

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANA BİLİM DALI
İŞLETME YÖNETİMİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**AKILLI ŞEHİR SEÇİM
KRİTERLERİNİN ANP YÖNTEMİ
İLE ÖNCELİKLERİNİN
BELİRLENMESİ VE BİR UYGULAMA**

**GÖKAN ÖZKAYA
15713055**

**TEZ DANIŞMANI
Yrd. Doç. Dr. AYŞE DEMİRHAN**

**İSTANBUL
2017**

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANA BİLİM DALI
İŞLETME YÖNETİMİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKILLI ŞEHİR SEÇİM
KRİTERLERİNİN ANP YÖNTEMİ
İLE ÖNCELİKLERİNİN
BELİRLENMESİ VE BİR UYGULAMA

GÖKAN ÖZKAYA
15713055

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih:28.06.2017

Tezin Savunulduğu Tarih:12.07.2017

Tez Oy Birliği / ~~Oy Çokluğu~~ ile Başarılı Bulunmuştur

	Unvan Ad Soyad
Tez Danışmanı	: Yard. Doç. Dr. Ayşe DEMİRHAN
Jüri Üyeleri	: Doç. Dr. Ceren ERDİN GÜNDOĞDU
	Doç. Dr. Altan DOĞAN

İmza



İSTANBUL
HAZİRAN, 2017

ÖZ

AKILLI ŞEHİR SEÇİM KRİTERLERİNİN ANP YÖNTEMİ İLE ÖNCELİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE BİR UYGULAMA

Gökân Özkaya

Haziran, 2017

Bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT) altyapısından dolayı akıllı şehir olarak nitelendirilen dijital şehirlerle literatürdeki akıllı şehir tanımlamaları arasındaki temel farklar; geleneksel bölge teorisi ve şehir büyüme/gelişimi neoklasik teorisinin boyutlarıyla bağlantılı olarak bölgesel rekabet edebilirlik, ulaşım ve BİT ekonomisi, doğal kaynaklar, beşeri ve sosyal sermaye, yaşam kalitesi ve vatandaşların şehirlerin yönetimine katılım teorilerine dayanan altı karakter olarak değerlendirilmektedir. Değerlendirmelerde, bu karakterlerin elemanları olan üniversite, endüstri, yönetim ve sivil toplumun oluşturduğu karmaşık bir şehir ortamının olduğu varsayılmaktadır. İlk uygulamalarda genellikle, şehirler aynı kriter veya gösterge açısından birbirlerine göre göreceli önemleriyle karşılaştırılmakta ve gruplandırılmaktadır. Ancak bu durumda kriterlerin karşılıklı etkileşimleri dikkate alınmamaktadır. Daha sonra çok kriterli karar verme paradigmasıyla, farklı disiplinlerden oluşan odak grup tarafından 5 karakterli bir Analitik Ağ Süreci (ANP) tasarlanmıştır. ANP, akıllı şehir çalışmalarında sıkça kullanılan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemindeki hiyerarşik bir yapının aksine örümcek ağına benzer bir yapı analiziyle aralarında doğrudan bağlantı bulunmayan kriterler arasındaki geri bildirimleri de mümkün kılmaktadır. Araştırmada; 6 karakter, 30 alt kriterle kriterlerin kapsamını oluşturan ve uzmanların ikili karşılaştırma matrisindeki subjektif değerlendirmelerinde yararlandığı nicel verilerden oluşan 74 gösterge Avrupa Akıllı Şehirler Değerlendirme Raporu'ndan alınacaktır. Literatürde 5 karakterli ANP tasarımı mevcutken, araştırmamızda akıllı şehir 6 karakterle ve daha fazla içsel ve dışsal bağımlılığın olduğu ağ ilişkisiyle değerlendirilecektir. İkili karşılaştırma matrislerinde ise ortak grup kararı için geometrik ortalama yöntemi kullanılacaktır. Super Decisions programıyla ANP tasarımı ve analizi yapılarak, kriterlerin öncelik oranları ve sıralamaları elde edilecektir. Araştırma, küresel düzeyde bilimsel olarak dikkate alınan akıllı şehir kriterleri, değerlendirme yöntemi ve verileriyle bölge, şehir veya ülke yöneticilerine akıllı şehir kriterlerinin önem derecelerini, öncelikli yatırım yapmaları gereken alanları, göstergelerdeki nicel verilerle kendilerini rakipleriyle tüm boyutlarıyla karşılaştırarak hangi kritere hangi şehirden benchmarking yapabileceğini görme imkanı sunacaktır. Sonraki araştırmalarda, ANP tasarımı ve gösterge verilerinin TOPSIS, VIKOR, MOORA gibi yöntemlerle analiz edilmesiyle şehirlerin, bölgelerin akıllılık karşılaştırması, sıralanması için hibrit yöntemlerin oluşturulması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Şehir, Kentsel Gelişim, Çok Kriterli Karar Verme, Analitik Ağ Süreci (ANP), Yenilikçilik

ABSTRACT

DETERMINATION OF PRIORITIES OF SMART CITY SELECTION CRITERIA BY ANP METHOD AND AN APPLICATION

Gökan Özkaya

June, 2017

The main differences between smart city defined in the literature and digital cities described as smart cities due to their information and communication technologies (ICT) infrastructure are six characters based on regional competitiveness, transportation and ICT economics, natural resources, humanities and social capital, life quality and citizens management participation theories related to the dimensions of traditional regional theory and urban growth/development neoclassical theory. There is a complex urban environment created by university, industry, government and civil society. In the first applications, cities are generally compared and grouped by the relative importance of the same criterion or indicator to each other. However, the interactions of the criteria are not considered. Then, with a multicriteria decision-making paradigm, 5-character ANP was designed by the focus group of different disciplines. ANP allows feedback between unconnected criteria, as opposed to AHP which is often used in smart city studies. 6 characters, 30 sub-criteria, and 74 indicators which consist of quantitative datas that experts use in subjective evaluations in the pairwise comparison matrix, will be taken from the European Smart Cities Evaluation Report. Although the literature has 5 characters ANP, the research will have 6 characters ANP and more internal and external dependency network relation. Geometric mean will be used for common group decision. ANP will be performed with the Super Decisions program, and the priority ratios and criterion rankings will be obtained. By using scientifically smart city criteria and quantitative indicators at the global level will allow city managers to compare themselves with all their dimensions to their opponents. They can see which city they can benchmark or the areas required to invest in priority. In later studies, it is aimed to create hybrid methods for comparison and ranking cities' smartness by ANP structure and analyzing the indicators with TOPSIS, VIKOR, MOORA methods.

Key Words: Smart City, Urban Development, Multi-Criteria Decision Making, Analytic Network Process (ANP), Innovation

ÖNSÖZ

Çalışmamda emeği geçen tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Ayşe Demirhan'a ve desteklerini esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Ceren Erdin Gündoğdu'ya teşekkürlerimi sunarım.

İstanbul; Haziran, 2017

Gökan Özkaya

İÇİNDEKİLER

ÖZ	iii
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ	iv
İÇİNDEKİLER	v
TABLolar LİSTESİ	xx
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KARAR VERME KAVRAMI VE TEMELLERİ	4
2.1. Yönetim Ve Karar Verme İlişkisi.....	4
2.2. Problem Çözme Ve Karar Verme İlişkisi.....	5
2.3. Karar Türleri.....	7
2.3.1. Belirsizlik Durumunda Karar Kriterleri.....	9
2.3.1.1. Eş Olasılık (Laplace) Ölçütü.....	9
2.3.1.2. Kötümserlik (Wald - Maksimin) Ölçütü.....	9
2.3.1.3. Minimaks (Savage) Pişmanlık Ölçütü.....	9
2.3.1.4. İyimserlik (Plunger- Maksimaks) Ölçütü.....	9
2.3.1.5. Hurwicz Ölçütü.....	10
2.3.2. Çok Kriterli Karar Verme.....	10
2.3.3. Çok Nitelikli Karar Verme.....	12
2.3.3.1. Çok Nitelikli Karar Vermenin Tarihçesi.....	14
2.3.3.2. Çok Nitelikli Karar Verme Yöntemlerinin Ortak Özellikleri	16
2.3.3.2.1. Alternatifler.....	16
2.3.3.2.2. Çok Nitelikli Olma.....	16
2.3.3.2.3. Nitelikler Arasında Uyumsuzluk.....	17

2.3.3.2.4.Bağdaşmayan Birimler.....	17
2.3.3.2.5.Karar Ağırlıkları.....	17
2.3.3.2.6.Karar Matrisi.....	17
2.4. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP).....	18
2.4.1. AHP'nin 3 Prensibi.....	20
2.4.1.1. Ayrıştırma Prensibi.....	20
2.4.1.2.Karşılaştırmalı Karar Verme Prensibi.....	20
2.4.1.3. Önceliklerin Bir Araya Getirilmesi Prensibi.....	21
2.4.2. AHP'nin Aksiyomları.....	21
2.4.2.1. Karşılıklı Aksiyomu.....	21
2.4.2.2. Homojenlik Aksiyomu.....	21
2.4.2.3. Bağımsız Olma Aksiyomu.....	22
2.4.2.4.Beklentiler Aksiyomu.....	22
2.4.3.AHP'nin Aşamaları.....	23
2.4.3.1. Hiyerarşinin Yapılandırılması.....	23
2.4.3.2. Pozitif Karşılıklı İkili Karşılaştırma Matrisi.....	23
2.4.3.3. AHP Tercih Ölçeği.....	26
2.4.3.4. Grup Kararı Alma.....	26
2.4.3.5. Tutarlılık.....	27
2.4.3.6. Öncelik Vektörü.....	30
2.4.3.7. Duyarlılık Analizi.....	30
2.5.Analitik Ağ Süreci (ANP).....	31
2.5.1. ANP'nin AHP'den Yapısal Farklılıkları.....	31
2.5.1.1. Bağımlılık.....	33
2.5.1.2. Süpermatris.....	33
2.5.1.3. En İyi Alternatifin Seçilmesi.....	36
2.5.2. ANP Uygulamaları.....	36

3. AKILLI ŞEHİR KAVRAMI, SEÇİM KRİTERLERİ.....	38
3.1. Akıllı Şehir Kavramının Gerekliliği.....	38
3.1.1. Akıllı Şehir Üzerine Çeşitli Tartışmalar.....	39
3.1.2. Akıllı Şehir Tanımları.....	41
3.2. Akıllı Şehrin Bileşenleri ve Boyutları.....	44
3.2.1. Akıllı Şehrin Bileşenleri ve İlgili Yönleri.....	45
3.2.2. Akıllı Şehrin Boyutları.....	45
3.3. Akıllı Şehir Performans Ölçümü Uygulamaları.....	48
4. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİ ANP İLE AKILLI ŞEHİR KRİTERLERİNİN ÖNCELİKLERİNİN BELİRLENMESİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA.....	54
4.1. Araştırmanın Amacı.....	54
4.2. Araştırmanın Önemi.....	54
4.3. Araştırmanın Kapsamı.....	55
4.4. Araştırmanın Sınırlılığı.....	55
4.5. Araştırmanın Veri Kaynakları.....	56
4.6. Araştırmada Kullanılan Yöntem.....	56
4.7. Problem ANP Tasarımı.....	57
4.8. Problem Kriterleri ve Tanımları.....	57
4.8.1. Akıllı Ekonomi.....	57
4.8.2. Akıllı İnsanlar (Sosyal ve Beşeri Sermaye).....	59
4.8.3. Akıllı Yönetim (Katılım).....	60
4.8.4. Akıllı Hareketlilik (Ulaşım ve Bilgi Teknolojileri).....	61
4.8.5. Akıllı Çevre (Doğal Kaynaklar).....	62
4.8.6. Akıllı Yaşam (Yaşam Kalitesi).....	63
4.9. ANP ile Akıllı Şehir Problemin Analizi.....	64

4.10. Analik Ağ Süreci (ANP)'ye Göre Kriterlerin Önceliklerinin Değerlendirilmesi.....	65
5. SONUÇ.....	71
KAYNAKÇA	77
ÖZ GEÇMİŞ.....	94

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Ortalama Rastgele İndeksi (RI)	28
Tablo 2: Akıllı Şehrin Bileşenleri ve İlgili Yönleri	43
Tablo 3: Akıllı Şehrin Boyutları	44

