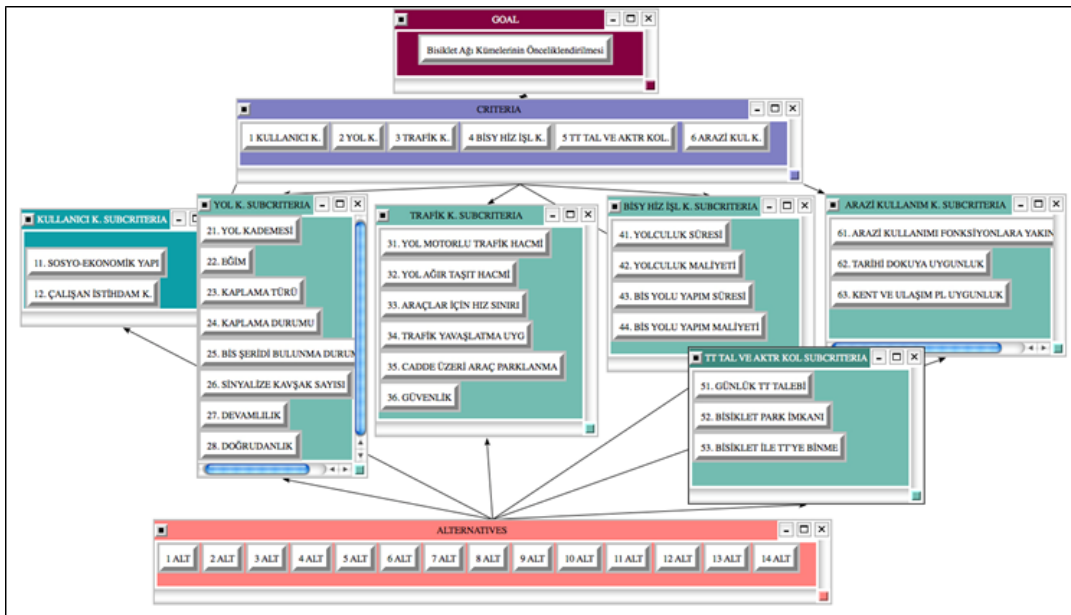
Anketin ikinci bölümünde ise ölçütler açısından alt ölçütlerin ikili karşılaştırmalarının yapılması istenmiştir. Buna göre yine uzmanlar tarafından 1,3,5,7,9 değerlerinin atanmasıyla her ölçüte ait alt ölçütlerin ölçüte göre ikili karşılaştırmaları yapılmış ve alt ölçütlerin önem dereceleri hesaplanmıştır. İkili karşılaştırmalara ait hesaplamalar "Super Decisions" paket programı kullanılarak yapılmıştır. Şekil 4'te ana ölçütler arasındaki ikili karşılaştırma matrisine ait tablo, Şekil 5'te ise bu programda oluşturulan hiyerarşik yapı görülmektedir. Paket program ile hesaplanan öz vektörler yardımıyla elde edilen süpermatris ağırlıklandırılmıştır.

Comparisons wrt "Bisiklet Ulaşım Ağı Kümelerinin Önceliklendirilmesi" node in "ÖLÇÜTLER" cluster					
2 YOL K. is 3.1028 times more important than 1 KULLANICI K.					
Inconsistency	2 YOL K. ~	3 TRAFİK K-	4 BİSY HİZ~	5 TT TAL V-	6 ARAZI KU~
1 KULLANICI~	↑ 3.1028	← 0	← 0	← 0	↑ 1.6111
2 YOL K. ~		↑ 1.147	← 0	← 0	← 0
3 TRAFİK K-			↑ 1.722	← 0	← 0
4 BİSY HİZ~				↑ 1.175	← 0
5 TT TAL V-					↑ 1.047

Şekil 4: Ana ölçütler arasında ikili karşılaştırmalar matrisi.

3.4 Önceliklerin Sentezi

Anketin üçüncü bölümünde "rating" yöntemi ile uzmanlardan alt ölçütler için seçeneklerin tercih edilme durumuna göre puanlanması istenmiştir. Puanlamada uzmanlar tarafından her alt ölçüte 1 ile 5 arasında bir sayı (1: Çok kötü, 2: Kötü, 3: Orta, 4: İyi, 5: Çok iyi) verilmiştir.



Şekil 5: Amaç, ölçüt ve seçeneklerin hiyerarşik yapıda gösterilmesi.

Tablo 3'te ölçüt ve alt ölçütlere ait hesaplanan yerel ve global ağırlıklar görülmektedir. Ölçütlerin ağırlıkları incelendiğinde bisiklet yolu hizmet ve işletme karakteristikleri ölçütü en fazla ağırlığa sahip olmuştur. Bu ölçütü toplu taşıma talebi ve aktarma kolaylığı ile trafik karakteristikleri ölçütleri takip etmektedir. İlk sırada yer alan bisiklet yolu hizmet ve işletme karakteristikleri ölçütüne göre yapılan ikili karşılaştırmalarda yer alan alt ölçütlerden en fazla ağırlığa yolculuk süresi sahip olmuştur.

Tablo 4'te seçeneklere ait puan sonuçları verilmiştir. İlk üç sırada 11, 12 ve 5 no.lu kümelerin bulunduğu seçenекler yer almakta olup bu kümelerin öncelikli kabul edilip sıralamada yer alan diğer seçeneklerin bunları takip etmesi beklenmektedir. Kent genelinde oluşturulacak bisiklet ulaşım ağı bu ölçüt ve alt ölçütlere bağlı olarak hesaplanan puanlara göre sistematik bir biçimde gerçekleştirilebilecektir.

4 Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada sürdürülebilir ulaşım türlerinden bisiklet ulaşımı politika ve planlama açısından irdelenmiş, İstanbul metropoliten alanı için toplu taşıma aktarma noktalarını

merkez alan bisiklet ağı kümelerinin önceliklendirilmesi üzerine bir karar destek yöntemi olan AHY kullanılmıştır. Yapılan analizler ve analizlerin yorumlanması sonucunda belirli odaklar etrafında gelişen bisiklet ağı uygulamasının kent içinde hangi aşamalarla gerçekleştirilmesi gerektiğini gösteren bir çözüm oluşturulmuştur. Analiz sonucunda ölçütlerden bisiklet yolu hizmet ve işletme karakteristikleri ölçütünün ve bu ölçüte bağlı alt ölçütlerden yolculuk süresinin diğerlerine oranla daha fazla öneme sahip olduğu görülmüştür. Model kapsamında oluşturulan Şekil 2'de görülen toplu taşıma ile bütünleşik bisiklet ağı kümeleri önceliklendirildiğinde kent genelinde oluşturulacak bisiklet ağının Asya yakasındaki 11 ve 12 no.lu kümelerden başlayarak Avrupa yakasındaki 5 no.lu küme ile devam ederek Asya yakasında yine aynı eksen üzerindeki 13 no.lu kümeyi de içine alarak yayılması öngörülmektedir. Asya yakasında Üsküdar, Kadıköy, Maltepe ve Kartal eksenini boyunca, Avrupa yakasında ise Zeytinburnu, Bakırköy ve Avcılar eksenini boyunca ağ gelişiminin gerçekleşmesi beklenmektedir. Bu kümeleri Sarıyer eksenini ve her iki yakada diğer kümelerden bağımsız bulunan ağ kümeleri takip etmektedir.

Tablo 3: Ölçüt ve alt ölçütlere ait ağırlıklar.