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Problem Çözme ve Karar Verme İlişkisi.....	7
Şekil 2: Çok Kriterli Karar Problemlerinin Sınıflaması.....	11
Şekil 3: Çok Kriterli Karar Analizi İçin Bir Çerçeve.....	12
Şekil 4: Çok Nitelikli Karar Verme Hiyerarşik Sistemi	13
Şekil 5: Tipik Bir Karar Matrisi	18
Şekil 6: İkili Karşılaştırma Matrisinin Yapısı	24
Şekil 7: İkili Karşılaştırma Ölçeği.....	26
Şekil 8: ANP Yapısı.....	31
Şekil 9: Standart Bir Süpermatris.....	33
Şekil 10: Üç Aşamalı Hiyerarşide Süpermatris	33
Şekil 11: Hiyerarşi (a) ve Ağ (b).....	34
Şekil 12: Problem ANP Yapısı	54
Şekil 13: İkili Karşılaştırma Matrisi.....	61
Şekil 14: Akıllı Şehir Boyutlarının Öncelik Değerleri – ANP.....	62
Şekil 15: Akıllı Yaşam Kriterlerinin Öncelik Değerleri – ANP	62
Şekil 16: Akıllı Yönetim (Katılım) Kriterlerinin Öncelik Değerleri – ANP	63
Şekil 17: Akıllı Çevre (Doğal Kaynaklar) Kriterlerinin Öncelik Değerleri – ANP... 63	
Şekil 18: Akıllı Ekonomi (Rekabetçilik) Kriterlerinin Öncelik Değerleri – ANP.....	64
Şekil 19: Akıllı Hareketlilik Kriterlerinin Öncelik Değerleri – ANP	64
Şekil 20: Akıllı İnsanlar Kriterlerinin Öncelik Değerleri – ANP	65
Şekil 21: Akıllı Şehir Kriterlerinin Öncelik Değerleri – ANP	66

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
AHP	: Analytic Hierarchy Process
AIJ	: Aggregating Individual Judgements (Birleştiren Bireysel Hükümler)
AIP	: Aggregation of Individual Priorities (Toplu Bireysel Öncelikler)
ANP	: Analytic Network Process
BM	: Birleşmiş Milletler
BİT	: Bilgi ve İletişim Teknolojileri
CI	: Consistency Index
CM	: Consistency Measure
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
ÇNKV	: Çok Nitelikli Karar Verme
ELECTRE	: Elimination and Choice Translating Reality
FMOLP	: Fuzzy Multiple Objectives Linear Programming
ICT	: Information and Communication Technologies
ICLEI	: Uluslararası Sürdürülebilirlik İçin Yerel Yönetimler Ağı
RI	: Random Index
SET- Plan	: Stratejik Enerji Teknolojisi Planı
TOPSIS	: İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Sıralama Performansı Tekniği

1. GİRİŞ

Akıllı şehir kavramının öneminin anlaşılması için şehirlerin günümüzde ve gelecekte ekonomi, sosyal hayat ve çevre üzerindeki etkilerinin bilinmesi gerekmektedir. Dünya nüfusunun yarısı şehirlerde yaşarken, uzmanlar tarafından bu sayının 21. yüzyılın ortalarında yüzde yetmişlere ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu sayılar, Türkiye'nin de arasında bulunduğu Avrupa'da dahada yüksektir. Avrupa'da her beş bireyden dördü şehirlerde yaşarken Avrupa'da şehirli nüfusun diğer kıtalara göre daha hızlı arttığı ifade edilmektedir. Günümüzde, farklı kıtalarda bulunan birçok ülkede nüfusu yirmi milyonu aşan şehirler mevcuttur. Nüfusların şehirlerde yoğunlaşması, doğal kaynak tüketimi, enerji tüketiminde artış, çevre kirliliği gibi olumsuz etkiler yaratmaktadır. Şehirler dünya genelinde kaynakların dörtte üçünü kullanarak çevre kirliliğinin, sera gazının en önemli sorumlusudur. Diğer taraftan da, şehirler ülkelerinin ekonomik gelişimine önemli katkıda bulunmaktadır. Dolayısıyla, mevcut sistem ülke ve şehir yöneticilerini yeni politikalar ve stratejiler üretmeye zorlamaktadır.

Dünya genelinde, metropoller başta olmak üzere tüm şehirlerde yöneticiler kaliteli ulaşım ağlarını, BİT donanımlı şehir hizmetlerini şehir gelişiminin ve büyümesinin en önemli unsurları olarak değerlendirmektedirler. Bu çabalarıyla, ülke ve şehirlerinin ekonomilerine sürdürülebilir çözümler üretmişlerdir. Diğer şehirlerden altyapılarıyla, hizmetleriyle pozitif yönde ayrışmaları şehirlerin marka değerini ve imajlarına da olumlu katkıda bulunmuştur. Yöneticiler şehirlerinin rakip şehir diye nitelendirdikleri şehirlere göre öne çıkan özelliklerini şehirlerinin prestij kaynağı yani bir etiketi olarak kullanmaktadırlar.

Bu gelişmeler çerçevesinde, akıllı şehir kavramı 1990'larda ortaya atılmasına rağmen şehirlerde 2000'li yılların başından itibaren bilgi ve iletişim teknolojilerinin günlük hayatta yoğun olarak kullanılmasıyla beraber bilimsel çalışmalarda, ülke strateji ve politikalarında farklı paradigmalara değerlendirilmeye başlanmıştır. Bir şehrin akıllılığını kapsayan uzmanlar tarafından üzerinde uzlaşmış bir taslak yoktur. Literatürde farklı boyutlar ve göstergelerle bir şehrin akıllılığı ölçülmeye

çalışılmaktadır. İlk akıllı şehir değerlendirme çalışmaları, daha çok teknoloji tabanlı şehirleri ön plana çıkarmayı amaçlamaktadır. Birbirine sensörlerle entegre olan çok sayıda teknolojik cihazların ve sistemin olduğu evlerin, binaların akıllı olarak değerlendirilmesi de bu konuda önemli bir etmendir. Araştırmacılar daha sonraki çalışmalarda, akıllı şehirlerin daha çok boyutu kapsayan, şehir gelişiminde sosyal sermaye ve şehir sakinleri arasındaki ilişkilere önem veren, yönetim merkezli çerçevede değerlendirilmesi gerektiğini ve akıllı şehir tanımının arkasına gizlenmiş unsurları ortaya çıkarmayı amaçlamışlardır.

Akıllı şehir kavramı, popüler bir politika terimi olmaktan çıkarak hükümet ve yerel yöneticiler için sürdürülebilir kalkınma, çevre, ekonomik büyüme, yaşam kalitesi boyutlarında değerlendirilmesi gereken ve bu doğrultuda politika ve program oluşturulması gereken bir kavram olmuştur. Akıllı şehir bu boyutlarıyla tanımlandığında, BİT altyapısına sahip olduğu için akıllı şehir olarak değerlendirilen dijital şehirler veya bilge şehirler gibi tanımlarla akıllı şehir terimi arasındaki farklar ortaya konmuştur. Bu doğrultuda, yönetim, üniversite, endüstri ve sivil toplumu kapsayan geniş bir çerçevede değerlendirme gerekliliği ortaya konmuştur.

Literatürde, akıllı şehir değerlendirmelerinde genel olarak aynı kriter için şehirlerin birbirlerine göre kıyaslamaları yapılarak karşılaştırma yapılan şehirler tüm kriterlerde en yüksek puandan en düşük puana doğru sıralanmaktadır. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV)'den ise Analitik Hiyerarşi Süresi (AHP) en çok kullanılan metottur. AHP hiyerarşik yapısı gereği aynı boyut altındaki kriterler veya göstergeler arasındaki etkileşimleri değerlendirmeye alırken, farklı boyutlar ve seviyeler arasındaki etkileşimleri almaması nedeniyle değerlendirmelerde yetersiz kalmaktadır. Bunun yanı sıra şehirleri beş boyutta inceleyen bir Analitik Ağ Süreci (ANP) taslağı ortaya konmuştur. ANP yöntemi, AHP yöntemi üzerine kurulan ve küme içi iç bağımlılığa (etkileşime) ve kümeler arası dış bağımlılığa izin vermektedir. Bu yönüyle farklı kümeler içerisinde yer alan kriterlerinde birbirlerine doğrudan veya dolaylı etkileşimlerine izin vermektedir. Bu yönüyle de ANP, AHP'ye göre daha güvenilir ve etkili sonuç vermektedir. Tasarlanan bu ANP yapısında etkileşimler genelde tek yönlü ve boyutların altında yer alan kriter sayısı oldukça az sayıda seçilerek sadece örnek bir sonuç gösterilmesi amaçlanmıştır. Analitik Ağ Süreci (ANP)'nin kullanımı ÇKKV yöntemleri arasında oldukça popülerdir. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)'nin iç ve dış bağımlılıklar konusundaki eksikleri gidermesi nedeniyle sıkça tercih edilmektedir.

Literatür incelendiğinde, akıllı şehir kavramı çerçevesinde şehirler arasında sıralamalar yapılmaktadır. Fakat, akıllı şehir değerlendirmesinde üst boyut ve kriterlerin birbirlerine göre önceliklerin karşılaştırması yapılmamış ve yorumlanmamıştır. Sadece kurulan modellerle ulaşılan şehir sıralamaları paylaşılmıştır. Bu araştırmayla, hükümet ve yerel idare yöneticilerine bu öncelik sıralamalarını sunularak gelişen yeni dünyada kendi şehirlerinin akıllılığını bilimsel çerçevede ve çok boyutlu değerlendirme imkanı bulmaları amaçlanmaktadır.

Bu amaç doğrultusunda çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde, yönetim ve karar verme ilişkisi, problem çözme ve karar verme ilişkisi, karar türleri, çok kriterli ve çok nitelikli karar verme türleri ve aralarındaki farklar, çok nitelikli karar vermenin tarihçesi, çok nitelikli karar verme yöntemlerinin ortak özellikleri, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Analitik Ağ Süreci (ANP) ve uygulama alanları detaylı olarak incelenmiştir.

İkinci bölümde, akıllı şehir kavramının gerekliliği ve tanımları, bileşenleri ve ilgili boyutları son olarak da akıllı şehir performans ölçümü uygulamaları detaylı olarak açıklanmıştır.

Üçüncü ve son bölümde, araştırmanın metodolojisi, gerekçesi, kapsamı, sınırlılığı, veri kaynakları, kullanılan yöntem olan ANP'nin uygulama aşaması, problemin ANP tasarımı, akıllı şehir çalışmasının boyutları, kriterleri ve bunların temsil ettiği göstergeleri, genel ve her bir boyut temelinde ayrı ayrı kriter önceliklerinin ANP çıktıları detaylı olarak açıklanmıştır.

Çalışmanın sonuç bölümünde ise, hükümet ve şehir temsilcilerine akıllı şehir ANP öncelik değerleri çerçevesinde önerilerde bulunulmuş ve bu konuda çalışmayı düşünen araştırmacılara ANP ile bütünleşik TOPSIS, VIKOR benzeri ÇKKV metotlarla bölgeleri şehirleri karşılaştırma çalışmaları yapmaları konusunda öneriler sunulmuştur.

2. KARAR VERME KAVRAMI VE TEMELLERİ

2.1. Yönetim ve Karar Verme İlişkisi

Yönetim, bütün operasyonel süreçlerin belirlenen hedefe koordineli bir şekilde yönlendirilmesi süreci olarak tanımlanmaktadır. Yönetimde hedefler doğrultusunda mevcut imkanları en optimum seviyede değerlendirme konusunda sorumlu olan kişiye ise yönetici denilmektedir (Yıldırım, 2013, 118). Bir yöneticinin söz konusu örgütte görevini gerçekleştirebilmesi için kendisinde bulunması gereken niteliklere de yönetsel roller denmektedir. (Karahoca, 1998, 148) Yöneticilik Henry Mintzberg'e göre veri toplama, dağıtma ve karar verme gibi çok yönlü bir iş olarak tasvir edilmektedir (Koçel, 2003, 82).

Yönetim faaliyetlerinin tümünü temsil ettiği öne sürülen ve Gregg'in bütün örgütsel faaliyetler için yaptığı tasnifinde planlama, örgütlenme, iletişim ve karar verme vazgeçilmez aşamalardır. Karar verme, yönetim fonksiyonunun hangi aşaması olursa olsun özü niteliğindedir (Aydın, 1994, 126). Planlama sürecinde organizasyonunun nasıl şekilleneceği hakkında karar verilirken diğer yönetim süreçlerinde genel olarak karar verme ile faaliyetler yapılmaktadır (Atsan, Kuruüzüm, 2001, 83-85).

Bununla birlikte, karar verme süreci, problemlere ilişkin alternatif çözümlerden en yararlı olanın tercih edilmesi olarak ifade edilebilmektedir (Aydın, 1994, 126). Genel olarak iyi bir kararın sonucunda iyi olacağı varsayılmakta fakat bazı durumlarda ayrıntılı düşünülmüş bir kararın bile sonucu kötü ya da istenmedik bir şekilde sonuçlanabilmektedir (Anderson ve diğ., 2005, 6).

Sorunların farklı şekillerde ortaya çıkması, üretebilecek çözümlerin çeşitli ve komplike olması sonucu uygulanabilecek yöntemler geniş bir yelpazeye yayılabilmektedir. (Kyriaki, Doumpos, Zopounidis, 2008, 56). Bununla birlikte, bir karar probleminin çerçevesini aşağıdaki öğelerle tanımlamak mümkündür;

- Mümkün seçeneklerden tercihte bulunacak bir veya birden fazla kişiyi temsil eden karar verici,
- Bu karar verici kişi veya kişilerin çalışma sebeplerini oluşturan amaç,

- Tercihle bulunurken seçeneklerin birbiriyle kıyaslanmasını sağlayan ölçütler (kriterler),
- Denetlenebilir parametrelerden oluşan, karar vericinin tercihte bulunduğu seçenekler (stratejiler),
- Tercihlere etki eden, denetlenemeyen parametreler olan dış şartlar yani olaylar,
- Son öge ise, tek tek bütün seçenek ve olaylardan meydana gelen çıktıyı temsil eden sonuçtur.

Sonuçlar ile “karar matrisi” oluşturulmaktadır (Halaç, 1991, 27).

Karar vericinin, bir problemi olası maddi değerini dikkate alan kriter aracılığıyla ele alması, karar ağacı yardımıyla da kolaylıkla gösterilebilmektedir (Newbold, 2000, 893). Karar sorununun içerdiği karar noktası sayısına göre tek aşamalı veya çok aşamalı karar sorunları meydana gelmektedir. Sonuçlar matrisi çok aşamalı karar sorunlarında düzenlenememekte ve bu durumda karar modeli karar ağacı şeklinde yapılandırılabilir (Tütek, Gümüsoğlu, 2000, 77).

2.2. Problem Çözme ve Karar Verme İlişkisi

Seçenekler arasından mantıklı bir tercih yapma aşaması olarak nitelendirebilecek karar verme karar verici açısından şu hipotezlerle temellendirilmektedir:

- a) Bilgi açısından seçeneklere bütünüyle hakim olma,
- b) Tüm seçeneklerin olası neticelerine bütünüyle hakim olma,
- c) Oluşan neticeler arasından kesin bir yargıya varabilme
- d) Seçeneklerin neticeleri arasından mukayese yapabilecek bilgi birikimi olunması,
- e) Kusursuz ve açık bir şekilde problemin tüm yönleriyle ortaya konulabilmesi (Koçel, 2003, 103).

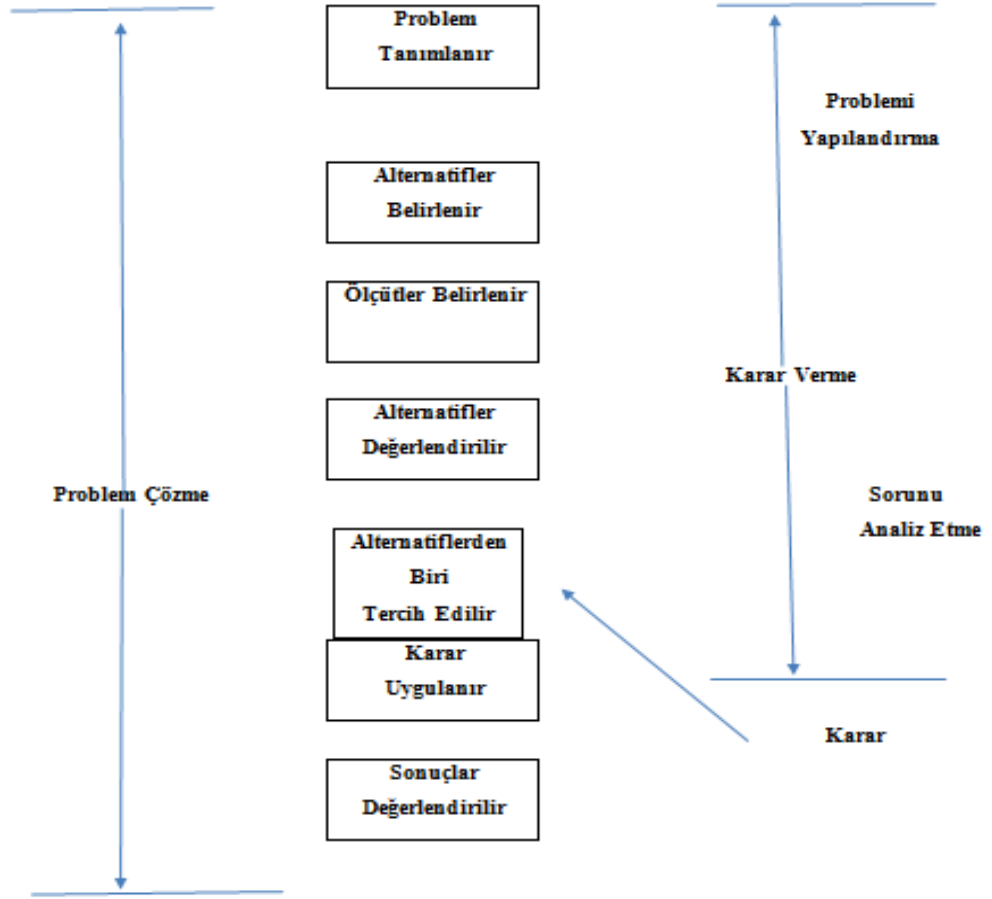
Ayrıca, karar vermede nicel metotlardan faydalanılmasının sebeplerinden birkaçı şu şekilde sıralanabilmektedir (Anderson ve diğ., 2005, 6);

1. Sorunun oldukça karmaşık olması ve nicel çözümleme yapmadan sağlıklı bir öneri üretilmemesi,

2. Sorun yönetici için maliyeti vb. özellikleri nedeniyle yüksek derecede önem arz etmesi ve karar öncesi analizle bir çözüm bulma çabası,
3. Yöneticinin daha önce karşılaşmadığı ve yeni bir sorun olması,
4. Yöneticinin nicel süreçlere dayanarak sürekli tekrarlayan bir soruna emek ve zaman tasarrufu için rutin çözümler bulma çabası

Görüleceği üzere, nicel karar yöntemlerinde donanımlı bir yönetici nitel ve nicel verilerden en iyi değerlendirmeleri yaparak karar vermede rakiplerine göre daha avantajlı bir konuma geçebilme şansına sahiptir.

Karar verici açısından ilk boyut olan problemi yapılandırma süreci problemin tanımlanması, alternatiflerin ve ölçütlerin belirlenmesi aşamalarından oluşmaktadır. İkinci boyut sorunu analiz etme süreci ise, alternatiflerin değerlendirilmesi ve karar olarak da nitelendirilen alternatiflerinin birinin tercih edilmesi aşamalarından oluşmaktadır. Karar verme süreci de bu iki sürecin birleşiminden meydana gelmektedir. Karar verme sürecinin problem çözümüne dönüşebilmesi için kararın uygulanması ve sonuçların değerlendirilmesi gerekmektedir.



Şekil 1: Problem Çözme ve Karar Verme İlişkisi

Anderson, David R., Dennis J. Sweeney, Jeffrey D. Camm, Thomas A. Williams, R. Kipp Martin. 2005. **An Introduction to Management Science: Quantitative Approaches to Decision Making**. 13. bs. Mason: Thomson South-Western, 5.

2.3. KARAR TÜRLERİ

Problemlerin ortaya çıkış farklılıkları, üretilecek çözümlerin çeşitliliği ve karmaşık yapısı sonucunda uygulanacak yöntemler geniş bir yelpazeye yayılabilmektedir. Karar verme problemlerinin, bu tür zorlukları sebebiyle kapsam bakımından belirli bir kategori içerisinde tam anlamıyla değerlendirilmeye çalışılması kolay olmamaktadır (Kyriaki, Doumpos, Zopounidis, 2008, 38).

En sık kullanılan karar gruplamaları şu şekilde sıralanmaktadır:

- Rutin ve rutin olmayan kararlar,
- İşlevsel ve stratejik kararlar,

- Ekip ve birey kararları,
- Ast ve amir kararları,
- Belirli ve belirsiz koşullar altında alınan kararlar.

Amir pozisyonunda alınan kararlar genellikle stratejik, belirsizlik koşullarında ve rutin dışı kararlar durumundadır. Ayrıca karar aşamasında bir kişinin veya birden fazla kişinin yer alması meydana gelecek sonuçların birey veya ekip kararı olmasını etkilemektedir (Koçel, 2003, 103).

Karar sorunu, matris şeklinde incelendiğinde 5 tip olarak karşımıza çıkmaktadır. Karar sorunlarındaki bu çeşitlilik karar vericinin karşılaştığı olaylar ve onlar hakkındaki bilgi düzeyi ile ilgilidir. Meydana gelme olasılıklarına bağlı olarak olayları açıklayan gruplama; belirlilik, risk, belirsizlik, kısmi bilgi ve oyunlar (rekabet anında) şeklinde ifade edilebilmektedir.

- Belirlilik durumu, meydana gelme durumundan emin olunan yalnız bir olayın karar matrisinde yer almasını ifade etmektedir. Tüm bilgilere hakim olma söz konusudur ve meydana gelecek olayın olasılığı 1'dir. Maksimizasyon hedefleniyorsa kazancı büyük olan, minimizasyonda ise maliyeti küçük olan tercih edilmektedir.
- Risk durumu, birden fazla olayın söz konusu olduğu ve olasılıkları kesikli ya da bir dağılımdan hesaplanabildiğini belirtmesi dışında her bir olayın olasılığı hakkında tam bilgiye sahip olunduğunu da ifade etmektedir. Sorunların türüne bağlı olarak; koşullu kar tablosu, koşullu fırsat kaybı tablosu, eksiksiz bilgi halinde beklenen kar matrisleride belirtilmektedir.
- Belirsizlik durumu, olayların gerçekleşip gerçekleşmeyeceği ve olasılıkları hakkında belirsizlik olduğu durumları ifade etmektedir.
- Riskte, süreçte oluşacak olayların muhtemel sonuçlarının olasılıkları hakkında bilgiye sahipken, belirsizlikte bu şekilde bir olasılık bilgisi mevcut olmamaktadır.
- Kısmi bilgi halinde, olayların meydana gelme ihtimallerinin sadece dağılımı ve ortalama, mod, medyan gibi bir takım merkezi eğilim ölçülerinin kısmen bilindiği durumlar ifade edilmektedir.
- Oyun teorisi ise, rekabetin söz konusu olduğu sorunları ifade etmekte kullanılmaktadır. Ödeme olarak isimlendirilen elemanlardan oluşan matrisin

sütunlarında, rekabet edilen oyuncunun seçenekleri belirtilmektedir (Can, 2015, 3-5).

2.3.1. Belirsizlik Durumunda Karar Kriterleri

Karar vericinin ileriki dönemlerde muhtemel olarak meydana gelecek olayları bilmesine rağmen bu olaylara olasılıksal değer verecek bilgisi mevcut değilse bu karar ölçütlerinden faydalanması önerilmektedir (Tütek, Gümüsoğlu, 2000:69).

2.3.1.1. Eş Olasılık (Laplace) Ölçütü

Thomas BAYES'in eşit olasılık değerleri verilmesi varsayımından dolayı BAYES-LAPLACE ölçütü olarak da adlandırılmaktadır. Laplace, olayların ileride nasıl gelişeceğini ilişkin bir fikir sahibi olunmadığında her olaya eşit olasılık değeri verilmesini önermektedir (Gülçür, 1966, 591).

2.3.1.2. Kötümserlik (Wald-Maksim) Ölçütü

Maksim karar ölçütünde, Wald ayrı ayrı bütün seçeneklerdeki en kötü olayın meydana geleceğini dolayısıyla en kötü sonuçlar arasından en kazançlısının kabul edilmesini önermektedir (Halaç, 1991, 53).

2.3.1.3. Minimaks (Savage) Pişmanlık Ölçütü

Savage tarafından geliştirilen ve karar verildikten sonra olayın gerçekleşmesiyle karar verenin pişmanlık yaşayarak başka bir seçeneği tercih etmiş olmayı isteyebileceğinden hareketle fırsat zararı matrisi oluşturularak en büyük pişmanlığın en düşük noktaya çekilmesi hedeflenmektedir. Ödemeler matrisindeki her bir satırdaki elemanların tek tek ait olduğu satırdaki en büyük elemanla arasındaki fark hesaplanarak en yüksek sonuç "sıfır" pişmanlık olarak tanımlanmaktadır (Tütek, Gümüsoğlu, 2000, 55).