Ölçütler	Yerel Ağırlıklar	Alt Ölçütler	Yerel Ağırlıklar	Global Ağırlıklar
1 KULLANICI K.	0.0768	11 SOSYO-EKONOMİK YAPI	0.607	0.047
		12 ÇALIŞAN İSTİHDAM K.	0.393	0.030
		21 YOL KADEMESİ	0.083	0.015
		22 EĞİTİM	0.181	0.033
		23 KAPLAMA TÜRÜ	0.045	0.008
		24 KAPLAMA DURUMU	0.068	0.013
		25 BİS ŞERİDİ BULUNMA DURUMU	0.285	0.052
2 YOL K.	0.1843	26 SİNYALİZE KAVŞAK SAYISI	0.072	0.013
		27 DEVAMLILIK	0.192	0.035
		28 DOĞRUDANLIK	0.075	0.014
		31 YOL MOTORLU TRAFİK HACMİ	0.231	0.038
		32 YOL AĞIR TAŞIT HACMİ	0.147	0.024
		33 ARAÇLAR İÇİN HIZ SINIRI	0.098	0.016
		34 TRAFİK YAVAŞLATMA UYG	0.098	0.016
3 TRAFİK K.	0.1634	35 CADDE ÜZERİ ARAÇ PARKLANMA	0.167	0.027
		36 GÜVENLİK	0.260	0.043
		41 YOLCULUK SÜRESİ	0.373	0.081
		42 YOLCULUK MALİYETİ	0.179	0.039
4 BİSY HİZ İŞL K.	0.2177	43 BİS YOLU YAPIM SÜRESİ	0.243	0.053
		44 BİS YOLU YAPIM MALİYETİ	0.205	0.045
		51 GÜNLÜK TT TALEBİ	0.318	0.063
5 TT TAL VE AKTR KOL.	0.1978	52 BİSİKLET PARK İMKANI	0.318	0.063
		53 BİSİKLET İLE TT'YE BİNME	0.365	0.072
		61 FONKSİYONLARA YAKINLIK	0.448	0.072
6 ARAZİ KUL K.	0.1601	62 TARİHİ DOKUYA UYGUNLUK	0.172	0.028
		63 KENT VE ULAŞIM PL UYGUNLUK	0.380	0.061

Tablo 4: Seçeneklere ait puanlar.

Seçenekler	Puan
SEÇENEK 11	3.4085
SEÇENEK 12	3.4033
SEÇENEK 5	3.3590
SEÇENEK 13	3.2861
SEÇENEK 6	3.2835
SEÇENEK 1	3.2382
SEÇENEK 9	3.1760
SEÇENEK 14	3.1534
SEÇENEK 8	3.1440
SEÇENEK 2	2.9746
SEÇENEK 10	2.9438
SEÇENEK 3	2.9333
SEÇENEK 7	2.8772
SEÇENEK 4	2.8240

Sıralama incelendiğinde her iki yakada da sahil boyunca doğrusal olarak belirli bir aks boyunca uzanan öneri bisiklet yollarının ve daha düzenli bir yol hiyerarşisine ve eğimin düşük olduğu ulaşım akslarına sahip olan, denizyolu ulaşım türünün kullanılabilirdiği ve türlerarası entegrasyonun daha kolay sağlanabildiği kümelerin önceliklendirildiği göze çarpmaktadır. Önceliklendirmede son sıralarda yer alan kümeler ise kent içinde arazi kullanım yapısının daha düzensiz özellik gösterdiği ticaret, depo, sanayi, kullanımlarının yüksek yoğunluklu konut alanları ile birlikte yoğunlaştığı, buna karşın toplu taşıma sisteminin yeterli olmadığı, dar yolların ve yüksek yol eğimlerinin sıkça gözlemlendiği, D-100 ve TEM gibi yüksek yoğunluktaki 1. derece ve otoyol özelliği gösteren yolların kestiği, ana akslar üzerinde yol kapasitelerinin düştüğü ve darboğazların oluştuğu, kontrolsüz hemzemin kavşakların yer aldığı Bayrampaşa, Esenler, Güngören, Gaziosmanpaşa ve Sultangazi ilçeleri olmuştur.

Yapılan uygulama, AHY çerçevesinde esnekliğe sahip olup girdilerin değiştirilmesi veya yeni seçeneklerin eklenmesi durumunda tekrarlanması mümkündür. İleriye dönük öngörüler sağlanması açısından, analizlerde kullanılan verilerin güncelliğinin artırılması, ayrıca kentin yapılaşma ve nüfus artışına paralel olarak sosyoekonomik ve ulaşımaya yönelik verilerinin yeniden yapılandırılması gerekmektedir. Bu konuda daha sonra yapılacak çalışmalar kapsamında ölçütlerin ağırlıklandırma ve puanlama işlemi uzman grubun dışında karar vericilerin, uygulayıcıların ve sivil otoritenin de görüşleri alınarak genişletilebilir. Ölçüt ağırlıklarının ve puanlama analizlerinin sağlıklı olarak belirlenmesi amacıyla farklı grupların değerlendirmelerinin ayrı ayrı yapıp sonradan bir araya getirilmesiyle genel bir ölçüt ağırlıklandırma süreci de izlenebilir

5 Açıklama

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ulaştırma Mühendisliği Doktora Programında tamamlanmış olan "Analitik Hiyerarşi Yöntemi Kullanılarak İstanbul Metropolitan Alanında Toplu Taşıma ile Bütünleşik Bisiklet Ağı Kümelerinin Önceliklendirilmesi" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır.