2.3.1.4. İyimserlik (Plunger-Maksimaks) Ölçütü

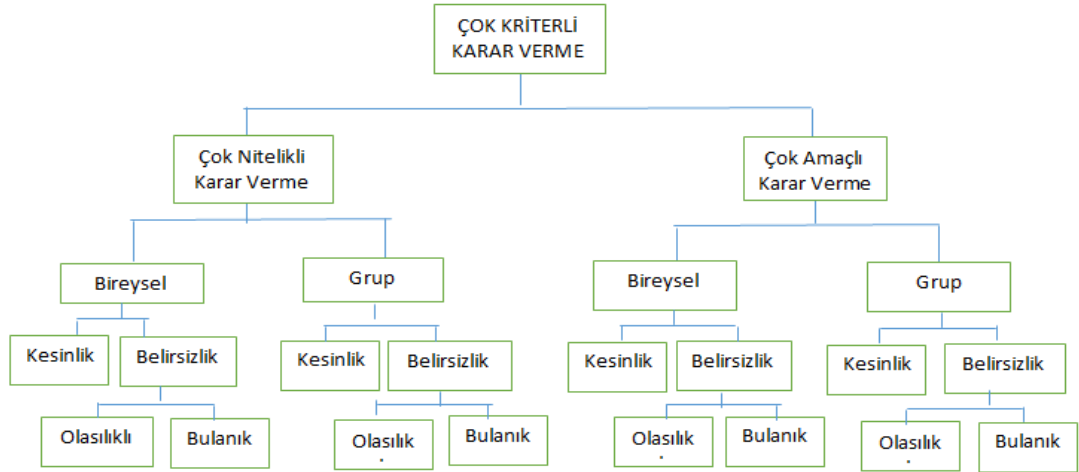
Maksimaks yöntemi öz niteliklerin tamamının normalleştirilmiş ve dengeli olmasını gerektirmektedir (Cengiz Kahraman). İyimser yaklaşımı, genellikle maksimizasyon problemlerinde maksimaks yaklaşımı olarak tanımlanırken; minimizasyon sorununda da ilgili terminoloji minimin olarak geçmektedir (Anderson, 2005, 650).

2.3.1.5. Hurwicz Ölçütü

Lenoid Hurwicz, doğa olaylarının tümüyle olumsuz gelişmelerle sonuçlanacağı varsayımının yanlış olduğu görüşündedir (Fazıl K. Gülçür). Karar vericinin karar matrisindeki en büyük ve en küçük değerlere yoğunlaşarak her birine bunların önem seviyelerini belirtecek ağırlık faktörleri atamasını gerektirmektedir. Beklenen değeri hesaplamak için en büyük değeri (α) ile ve en küçük değeri ($1-\alpha$) ile çarptıktan sonra sonuçlar toplanmaktadır. Alternatiflerden beklenen değeri en yüksek değere sahip olanın tercih edilmesi önerilmektedir. En yüksek kazancı terk edip en düşük kazancı tercih etmenin yanlış bir tutum olduğu belirtilmektedir (Gülçür, 1966, 593; Halaç, 1991, 59).

2.3.2. Çok Kriterli Karar Verme

Çok kriterli karar analizi (ÇKKA) ve çok kriterli karar verme (ÇKKV) aynı anlamda kullanılan ifadeler olarak değerlendirilmektedir. ÇKKV çoğunlukla birbiri ile çatışan ve ahengi olmayan bir seçenekler dizisini içermektedir. Kriter (ölçüt), amaç ve nitelik ifadelerinin ikisininide kapsayan bir terimdir. Dolayısıyla, şekil 2’de gösterildiği gibi ÇKKV’nin Çok Nitelikli Karar Verme ve Çok Amaçlı Karar Verme diye iki kapsamlı sınıftan bahsedilebilir. Bu iki sınıf ayrıca olasılıksal, deterministik ve bulanık kararlar olmak üzere kategorilere ayrılmaktadır. Deterministik karar problemleri, her bir karar ile karşılığı olan karar sonucu arasında deterministik bir bağın olduğunu ve ihtiyaç duyulan tüm bilgi ve verilerin mutlak olarak bilindiğini farz etmektedir. Olasılıksal kararlar, sorun koşullarında ve karar-sonuç arasında belirsizlikler olduğu takdirde belirsizliği rastgele kabul ederek uygulamaya koymaktadır. Bulanık karar analizi ise, karar döneminde sahip olunan bilgilerin belirsizliğine odaklanan karar türüdür (Malczewski, 1999, 81).

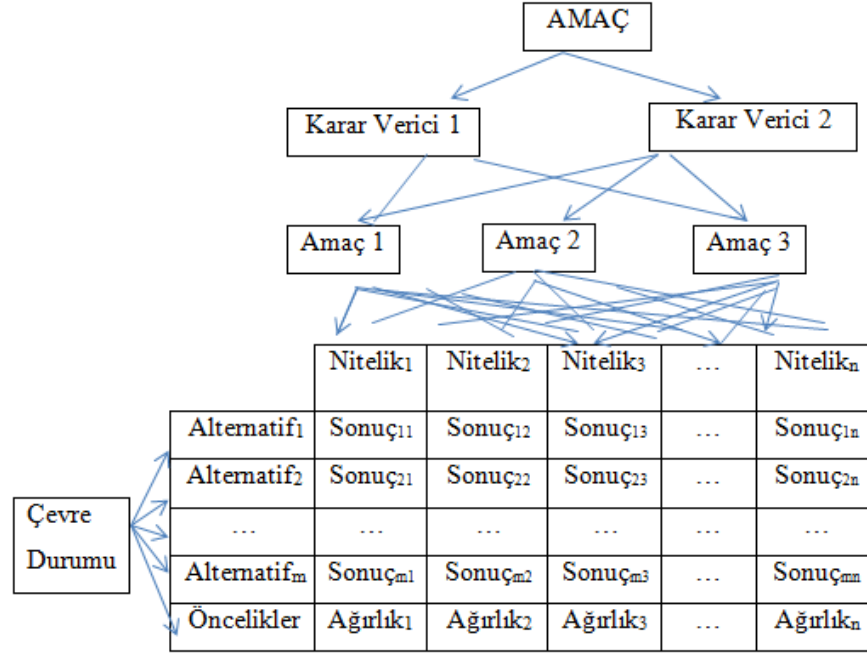


Şekil 2: Çok Kriterli Karar Problemlerinin Sınıflaması

Malczewski, Jacek. 1999. **GIS and Multi Criteria Decision Analysis**. Newyork: J.Wiley&Sons, 84.

ÇKKV sorunlarının yapılandırılmasına ilişkin karar analizi için literatürde birçok görüş bulunmaktadır (Keeney ve Raiffa 1976; Saaty 1980; Chankong ve Haimes 1983; Kleindorfer ve diğerleri 1993). Çoğunlukla, ÇKKV sorunlarının içeriği şekil 2’de gösterildiği gibi altı başlıkta ele alınmaktadır:

- (1) Çıkar grubu veya karar vericinin ulaşmak istediği amaç veya amaçlar bütünü;
- (2) Bir kişi veya bir grup karar vericinin karşılaştırma ölçütlerine göre seçimleri;
- (3) Karar vericilerin alternatifleri kıyasladıkları amaç ve/veya nitelik açısından değerlendirme ölçütleri;
- (4) Karar ya da eylem değişkenleri;
- (5) Denetlenemeyen değişkenler ve karar ortamı;
- (6) Tek tek bütün seçenek – nitelik ikilileriyle ilgili sonuç veya çıktı seti (Keeney, Raiffa, 1976, 458; Pitz, McKillip 1984, 85-92; Malczewski, 1999, 81).



Şekil 3: Çok Kriterli Karar Analizi İçin Bir Çerçeve

Malczewski, Jacek. 1999. **GIS and Multi Criteria Decision Analysis**. Newyork: J.Wiley&Sons, 82.

2.3.3. Çok Nitelikli Karar Verme

Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV), çoğunlukla birbiriyle uyumsuz-çelişkili nitelikler olduğunda verilen kararları temsil etmektedir. Bu tür kararlar hayatın bütün sahalarında karşılaşılan türden kararlardır.

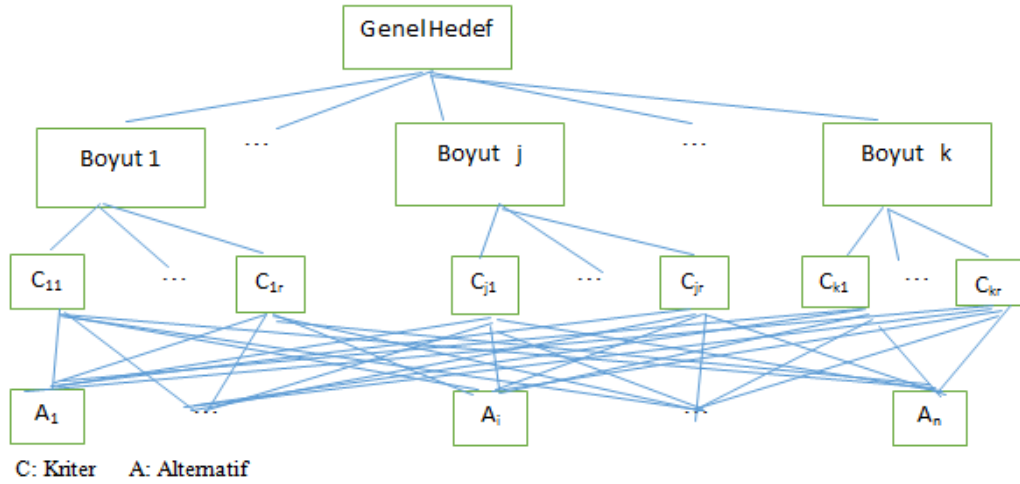
Örneğin, kişisel hayatta bir iş seçimi birey açısından ücret, saygınlık, kariyer olanakları, çalışma şartları, işin lokasyonu gibi niteliklerle değerlendirmektedir. Araç satın alacak birinin aracı yakıt tüketimi, güvenlik, fiyat, konfor ve tarz gibi nitelikler bakımından değerlendirmesi de olasıdır. İş hayatında, üst düzey bir işletme yöneticisi bir kurumsal strateji tercihinde bulunduğu işletmenin kazancı, hisse fiyatı, pazar payı, itibarı, kurumsal imajı, diğer paydaşlara karşı yükümlülükleri gibi önemseydiği nitelikleri dikkate almaktadır. Akademik açıdan, bir üniversite kabul edeceği adayları lise notları, başarı sıralaması, liderlik özellikleri, genel yetenek test sonuçları gibi ölçütlere göre mukayese edebilmektedir. Kamusal açıdan, su kaynaklarını iyileştirmek için ekonomik bedel, selden korunma, arazi kullanımı verimliliği, ormandan yararlanma oranı, su kesintisi ihtimalleri, enerji geri dönüşümü gibi ölçütler dikkate alınabilmektedir. Hükümet açısından, Hava Kuvvetleri envanterine Füze modeli seçimi için sürat, performans, mesafe, vurma hassasiyeti, güvenilirlik gibi ölçütler baz alınabilmektedir. Çok Nitelikli Kara Verme

sorunları çok geniş bir yelpazeye sahip olsa da incelenen konuların geneli itibariyle birçok ortak özelliklere sahip olduğu ifade edilmektedir (Chen, Hwang, 1990, 220-252).

Sürekli karar alanlarını Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) incelerken, kesikli karar alanlarını ise Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV) incelemektedir. ÇAKV'ye en basit örnek ise çok amaçlı fonksiyonlara sahip matematiksel programlama problemleri verilmektedir. Kuhn ve Tucker (1951, 481-492)'a atfedilen vektör-maksimum sorunu bu konuda bilinen ilk referans olarak kabul edilmektedir. ÇNKV problemlerinde karar seçenekleri kümesi başlangıçta oluşturulmaktadır (Triantaphyllou, 2000, 5-21).

Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV) sireci beş ana aşamada özetlenmektedir (Dubois, Prade, 1980, 77-78):

1. Adım: Problemin tanımlanması,
2. Adım: Değerlendirme için bir hiyerarşi sisteminin oluşturulması (Şekil 4);



Şekil 4: Çok Nitelikli Karar Verme Hiyerarşik Sistemi

Tzeng, Gwo-Hshiung, and Jih-Jeng Huang. 2011. **Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications**. New York: CRC Press, Taylor & Francis Group, 16.