6 Kaynaklar

- [1] Stringer P, Wenzel H. *Transportation Planning for a Better Environment*. 1st ed. NATO Scientific Affairs Division by NATO conference series II, Systems science, New York, USA, Plenum Press, 1976.
- [2] Gakenheimer RA. *The automobile and the environment: An international perspective*. Cambridge, Mass., USA, MIT Press, 1978.
- [3] Newman P, Kenworthy J. *Sustainability and cities: Overcoming automobile dependence*. Washington, D.C., USA, Island Press, 1999.
- [4] World Commission on Environment and Development. "From One Earth to One World: An Overview". Oxford University Press, 1987.
- [5] Crawford JH. *Carfree Cities*. Utrecht, Holland, International Books, 2002.
- [6] World Economic Forum (WEF). "Sustainable Transportation Ecosystem: Addressing Sustainability from an Integrated Systems Perspective". 2012.
- [7] Crass M, Miyake M. *National Policies to Promote Cycling*. Paris, France, European Conference of Ministers of Transport, 2004.
- [8] Reichardt T. "Mehrkriterielle Entscheidungen mit dem AHP-Verfahren". *Seminar zur Allgemeinen Betriebswirtschaftslehre*, Halle (Saale), Deutschland, 2003.
- [9] Saaty T. *Decision Making for Leaders*. 1999/2000 Edition. Pittsburgh, USA, RWS Publications, 2000.
- [10] Albayrak C, Albayrak E. "Kredi Taleplerinin Değerlendirilmesinde Analitik Hiyerarşi Yönteminin Kullanılması". *I. Sistem Mühendisliği ve Savunma Uygulamaları Sempozyumu-Bildiriler-I*. 1995.
- [11] Starr MK, Zeleny M. *MCDM: State and Future of the Arts*. Editors: Starr MK, Zeleny M. Multiple Criteria Decision Making, 5-29, Amsterdam, North-Holland, 1977.
- [12] Malczewski J. *GIS and Multicriteria Decision Analysis*, New York, USA, John Wiley and Sons Inc., 1999.
- [13] Massam BH. *Spatial Search*. Oxford, USA, Pergamon Press, 1980.
- [14] Saaty TL. *The Analytic Hierarchy Process*, New York, USA, McGraw-Hill, 1980.
- [15] Doumpos M, Zopounidis C. "Multicriteria Classification and Sorting Methods: A Literature Review", *European Journal of Operational Research*, 138(2), 229-246, 2002.
- [16] Gökalp B, Soylu B. "Tedarikçinin Süreçlerini İyileştirme Amaçlı Tedarikçi Seçim Problemi", *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 23(1), 4-15, 2011.
- [17] Saaty, T. *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory*. Pittsburgh, USA, RWS Publications, 2000.
- [18] Crawford GB. "The Geometric Mean Procedure for Estimating the Scale of a Judgment Matrix". *Mathematical Modelling*, 9(3-5), 327-334, 1987.
- [19] Weiss EN. "Using the Analytic Hierarchy Process in a Dynamic Environment". *Mathematical Modelling*, 9(3-5), 285-292, 1987.