3. Adım: Uygun değerlendirme modelinin seçilmesi;
4. Adım: Her bir alternatife göre her bir özelliğin göreceli ağırlığının ve performans skorunun elde edilmesi;

5. Adım: Bağıl ağırlıkların toplamı olan sentetik yarar değerlerine ve alternatiflere karşılık gelen performans skorlarına göre en iyi alternatifin belirlenmesi.

Alternatiflerin toplam puanı bulanık olduğu durumlarda, en iyisini seçmek ve alternatifleri sıralamak için Adım 6 eklenebilmektedir.

2.3.3.1. Çok Nitelikli Karar Vermenin Tarihçesi

ÇNKV'nin tarihsel kökenleri, St. Petersburg paradokslarını tartışan, Nicolas Bernoulli (1687-1759) ve Pierre Remond de Montmort (1678-1719) arasındaki yazışmalara kadar uzanmaktadır. Petersburg oyunu sorunu şu şekilde ifade edilmektedir: Toplam oynama sayısı n olarak kabul edilen bir oyun, yazı gelinceye kadar adil bir para atılarak oynanmaktadır. Toplam ödül $\$ 2x_n$ 'a eşittir. Madeni paralar ilk başlarda yazı gelirse, madeni para tekrar atılmakta ve böylece oyun devam etmektedir. Bu esnada oyuncunun oyunda ne kadar ödemeyi umduğu ise sorun olarak ortaya çıkmaktadır (Bernstein, 1996, 383).

Beklenen değer teorisine göre, hesaplama (1) nolu eşiliğe göre yapılmaktadır:

$$EV = \sum_{n=1}^{\infty} (1/2)^n x 2^n \quad (1)$$

Beklenen değer sonsuza gitmektedir. Bununla birlikte, hiç kimse oyunda 1000 \$ 'dan fazla para ödemeye istekli olmadığı için, bu netice açıkça insan davranışına aykırılık arz etmektedir. St. Petersburg paradoksuna cevap, Daniel Bernoulli'nin (1700-1782) fayda kuramı üzerine etkili araştırmasını 1738'de yayınlamasına kadar kullanılamamıştır. St. Petersburg paradoksunun çözümünü ayrıntılı olarak anlatan somut tartışmalar görmezden gelinmekte, sadece sonuca odaklanılmaktadır. İnsanlar beklenen değere değil fayda değerine dayanan kararlar almaktadırlar. Fayda değerinin etkisi, insanların ÇNKV sorunlarıyla yüzleştğinde alternatif en iyi fayda değerini seçmesi olarak belirtilmektedir.

1947'de von Neumann ve Morgenstern, oyun teorisine dayanan ekonomik ve sosyal organizasyonun matematik teorisini ayrıntılı olarak ele aldıkları ünlü Theory of Games and Economic Behavior adlı kitabını yayınlayarak ÇNKV'nin yolunu açtıkları ifade edilmektedir. Kısacası, ÇNKV sorunlarıyla baş edebilme adına faydalanan yöntemler esas olarak çoklu özellik yarar teorisi ve bundan daha üst düzey yöntemler olan özellikle de ELECTRE (Benayoun, Roy, Sussman, 1966, 25; Roy 1968, 57-75) ve PROMETHEE (Brans, Mareschal ve diğ., 1984, 477-490) yöntemleri kullanılmaktadır.

Bernoulli'nin fayda teorisine dayanan Çoklu Özellik Yarar Teorisi, uygun bir fayda fonksiyonu kullanarak genellikle hiyerarşik bir yapı olarak temsil edilebilen karar verme tercihlerini belirlemektedir. Fayda fonksiyonunu değerlendirerek bir karar verici, en yüksek fayda değerine sahip en iyi alternatifi kolaylıkla belirleyebilmektedir. Çoklu özellik yarar teorisinin uygun fayda fonksiyonunu belirlenmesi yönünde birçok çalışma yayınlanmıştır (Fishburn, 1970, 24-32; Grabisch, 1995, 279-298; Hillier, 2000, 45-67).

Pratik problemlerin ele alınmasında, fayda fonksiyonuyla yaşanan ampirik zorlukların üstesinden gelebilmek için üst düzey yöntemler önerilmiş olmasına rağmen, bu yöntemlerinde temel eleştirileri; klasik toplama problemleri, yapısal problemler ve telafi edilemeyen problemler gibi aksiyomatik temellerin eksikliği olmaktadır (Bouyssou, Vansnick, 1986, 251-266). 1965 yılında bulanık kümeler kavramı, dilsel veya belirsizlik sorunlarıyla baş edebilmek ve konvansiyonel küme teorisinin geliştirilmesine yönelik önerilmiştir (Zadeh, 1965, 338-353; Bellman, Zadeh, 1970, 141-164).

Genetik algoritmalar genetik programlama ve evrim stratejisi gibi çok sayıda algoritma çok amaçlı karar verme problemlerin çözümünde kullanılmıştır (Holland, 1975, 12-74; Koza, 1992, 69-73; Rechenberg, 1973, 13-142). Vektör optimizasyon kavramı kullanılarak çoklu hedefler tanıtılmış (Kuhn, Tucker, 1951, 481-491) ve ÇAKV sorunları için tarafların uyuşması gerektiği belirtilmiştir (Yu, 1973, 936-946). Problemlerin içeriği basit çok amaçlı programlamadan çok seviyeli çok amaçlı programlamaya ve karmaşık gerçek dünya sorunlarına çözüm üretmek için çok aşamalı çok amaçlı programlamaya kadar uzanmaktadır. Öte yandan, geleneksel ÇAKV öznel belirsizlik sorunlarını önemsememektedir. Kısıtlar ve amaçlarda sözel ve bulanık değişkenler bulunabileceğinden, daha detaylı problemlerin çözümünde ÇAKV'ye bulanık elemanlar eklenebilmektedir (Bellman, Zadeh, 1970, 141-164). Bulanık koşullarda karar verme kavramının önerilmesinin ardından bulanık çok amaçlı doğrusal programlama (FMOLP)'ya kaynak olacak çok sayıda önemli çalışma yapılmıştır (Hwang, Yoon, 1981, 52-57; Zimmermann, 1978, 45-55; Sakawa, 1983, 295-300; Sakawa, 1984a, 105-112; Sakawa, 1984b, 217-228; Lee, Li, 1993, 275-288).

Bulanık çok amaçlı doğrusal programlama (FMOLP), amaçları ve kısıtları onların özgün doğrusal üyelik fonksiyonlarına göre bulanık kümeler şeklinde ifade etmektedir. Karar kümesi, bulanık kümelerin tamamının kesişimi ve bağlantılı kesin kısıtlar aracılığıyla açıklanmaktadır. Kesin çözüm, karar kümesinde en yüksek seviyede üyeliğe sahip en

elverişli çözümün tercih edilmesiyle oluşturulmaktadır: Zimmermann, 1978, 45-55; Werners, 1987, 342-349 ; Martinson, 1993, 809-824 (Tzeng, Huang, 2011, 2-5).

2.3.3.2. Çok Nitelikli Karar Verme Yöntemlerinin Ortak Özellikleri

ÇNKV konusunda çok sayıda yöntem olduğu ifade edilse de bunların belirli ortak özellikleri bulunmaktadır. Bunlar alternatiflerin ve niteliklerin tasarımına ilişkin özellikler olarak nitelendirilmektedir (Chen, Shu-Jen, Hwang, 1992, 536-551):

2.3.3.2.1. Alternatifler

Alternatifler; karar verici/vericiler için incelenerek, önem derecesi belirlenmiş ve belli bir sıraya konmuş, sınırlı sayıda olan çeşitli hareket seçeneklerini ifade etmektedir. İstenilen bir eylemin $G = \{g_j, \text{for } j = 1, 2, 3, \dots, m\}$ gibi sonlu bir hedefler kümesi ayrıca $A = \{A_i, \text{for } i = 1, 2, 3, \dots, n\}$ gibi sonlu bir karar alternatifleri kümesi olursa bütün istek seviyeleri bakımından ilgili tüm hedef g_j lere göre en çok tatmin edici olan alternatif A^* belirlenir (Evangelos, 2000, 1- 3). Örneğin, Hava Kuvvetlerinin tercihte bulunacağı füze teknolojisi sayısı en fazla beş tane olabilir, seçkin bir üniversite bütün dönemlerde çok sayıda müracaatla karşılaşmayabilir. Dolayısıyla, alternatif ifadesi diğer tanımlara ilaveten “faaliyet sebebi” ya da “başvuru sahipleri” diye de ifade edilmektedir (Chen, Shu-Jen, Hwang, 1992, 289-486.).

2.3.3.2.2. Çok Nitelikli Olma

Bütün sorunlar genel itibariyle çok niteliklidir. Var olan bütün sorun koşulları için ilişkili niteliklerin türetilmesi gerekmektedir. Nitelikler ifadesi amaçlar ya da kriterler olarak da kullanılmaktadır. Bunlar birkaç tane olabileceği gibi yaklaşık 350 tanede olabilmektedir. Örneğin; araç satın alacak biri için aracın fiyatı, kaç kilometrede olduğu, güvenlik teknolojisi, modeli, işçilik, iç konforu gibi niteliklerine bakması yeterli iken, bir bitkiye uygun bölge seçilirken 100 den fazla etmen rol oynayabilmektedir. Genellikle, nitelikler çok fazla sayıda ve hiyerarşik bir düzen içindedir. Belli sayıda temel nitelikler ile bunlarında alt nitelikleri bulunmaktadır. Bu alt niteliğinde belli sayıda alt- alt niteliği hiyerarşik yapıda yer alabilmektedir. Miller’s (M16) kuramına göre yedi numara aracılığıyla şu açıklamayı yaptığı görülmektedir; yedinin iki fazlası veya iki eksiği gözlemcinin kesin karar verebilmesi için gerekli maksimum bilgiyi ifade etmektedir.

2.3.3.2.3. Nitelikler Arasındaki Uyumsuzluk

Nitelikler çoğunlukla kendi aralarında uyumsuzluk göstermektedir. Örneğin, araç tercih ederken yakıt açısından ekonomik olma özelliği, yolcu oturma bölgesini veya konforunu daraltılabilmektedir.

2.3.3.2.4. Bağdaşmayan Birimler

Niteliklerin her biri ayrı ayrı birimlerle ifade edilebilir. Araç tercihi sorunu ile ilgili örnekte; yakıt tüketimi kilometre başına litre olarak dikkate alınırken, rahatlık araç içi yolcu başına düşen metre-küp ile ölçülür, güvenliğin ise nicel bir ölçü birimi bulunmamaktadır.

2.3.3.2.5. Karar Ağırlıkları

Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV) problemleri ve yöntemleri, bütün niteliklerin normalize edilmiş bir ağırlık kümesi ile elde edilen göreceli önemlerine ihtiyaç duymaktadır. Nitelik sayısı n olmak üzere bir karar kümesi şu şekilde gösterilmektedir: $\underline{w}^T = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ ve $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ Karar verici; ağırlıkları (w_j) doğrudan belirleyebildiği gibi, öz vektör veya ağırlıklandırılmış en küçük kareler yöntemi aracılığıyla da belirleyebilmektedir (Saaty, 1990, 9-26; Chu Kalaba, Spingarn, 1979, 531-538; Hwang, Yoon, 2012, 47-51).

2.3.3.2.6. Karar Matrisi:

Bir ÇKKV sorunu bir matris boyutunda kolaylıkla gösterilebilmektedir. A karar matrisi C_i ($i=1,2,\dots,n$ ve $j=1,2,\dots,n$) karar kriteri olarak dikkate alındığında alternatif a_i 'nin performansını ifade eden ($m \times n$) boyutlu bir matristir. Ayrıca, karar ölçütlerine karar verici tarafından ($w_j, j=1,2,\dots,n$) şeklinde tanımlanan nisbi performans ağırlıkları verildiği farz edilmektedir. Buna göre karar matris yapısı Şekil 5'teki gibi gösterilebilmektedir.

Alternatifler	Kriter				
	C ₁	C ₂	C ₃	...	C _n
	(w ₁)	w ₂	w ₃	...	w _n)
A ₁	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃	...	a _{1n}
A ₂	a ₂₁	a ₂₂	a ₂₃	...	a _{2n}
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
A _m	a _{m1}	a _{m2}	a _{m3}	.	a _{mn}

Şekil 5: Tipik Bir Karar Matrisi

Triantaphyllou, Evangelos. 2000. **Multi-criteria Decision Making Methods: A Comparative Study**. Newyork: Springer, 3.

2.4. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)

Karmaşık karar verme şartlarında, karar verme çoğunlukla somut ve soyut çoklu ölçütler ve alternatiflerden seçim yapmayı gerektirmektedir. Saaty, 1970'li yıllarda çok kriterli karar verme (ÇKKV)'de nitel ve nicel faktörlerin üstesinden gelebilmek için Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP)'ni önermiştir (Saaty, 1978, 57-68; Saaty, 1979, 1-20; Saaty, 1980, 287). Saaty, Analitik Hiyerarşi Süreci'ni yapılandırılmamış karmaşık karar problemlerini çözmek için bir karar verme yöntemi olarak tanımlayarak aşağıdaki işlem basamaklarını önermektedir:

- (1) Sorunun anahtar unsurlarını ve ilişkilerini gösteren bir yapı oluşturulması,
- (2) Bilgiyi, duyguları ya da hisleri yansıtan yargıların ortaya çıkarılması,
- (3) Bu yargıların anlamlı rakamlarla temsil edilmesi,
- (4) Hiyerarşi unsurlarının önceliklerini hesaplamak için bu rakamların kullanılması, (5) Genel sonucu belirlemek için bu sonuçların sentezlenmesi,
- (6) Karardaki değişikliklere duyarlılığın analiz edilmesi (Saaty, 1977, 231-281).

Genel olarak, Saaty karar vermenin planlama, bir takım alternatifler üretme, önceliklerini belirleme, bir dizi alternatifin değerlendirilmesinden sonra en iyi politikayı

seçme, kaynakları tahsis etme, gereksinimleri belirleme, sonuçları tahmin etme, sistemleri tasarlama, performansı ölçme, bir sistemin istikrarının garanti edilmesi ve çatışmanın optimize edilmesi ve çözülmesi gibi görevleri içerdiğini belirtilmektedir (Saaty, 1986, 841-855; Forman, Selly, 2002, 5-21).

Karar verme aşamasında en yaratıcı görev önemli faktörleri belirlemektir. Analitik Hiyerarşi Yönteminde bu faktörler seçilip genel amaçtan ölçüt, alt ölçüt ve alternatiflere yönelik hiyerarşik bir düzende yerleştirilmektedir (Saaty, 1990, 9-26.). Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP), karar seçeneklerinin izafi sıralama ya da önceliklerini belirlemektedir (Saaty, 1992, 305; Kablan, 2004, 1151-1158). Hiyerarşiler, yapısal ve fonksiyonel olarak iki grupta incelenmektedir. Yapısal hiyerarşide, üst ve alt gruplar ve bu grupları oluşturan alt gruplar ele alınmaktadır. Örneğin, Güneşten gezegenlere, moleküllerden atoma, atomdan proton ve nötronlara bir yapı şeklinde yer almaktadırlar. Fonksiyonel hiyerarşilerde ise, en üstte amaç, bir sonraki seviyede ölçütler ve takip eden seviyede karar alternatifleri tanımlanmaktadır (Timor, 2001, 213).

Her karmaşık problem AHP yönteminden faydalanılarak birkaç alt problemlere ayrılmaktadır. Hiyerarşinin büyüklüğü sorunun zorluğuna ve ayrıntılı incelenmesine göre farklılık göstermektedir (Zahedi, 1986, 97; Millet, 1998, 1199). Hiyerarşik seviyeler şeklinde olmak üzere, her bir seviyede her alt probleme ait ölçütler ya da nitelik kümeleri tanımlanmaktadır. Bütün hiyerarşinin en üst seviyesi problemin amacını temsil etmektedir. Orta seviye, stratejik ve operasyonel faktörleri temsil ederken son seviye ise genellikle amaca ulaşabilmek için tercih edilebilecek alternatifleri veya eylemleri göstermektedir. Her bir hiyerarşi kademesindeki karar elemanları çift olarak kıyaslanmakta ve bir ögenin diğerine göre gücünü yansıtan göreceli ölçek değerleri atanmaktadır. Ayrıca, AHP'ye grup kararında destekleyici uzlaşma aracıda denilmektedir. Çoğunlukla AHP, her elemanın karşılaştırıldığı bir anket ve nihai çözümü sağlayan bir geometrik ortalamaadan oluşmaktadır (Vaidya, Kumar, 2006, 1-29). Bu çift karşılaştırma matrislerine dayanarak, yerel ve genel öncelik ağırlıklarına karar verilerek hiyerarşinin son seviyesini meydana getiren alternatiflerin sıralaması sorunun genel amacını karşılayacak şekilde oluşturulmaktadır.

Günümüze kadar, AHP çok geniş çalışma alanlarında uygulanmaktadır (Kou ve diğ., 2013, 1-5): Üretim sistemleri (Li, Huang, 2009, 8302-8312), kalite danışmanları (Cebeci, Ruan, 2007, 191-207), yazılım değerlendirme (Cebeci, 2009, 8900-8909; Peng ve diğ., 2011a, 187-206), tedarikçi değerlendirme ve seçimi (Akarte ve diğ., 2001, 501-522; Handfield

ve diğ., 2002, 70-87; Chan, 2003, 3549-3579; Bayazıt, 2006, 566-579; Chamodrakas, Matris, Martakos, 2010, 90-498; Labib, 2011, 6287-6299) strateji seçimi (Li Han, L, Ching 2009, 780-798; Chen, Wang, 2010, 694-704), silah seçimi (Dagdeviren, Kılınç, Yavuz, 2009, 8143-8151), proje seçimi (Enea, Piazza 2004, 39-62; Amiri, 2010, 6218-6224) bu alanlar arasında sayabiliriz.

Önceliklere karar verme veya fayda / maliyet analizini oluşturma da AHP yönteminin etkililiğini gösteren çok sayıda örnek mevcuttur (Saaty, 1990, 9-26; Saaty, Vargas, 1994, 19-43; Tummala, Wan, 1994, 401-404). Sıradışı uygulamalardan bazıları arasında, yeni ürün tasarımları, köprü ve araştırma projelerinin seçimi, teknolojilerin kullanımı, taşıyıcı / lisans programları, tesislerin konumu / düzenleri ve tedarikçi seçiminde kriter / alternatiflerin değerlendirilmesi ve önceliklendirilmesi yer almaktadır (Tummala, Wan, 1994). Ayrıca AHP, çeşitli problemlere çözüm üretmede tamsayı programlama, hedef programlama, maliyet / fayda analizi ve dinamik programlama gibi yöneylem araştırma teknikleriyle bütünleştirilmektedir (Chin ve diğ., 1999, 347).

2.4.1. AHP'nin 3 Prensibi

AHP yöntemi ile problem çözümünde üç prensip kullanılmaktadır. Bunlar; Ayırıştırma, karşılaştırma ve önceliklerin bir araya getirilmesi ilkeleridir (Saaty, 1991, 1-9):

2.4.1.1. Ayırıştırma Prensibi

Üst sırasındaki hedeflerden bağımsız olarak, üst düzeydeki seviyelerden bağımsız bir aşamada, ikinci düzeydeki hedefe dayanan ölçütlerle ve üçüncü düzeydeki alt ölçütlerle devam eden genelden alt seviyedeki belirli alternatiflere kadar uzanan elemanlardan oluşan bir hiyerarşi oluşturmak için uygulanmaktadır.

2.4.1.2. Karşılaştırmalı Karar Verme Prensibi

Üst seviyesindeki ölçütü dikkate alan elemanların göreceli önemlerinden meydana gelen ikili karşılaştırma karşıt matrisini oluşturmada uygulanmaktadır. Temel özvektörü, öncelikleri vermektedir.

2.4.1.3. Önceliklerin Bir Araya Getirilmesi Prensipleri

Üçüncü ilke, yukarıdaki seviyede yer alan ilgili ölçütlerin önceliği tarafından ağırlıklandırılmış yerel öncelikler aracılığıyla önceliklerin aşağıya doğru bir araya getirilmesini ve etkilediği ölçütlerin yer aldığı seviyedeki her bir elemana eklenmesini ifade etmektedir. İkinci seviye elemanlar en üst seviye hedefin ağırlığı ile çarpılmaktadır. Bu, söz konusu öğenin karma veya genel önceliğini verir; bu öğe, daha sonra alt düzeydeki yerel öğelerin önceliklerini kendi içlerinde ölçüt olarak ağırlıklandırmak için kullanılmakta ve böylece en alt düzeye kadar devam etmektedir

2.4.2. AHP'nin Aksiyomları

AHP'nin felsefesini, işleyişini ve uygulamasını açıklayabilme adına, AHP'de dört aksiyom bulunduğu belirtilmektedir. AHP homojen unsurların karşılaştırılması, hiyerarşik ve sistem bağımlılığı, sonuçların sıralaması ve değerinin geçerliliği, bunların yapısı ve uzantısı üzerindeki bağımlılığı hakkındaki beklentilerle ilgilenmektedir (Saaty, Thomas L., Luis G. Vargas, 2012, 4). Bu dört aksiyom, Analitik Hiyerarşi Sürecini kontrol eder ve eşleştirilmiş karşılaştırmalar kavramının basit yani türetilmemiş halinden yararlanmaktadır (Saaty, Behaviormetrika, 1991).

2.4.2.1. Karşılıklılık Aksiyomu

AHP'nin karşılıklılık aksiyomu, bir oran ölçeğindeki düzensizliklerin kendileri için karşılıklı olmasını sağlar (Saaty, 1990, 9-26). Karşılıklılık, çift yönlü olma veya tersi yani karşılığı olma aksiyomu şeklinde açıklanabilir (Kuruüzüm, Atsan, 2001, 83-105). Bu aksiyom, oluşturulan karşılaştırma matrislerinin eşleştirilmiş karşılıklı karşılaştırmalardan oluştuğunu söylemektedir; çünkü eğer bir taş diğerinden beş kat daha ağır ise, diğeri de ötekinin beşte biri ağırlığında olması gerekir. Bu basit ama AHP'nin temelini oluşturan güçlü bir ilişkidir (Saaty, 1991, 1-9). $PC(A, B)$ A ve B'nin asıl elemanı olan C 'ye göre eşleştirilmiş karşılaştırma elemanı ise, bir kritere göre A ve B'nin birbirlerine ne kadar üstünlük gösterdikleri $PC(B, A) = 1 / PC(A, B)$ eşitliği ile ifade edilmektedir (Forman, Gass, 2001, 471).

2.4.2.2 Homojenlik Aksiyomu

Zihin, birbirinden çok farklı unsurları karşılaştıramadığı için, homojenlik anlamlı karşılaştırmalar için gereklidir. Örneğin, büyüklüğüne göre bir kum tanesi bir portakal karşılaştıramayabilir. Eşitsizlik büyük olduğunda, öğeler karşılaştırılabilir büyüklükte

ayrı kümelere veya tamamen farklı seviyelerde yerleştirilmelidir (Saaty, 1991, 1-9). Bu duruma dikkat edilmemesi halinde önemli hatalarla karşılaşılır. Tutarlılığı ve ölçümün güvenilirliğini güçlendirmek için kıyaslanacak unsurların sayısı maksimum 9 olacak şekilde belirlenmelidir (Forman, Gass, 2001, 469-486; Saaty, 1990: 9–26). 1-9 ölçeğinin, ihtiyaç duyulan karşılaştırma spektrumunu örtmek için yetersiz olduğu durumlarda, diğer bir deyişle, karşılaştırılan öğeler homojen değilse, örneğin boyutlarına göre cherry domatesini bir karpuz ile karşılaştırırken, her birindeki öğelerin önceliklerinin göreceli boyutuna göre oluşturulmuş kümeler, 1-9 ölçeği kullanılarak kümeleme metodu ile istenilen duruma getirilir (Saaty, 2008(a), 251–318).

2.4.2.3. Bağımsız Olma Aksiyomu

Üçüncü yani sentez aksiyomu, bir hiyerarşideki öğelerin önceliklerinin veya kendileri hakkındaki yargıların daha alt düzey unsurlara bağlı olmadığını belirtmektedir. Bu aksiyom, hiyerarşik kompozisyon ilkesinin uygulanması için zorunludur. Seçim kararlarında, amaçların önemi kendilerinden daha alt seviyelerde yer alan elemanlara yani alternatiflere bağlıyken alternatiflerin tercihi ise neredeyse her zaman daha üst düzeyde yer alan amaçlara bağlıdır. Böyle bir bağımlılık varsa, üçüncü aksiyom uygulanamaz (Forman, Gass, 2001, 471). Yeni bir alternatifin eklenmesi ya da çıkarılması yukarı kademede ölçütlerin önemini değiştirmemelidir (Kuruüzüm, Atsan, 2001, 83-105).

H $L_1, L_2, \dots, L_k$ seviyelerine sahip bir hiyerarşi olsun. Her L_k için, $k=1, 2, \dots, h-1$,

- (1) L_{k-1} dış L_k ye bağımlıdır,
- (2) L_{k+1} tüm $x \in L_k$ 'lere göre içe bağımlı değildir,
- (3) L_k^{k+1}, L_{k+1} 'e dış kaynak bağımlı değildir (Saaty, Behaviormetrika, 1991).