- [20] Saaty TL. *The Analytic Hierarchy Process*, Pittsburg, USA, RWS Publications, 1990.
- [21] Ho W. "Integrated Analytic Hierarchy Process and its Applications- A Literature Review". *European Journal of Operational Research*, 186(1), 211-228, 2008.
- [22] Bayraktar D, Gözlü S. *Tekstil İmalat Firmalarında Teknoloji Seçimi için Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı*. Maçka-İstanbul, İTÜ İşletme Fakültesi, 1997.
- [23] Vargas LG. "An Overview of the Analytic Hierarchy Process and Its Applications". *European Journal of Operational Research*, 48(1), 2-8, 1990.
- [24] Zahedi F. "A Utility Approach to the Analytic Hierarchy Process". *Mathematical Modelling*, 9(3-5), 387-395, 1987.
- [25] Pogarcic I, Francic M, Davidovic V. "Application of AHP Method in Traffic Planning". *Proceedings of 16th International Symposium on Electronics in Transport*, Ljubljana, Slovenia, 9-10 October 2008.
- [26] Saaty TL. "How to Make a Decision: The Analytical Hierarchy Process". *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9-26, 1990.
- [27] Kuruüzüm, A., "Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları". *Akdeniz Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(1), Antalya, 2001.
- [28] Güngör İ, İşler B. "Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı ile Otomobil Seçimi". *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(2), Zonguldak, 2005.
- [29] Özyörük B, Özcan EC. "Analitik Hiyerarşi Sürecinin Tedarikçi Seçiminde Uygulanması: Otomotiv Sektöründen Bir Örnek". *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*; 13(1), 133-144, 2008.
- [30] Shrestha RK, Alavalapati JRR, Kalmbacher RS. "Exploring the Potential for Silvopasture Adoption in South-Central Florida: An Application of SWOT-AHP Method". *Agricultural Systems*, 81(3), 185-199, 2004.
- [31] Saaty TL. "Transport Planning with Multiple Criteria: The Analytic Hierarchy Process Applications and Progress Review". *Journal of Advanced Transportation*, 29(1), 81-126, 1995.
- [32] Yedla S, Shrestha RM. *Application of Analytic Hierarchy Process to Prioritize Urban Transport Options-Comparative Analysis of Group Aggregation Methods*. Mumbai, India, Indira Gandhi Institute of Development Research, 2007.
- [33] Akad M, Gedizlioğlu E. "Toplu Taşıma Türü Seçiminde Simülasyon Destekli Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı". *İTÜ Dergisi*, 6(1), 88-98, 2007.
- [34] 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*, 9(2), 2006.
- [35] Gerçek H, Karpak B, Kılınçaslan T. "A Multiple Criteria Approach for the Evaluation of the Rail Transit Networks in Istanbul". *Transportation*, 31(11), 203-228, 2004.
- [36] Ludin A, Latip S. *Using Multi-Criteria Analysis to Identify Suitable Light Rail Transit Route*. Bangkok, Thailand, Map Asia GeolCT for Good Governance, 2006.
- [37] Piantanakulchai M, Saengkhaio N. "Evaluation of Alternatives in Transportation Planning Using Multi-Stakeholders Multi-Objectives AHP Modeling". *Proceedings of Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 4 October 2003.
- [38] Sadasivuni R, O'Hara CG, Dumas J. "Rating the Sustainability of Transportation Investments: Corridors as a Case Study". *ASPRS Annual Conference*, Baltimore, Maryland, 2009.
- [39] Nassi CD, Costa FC. "Use of the Analytic Hierarchy Process to Evaluate Transit Fare System". *Research in Transportation Economics*, 36(1), 50-62, 2012.
- [40] Duleba SZ, Mishina T, Shimazaki J. "An Analysis of the Public Transport's Supply Quality by Using the Analytic Hierarchy Process". *JOMSA Conference Papers*, Osaka, Japan, 2010.
- [41] Khasnabis S, Chaudhury B. "Prioritizing Transit Markets Using Analytic Hierarchy Process". *Journal of Transportation Engineering*, 120(1), 74-93, 1994.
- [42] Banai-Kashani R. "Discrete Mode-Choice Analysis of Urban Travel Demand by the Analytic Hierarchy Process". *Transportation*, 16(1), 81-96, 1989.
- [43] Chan WT, Suja T. "A Multi-Criteria Approach in Designing Bicycle Tracks". *Map Asia Conference*, Kuala Lumpur, Malaysia, 2003.
- [44] Rybarczyk G, Wu C. "Bicycle Facility Planning Using GIS and Multi-Criteria Decision Analysis". *Applied Geography*, 30(2), 282-293, 2010.
- [45] İstanbul Büyükşehir Belediyesi. "İstanbul Genelinde Bisiklet Yolları ve Yaya Yollarının Etüd, Planlama, Projelendirilmesi ile Bölgesel Ulaşım ve Trafik Etüdlerinin Yaptırılması". Bimtaş, İstanbul, Türkiye, 2006.