2.4.2.4. Beklentiler Aksiyomu

Bu aksiyom, inançları gereği nedenleri ve bunlara bağlı düşünceleri olan bireylerin beklentilerinin karşılanması için fikirlerinin modelde yeterince temsil edildiğinden emin olmaları gerektiğini ifade etmektedir. Alternatiflerin sıralaması karar problemlerinin doğasına bağlı olduğu kadar karar vericinin beklentilerine de bağlıdır (Saaty, 2008(a), 251–318). Bütün seçenekler, ölçütler, açık veya kapalı beklentiler hiyerarşide belirtilmeli ve temsil edilmelidir. İnsanlar bazen mantıksız beklentiler içindeyken de bu tip beklentiler karşılanabilir. Dolayısıyla bu aksiyom varsayılamamaktadır (Saaty, 1991, 1-9).

Beklenti aksiyomu biraz belirsiz gibi görünse de, AHP'nin genellenebilirliği onu çeşitli şekillerde uygulamayı mümkün kılmaktadır (Forman, Selly, 2001, 53; Forman, Gass, 2001, 469-486).

2.4.3. AHP'nin Aşamaları

AHP Yönteminin aşamalarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

2.4.3.1. Hiyerarşinin Yapılandırılması

Bir karar sorununu yapılandırmada kullanılan en basit biçim, üç seviyeden oluşan bir hiyerarşidir: en üst düzeydeki kararın amacı, ardından üçüncü düzeydeki alternatiflerin değerlendirilme ölçütlerinden oluşan ikinci bir seviye (Saaty, Vargas, 2012, 2-3).

Bir hiyerarşi yapılandırılırken; (1) Ne yapılmaya çalışıldığının ve asıl sorunun ne olduğunun belirlenmeye çalışıldığı genel amaç belirlenmektedir. (2) Genel amacın alt amaçları belirlenmektedir. (3) Genel hedefin alt başlıklarını yerine getirmek için yerine getirilmesi gereken ölçütler belirlenmektedir. (4) Her bir kriter altındaki kriterler belirlenmektedir. Ölçütlerin veya alt-kriterlerin parametre aralığı yüksek, orta, düşük gibi sözel ifadeler olarak belirtilebilmektedir. (5) Paydaşları belirlenmektedir. (6) Paydaşların amaçları belirlenmektedir. (7) Paydaşların ilkeleri belirlenmektedir. (8) Seçenekler veya sonuçlar belirlenmektedir. (9) Evet-hayır kararlarında, en çok tercih edilen sonucu ele alarak gerçekleşmemesi durumundaki fayda ve maliyet kıyaslanmaktadır. (10) Marjinal değerleri kullanarak fayda maliyet analizi yapılmaktadır. Egemenlik hiyerarşileri ile uğraşıldığı da hangi alternatifin en büyük fayda sağlanacağı sorulurken maliyet açısından, hangi alternatif maliyetlerinin en çok olduğu ve riskler açısından hangi alternatifin daha riskli olduğu sorulmaktadır (Saaty, 1994, 19-43; Saaty, Thomas L. 2004, 1-35).

2.4.3.2. Pozitif Karşılıklı İkili Karşılaştırma Matrisi

Karar verme süreci işleminde özellikle de bazı karmaşık karar sorunlarında, çok sayıda nitelik ya da ölçütü eş zamanlı karşılaştırma yerine tek seferde iki ölçüt ya da niteliği kıyaslamanın daha iyi olacağı önerilmiştir (Saaty, 1978, 57-68; Saaty, 1980, 36-41). İkili karşılaştırma tekniği ilk kez (Thurstone, 1927, 273-286) Karşılaştırmalı Yargılama Yasası eserinde ileri sürülmüştür. Saaty çalışmalarında bu yöntemden AHP ve ANP yöntemlerinde iki niteliği veya alternatifi karşılaştırmada sıkça faydalanmaktadır (Saaty, 1980, 227-265; Saaty, 1994, 19-43; Saaty, 2008, 83-98). İkili karşılaştırmalar

$A = (a_{ij})_{n \times n}$ ikili karşılaştırmalar matrisi ya da diğer adıyla karşılıklılık matrisinde Şekil 6'daki gibi düzenlenmektedir.

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

Şekil 6: İkili Karşılaştırma Matrisinin Yapısı

2003. Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary. **European Journal of Operational Research**. c. 145, 88.

Bütün pozitif i ve j ler için $a_{ii} = 1$, $a_{ij} > 0$, $a_{ij} = 1/a_{ji}$ ise A karşılaştırma matrisine pozitif karşılıklılık matrisi denir. Bütün i, j ve k lar için $a_{ik} a_{kj} = a_{ij}$ ise A matrisi kusursuz, $a_{ik} a_{kj} \sim a_{ij}$ ise A 'ya yaklaşık tutarlı denir. $A > B$ ve $B > C$ iken $A > C$ özelliği sağlanıyorsa A matrisi geçişkendir (Saaty, 2003, 85-91).

İkili karşılaştırma matrisi karar vericilerin nitel özellik veya ölçütleri ölçülebilir sayısal değerlere çevirebilmek için tecrübe ve uzmanlıklarına dayanarak oluşturdukları eleman değerleri ve sayısal skalalardan oluşmaktadır (Saaty, 1978). Saaty, iki unsuru birbiriyle kıyaslayabilme adına 1-9 temel ölçeğini geliştirmiştir. Karşılaştırma matrisinin doldurabilmesi için $n(n-1)/2$ karşılaştırmaların yapılması gerekmektedir (Saaty, 1978, 57-68 ;Saaty, 2001b, 397-401). Saaty tarafından 1978' te 9 nokta Oran Ölçeğinin (Ratio Scale) ortaya atılmasını takiben, 1995 te Triantaphyllou ve Mann tarafından Farklılıklar -Ölçeği (Differences Scale) ve (Lootsma,1988, 57-88; Lootsma, 1991, 67-91) tarafından Üstel Ölçekler (Exponential Scales) geliştirilmiştir (Kou ve diğ., 2013, 74-76).

Karşılaştırma matrisi kümesi oluşturulduğunda, alternatiflerin öncelik ağırlıkları bu matristen türetilerek alternatiflerin sıralama derecelerine göre karara varılmaktadır (Saaty, 1994, 19-43). İkili karşılaştırma matrisinden alternatiflerin öncelik ağırlıklarını oluşturacak çok sayıda yöntem mevcuttur: Sütun Toplam Yönteminin Normalleştirilmesi, Normalleştirilmiş Sütun Yönteminin Aritmetik Ortalaması (Saaty, 1980, 45-48), Doğrudan En Küçük Kareler Yöntemi, Ağırlıklandırılmış En Küçük Kareler Yöntemi (Chu,

Springam, Kalaba, 1979, 531-541). Logaritmik En Küçük Kareler Yöntemi (Crawford, Wiilliams, 1985, 387-405), Geometrik Ortalama Çözümü (Barzilai, 1997, 1226-1232), Logaritmik Hedef Programlama Yöntemi (Bryson, 1995, 641-648). Bu yöntemlerin yanı sıra özvektör yöntemi AHP Expert Choice Yazılımı kullanılarak çözülmektedir (Kou ve diğ. 2012, 12-14).

İkili karşılaştırma matrisinin AHP ve ANP için hayati öneme sahip olduğu görülmektedir. Analitik ağ sürecinde, AHP ile benzer şekilde, ikili karşılaştırma matrisinin çözüme kavuşturulabilmesi için belirli hususların sağlanması gereklidir. Bunlar; tutarlılık testi, tutarsız eleman(ları) tanımlama ve düzenleme, eksik değerleri tahmin etme. Ancak, ANP daha çok sayıda karşılaştırma matrisi içerdiğinden bu hususlar ANP’de AHP’ye göre daha karmaşık olmaktadır. Ayrıca, daha önce söz edilen buluşsal yöntem ve karşılaştırma matrisi yaklaşımları öncelik sırasını değiştirmez ve AHP’de tutarlı bir sonuca ulaşabilmesine karşın Analitik Ağ Süreci’nde (ANP) geçerli olmamaktadır. Çoğunlukla, Analitik Ağ Yöntemi; AHP’ye nazaran daha çok sayıda ikili karşılaştırma matrisi içermekte ve bütün oran ölçeği öncelik vektörleri ANP’de yer alan supermatris’deki sütunlardır (Saaty, 1996, 8-9; Saaty, 2006, 1-26; Caballero-Luque ve diğ., 2010, 419-436). İkili karşılaştırma matrisleri çok az tutarsız bile olsa ANP’nin öncelikli sonucu değişmektedir. Dolayısıyla, uzmanlar tarafından oluşturulan esas ikili karşılaştırma matrisindeki karşılaştırma bilgilerinin büyük bir kısmını kaybetmeyen bir tutarsızlık tanımlama yöntemi hem ANP hem de AHP için bir zorunluluk oluşturmaktadır (Saaty 1996, 8-9; Saaty, 2005, 36-42; Lee, Kim 2000, 367-382; Mikhailov, Singh, 2003, 33-41).

AHP tutarsızlık sorunu dışında, karmaşık karar sorunları için değerleri her bir karşılaştırma matrisine atama işlemi uzmanların işini bir hayli güçleştirmektedir. Sınırlı uzmanlık, zamanın yetersizliği ve öncelik anlaşmazlıkları gibi nedenlerle kusursuz bir karşılaştırma matrisini sağlamak çoğu zaman olanıksız hale gelmektedir (Harker, Vargas, 1987, 1383–1403; Forman, 1990, 153-155). Bununla birlikte, nihai öncelik vektörlerini elde etmek için ikili karşılaştırma matrisinin hazır olması gerekmektedir. İkili karşılaştırma matrisi hazır değilse, mevcut olmayan girişlerin yerine ikili karşılaştırma matrisi tutarlılığını sağlayabilecek veya geliştirebilecek değerler girilmektedir. Dolayısıyla, girdilerinde noksanlık söz konusu olan hazır olmayan bulanık ya da karşılıklı ikili karşılaştırma matrisi üzerine çok sayıda çalışma ortaya konulmuştur: (Carmone, Kara, Zanakis, 1997, 538-553; Alonso ve diğ., 2004, 227-238; Alonso ve diğ., 2008, 155-175;

Hu, Tsai, 2006, 53-62; Brunelli, Fedrizzi, Giove, 2007, 86-93; Fedrizzi, Giove, 2007, 303-313; Chiclana, Herrera-Viedma, Alonso, 2009, 1628-1633).

2.4.3.3. AHP Tercih Ölçeği

İkili kıyaslamalar ölçeği Şekil 7’de gösterilmektedir. 1, 3, 5, 7 ve 9 rakamları, bir durumun bir diğerine göre tercih edilme gücünü temsil eden ölçeklendirme oranları olarak kullanılmaktadır. Örneğin, sayı 9 başka bir öğeye göre aşırı derecede önemli olduğunu temsil etmektedir. Genellikle, üyeler bir başkasıyla kıyaslandığında pratikte niteliksel ayrımlar anlamlı hale geldiğinden ve bütünüyle duyarlı olan bir elemana sahip olduğundan 9 nokta ölçeği kullanılmaktadır. Eşit, orta, güçlü, çok güçlü ve aşırı olarak belirlenen beş olası öznelikle niteliksel ayrımlar yapabilme yeteneği çok iyi temsil edilmektedir (Saaty, 1980, 41-43). AHP yöntemi uygulanırken karar vericinin ikili kıyaslama matrisinde verdiği tercih derecelendirmelerinde tutarlı olması şartı aranmaktadır (Lin, 2007, 1145–1150).

Ölçek		Tanım		Ölçek
1	← Tercih Edilmeyen	Eşit Derecede Önemli	Tercih edilen →	1
1/3	← Tercih Edilmeyen	Orta Derecede Önemli	Tercih edilen →	3
1/5	← Tercih Edilmeyen	Kuvvetli Derecede Önemli	Tercih edilen →	5
1/7	← Tercih Edilmeyen	Çok Kuvvetli Derecede Önemli	Tercih edilen →	7
1/9	← Tercih Edilmeyen	Mutlak Derecede Önemli	Tercih edilen →	9

Şekil 7: İkili Karşılaştırma Ölçeği

2008. Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. International Journal Of Services Sciences. c. 1. s. 1: 83-98.

2.4.3.4. Grup Kararı Alma

Yargılamaların birleştirilmesi gerekir ki, sentezlenmiş yargıların karşılıkları bu yargıların karşılıklarının sentezlerine eşit olmalıdır. Karşılıklılık prensibi, grupta bir yargılama kararı elde etme esnasında birkaç kişinin bireysel kararlarını birleştirmede önemli bir rol oynamaktadır. Geometrik ortalamanın bunu gerçekleştirecek tek metot olduğu görülmüştür.

Grup karar vermede yer alan iki önemli konu aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

- Bir gruptaki bireysel yargıların tüm grup için tek bir temsili yargı haline nasıl getirileceği,
- Bireysel seçimlerden bir grup seçiminin nasıl hazırlanacağı

Bireyler uzmanlardan oluşuyorsa, karar bir hiyerarşinin nihai sonucu olmadıkça kararlarını birleştirme taraftarı değillerdir. Bu durumda, nihai sonuçların geometrik ortalaması alınır. Eğer bireylerin farklı öncelikleri varsa, kararları (nihai sonuçlar) önceliklerin kuvvetine yükseltir ve ardından geometrik ortalama oluşturulur (Saaty, 2004, 28-29). Grup üyelerinin eşit önemde olmadığı düşünüldeğü durumlarda, AIJ (Birleştiren Bireysel Hükümler)'de ağırlıklandırılmış geometrik ortalama veya AIP (Toplu Bireysel Öncelikler)'de ağırlıklandırılmış geometrik veya aritmetik ortalama kullanılmaktadır (Ernest, Peniwati, 1998, 165-169).

2.4.3.5. Tutarlılık

Karar verme süreci esnasında, doğası gereğİ karmaşık olan karar sorunlarında farklı nitelikler ya da kriterler karşılaştırıldığında tutarsızlık sorunu ile karşılaşmaktadır. Örneğın, A'nın B ye göre 2 kat önemli ve B niteliğıninde C ye göre 3 kat önemli olduğunu varsayalım. Ancak A, C ye göre 6 kat değil 4 kat önemli olabilir. Benzer biçimde, $A > B$, $B > C$ iken $C > A$ olabilir. Bu her iki durumda tutarsızlık olarak nitelendirilmektedir. Dolayısıyla, karşılaştırma matrisinin öncelik vektörleri hesaplanmadan önce karşılaştırma matrisinde tutarlılık testini yapmak kaçınılmazdır. Karşılaştırma matrisinde tutarlılık testi olumsuz sonuçlanırsa, tutarsız elemanların revize edilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde, karar analizi işlemi anlamsız olmaktadır (Saaty, 1991, 1-9).

Bir ikili karşılaştırma matrisinde elemanlara atanan değerler, karar vericilerin kendi deneyimlerine ve uzmanlıklarına dayanarak verilmektedir. Dolayısıyla, karar alıcıların deneyimlerinin ve uzmanlıklarının belli bir sınırının olması ve karar sorunun yapısı gereğİ karmaşıklığı sebebiyle ikili karşılaştırma matrisi tutarsız olabilmektedir. Örneğın, A, B ve C gibi üç karşılaştırma alternatifinin olduğu varsayımında, A'nın B' ye göre m kez, B' ninde C'ye göre n kez tercih edildiğİ bir durumda A'nın C'ye göre mn kez tercih edilmemesi durumunda tutarlılık koşulu ihlal edilerek kardinal tutarsızlık meydana gelmektedir. Diğer taraftan, A'nın sadece B'ye B'nin de sadece C'ye tercih edildiğİ durumda A'nın C'ye göre tercih edilme durumu söz konusu değilse buna da sıralı tutarsızlık (ordinal inconsistency) denilmektedir. Esas olarak daha çok kardinal tutarsızlık konusuna

odaklanıldığından genel olarak onu kast ederek tutarsızlık ifadesi kullanılmaktadır. Uygulamada mükemmel tutarlı bir ikili karşılaştırma matrisi oluşturmak gerçekçi olmamaktadır (Kou ve diğ., 2013, 17-20).

Bu sebeple, AHP Tutarlılık Dizini (CI), $CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$, n matris boyutuna bağlı ortalama Rastgele İndeksi (RI) Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1: Ortalama Rastgele İndeksi (RI)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.4	1.45	1.49

Kou, Gang, Daji Ergu, Y. Peng, Yi Shi. 2013. **Data Processing for the AHP/ANP**. Berlin Herdelberg: Springer-Vedag

Bununla birlikte A matrisinin en büyük özdeğeri $\lambda_{\max}$ olmak üzere (CR) tutarlılık oranı $CR = CI/RI < 0,1$ şeklinde hesaplanabilen belirli bir ikili karşılaştırma matrisi tutarsızlığı seviyesine izin vermektedir (Saaty, 1991, 1-9).

$CR < 0,1$ ise, ikili karşılaştırma matrisinin tutarsızlığının göreceli olarak az olduğuna işaret etmekte ve tolere edilebilir bir tutarlılık olduğu belirtilmektedir; aksi takdirde, geçerli bir karar verme adına tutarsız elemanlar belirlenerek gerekli ayarlamalar yapılmaktadır (Saaty, 1980, 21-26).

Ancak, CR yönteminin kendisi en tutarsız öğeleri tanımlayamadığı için, 3. dereceden basit karşılaştırma matrislerinin özelliklerini dikkate alarak yeni bir tutarlılık ölçümü (Consistency Measure) “CM” tasarlanmıştır (Koczkodaj, 1993, 79-84). Daha sonraları matris determinantından faydalanan bir yöntem de ortaya konmuştur (Pel'aez, Lamata, 2003, 1839-1845). Bununla birlikte, geçerli bir açıklaması olmaması sebebiyle 0,1 eşik değeri eleştirilerek farklı dereceden matrislere farklı eşik değerleri tanımlamak adına $CR=10\%$ ifadesine karşılaştırılabilir tutarsızlık eşik değerleri ortaya konmuştur. Yani, $n = 3$ ise 0,3147, $n = 4$ ise 0,3526 ve $n > 4$ ise 0.370 (Aguar'on, Moreno-Jim'enez, 2003, 137-145). Ayrıca, en büyük özdeğerin düzensiz göstergelerine ait bir regresyon açıklanarak analitik hiyerarşi yöntemi tutarlılık testinde kullanılmak üzere çok sayıda istatistiksel yaklaşım geliştirilmiştir (Alonso, Lamata, 2006, 445-459; Moreno, Vargas, 1993, 73-81; Vargas, 2008, 454-463).

AHP'de, yalnızca karşılıklılık ve geçişkenlik kurallarının ikili karşılaştırma işlemiyle uyumlu olması halinde ve ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılık testini geçmesiyle hesaplanan öncelikler uygun kabul edilmektedir (Ishizaka, Lusti, 2004, 97-105).

İkili karşılaştırma matrislerinde verilerin toplanmasında, ölçüt ağırlıklarının atanmasında veya alternatiflerin puanlamasında sıklıkla anketler kullanılmaktadır. Ancak, ankete katılan uzmanlar çoğunlukla öznel kıyaslamalarında önyargılı olduklarından, ikili karşılaştırma matrislerinde tutarsız karşılaştırmaların olmasına neden olabilmektedir. Karşılaştırma matrislerinde tutarlılık endeksi olarak CR'yi kullanmanın en büyük zorluğu belirtilen aşamaların her bir karşılaştırma matrisinin tutarlılık testinde tekrar edilmek zorunda kalınmasıdır. Buna bağlı olarak, AHP'de yer alan tutarsızlık sorunları geniş çapta çalışılmış, çok sayıda yaklaşım önerilmiş ve modeller tasarlanmıştır (Saaty, 1986, 841-855; Saaty, 1987, 161-176; Saaty, 1990, 9-26; Harker, Vargas, 1987, 1383-1403 ; Liu, 1999, 100-104 ; Xu, Wei, 1999, 443-449; Wei, Zhang, 2000, 62-66).

AHP ve ANP'nin ikisinde de bulunan ikili karşılaştırma matris verileri sıklıkla tutarlılık test göstergeleri, tutarsızlık belirleme, eksik değerlerin kestirimi, anket verilerinin bir araya getirilmesi ve sıralamayı tersine çevirme gibi meseleler için anket tasarımı içermektedir (Ergu ve diğ., 2011a, 47-56). İkili karşılaştırma matrisinde yer alan yetersiz girdileri işlemek için, matematiksel olarak AHP / ANP için yeni tutarlılık göstergesi gibi tutarlılık oranı yöntemine eşit bir maksimum özdeğer eşik yöntemi tasarlanmıştır. İkili karşılaştırma matrisindeki esas karşılaştırma bilgilerinin büyük bir kısmını koruyarak tutarsız unsurları kolay ve kusursuz bir şekilde belirlemek için sadece esas karşılaştırma matrisine dayanan ve öncelik ağırlık vektörlerinin türetme yolundan bağımsız bir etkilenmiş taraflı matris modeli (Induced Bias Matrix Model) tasarlanmıştır (Ergu ve diğ., 2011b, 246-259). Etkilenmiş taraflı matris modeli, genel tutarlılığı korumasına (Ergu ve diğ., 2011c, 101-113) ve anket tasarımı en uygun hale getirmesine rağmen etkilenmiş taraflı matris modelinin eksik olan eleman puanlarına değer biçmek için ayrıca geliştirilmiştir (Ergu, Kou, 2011, 5-23).

Bununla birlikte, tasarlanan etkilenmiş taraflı matris modeli iki gerçek durumda uygulanmaktadır: bulut bilişim şartlarında göreve yönelik kaynak ataması ve ikili karşılaştırma matrislerin tutarlılık oranlarını geliştirmek için risk değerlendirme ve karar analizi (Ergu ve diğ., 2011d, 835-848; Ergu ve diğ., 2014, 58-74). Sonuçta, etkilenmiş taraflı matris

modelinin başka bir biçimi ve var olan yöntemlerden daha basit ve kolay olan uyarılmış aritmetik ortalama yanlılık matrisi tasarlanmıştır (Ergu, Kou, 2013, 5).

2.4.3.6. Öncelik Vektörü

İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulmasının ardından, karar verme sorunlarının son öncelik vektörü farklı tekniklerle elde edilebilmektedir (Kou, Ergu, 2013, 14-16): Özvektör Yöntemi (Saaty, 1977, 231-281), sütun toplamı yönteminin normalleştirilmesi ve normalleştirilmiş sütun yönteminin aritmetik ortalaması (Saaty, 1980, 42-47), doğrudan en küçük kareler yöntemi ve ağırlıklandırılmış en küçük kareler yöntemi (Chu, Springam, Kalaba, 1979), logaritmik en küçük kareler yöntemi (Bryson, 1995, 641-648), geometrik ortalama yöntemi (Barzilai, 1997, 1226-1232).

Öncelik vektörlerine dayanan çoğu yöntem tutarsızlık matrisinden türetilmektedir. Mesala, $n(n-1)/2$ de yer alan $\{ v_i \omega_j - a_{ji}^2 v_j \omega_i \}$, $i > j$ değerlerinden en büyük mutlak değere sahip olan herhangi birini inceleyerek en büyük tutarsız girdiyi tanımlamak için $\partial \lambda_{\max} / \partial a_{ij} = v_i \omega_j - a_{ji}^2 v_j \omega_i$ denklemi geliştirilmiştir (Saaty, 2007, 860-891).

En büyük tutarsızlık elemanını tanımlamak için $B = [| a_{ij} - \omega_i / \omega_j |]$ matrisinin mutlak farkları düzenlenmiştir (Saaty 1980, 53-58; Saaty, 1994, 19-43). AHP Expert Choice yazılımında en büyük tutarsızlık elemanını tanımlayarak ve $\omega = (\omega_1, \dots, \omega_n)$ öncelik vektörüne ait olan ω_i ve ω_j esas öznel öncelik ağırlıklarını kullanarak $E = (\varepsilon_{ij}) = (a_{ij}\omega_j / \omega_i)$ matrisini tasarlamıştır (Saaty, 2003, 85-91). Bunların yanı sıra tutarsızlığın tespiti için benzer iki yöntem daha geliştirilmiştir (Xu, Wei, 1999, 443-449; Cao, Law, Leung, 2008, 944-953).

2.4.3.7. Duyarlılık Analizi

Duyarlılık analizi, girdi verisine bir miktar müdahale edilerek sonuçlar üzerinden etkilerin izlendiği karar sürecinin son basamağı olarak tanımlanmaktadır. Sıralama aynı kaldığı takdirde, sonuçların kuvvetli olduğundan söz edilmektedir. Duyarlılık analizi için ideal metod grafiksel arayüzle gerçekleştirilmektedir. Expert Choice yazılımı, çeşitli grafik gösterimlerin olduğu değişik duyarlılık analizi alternatifleri sunmaktadır (Ishizaka, Labib, 2009, 201-220).

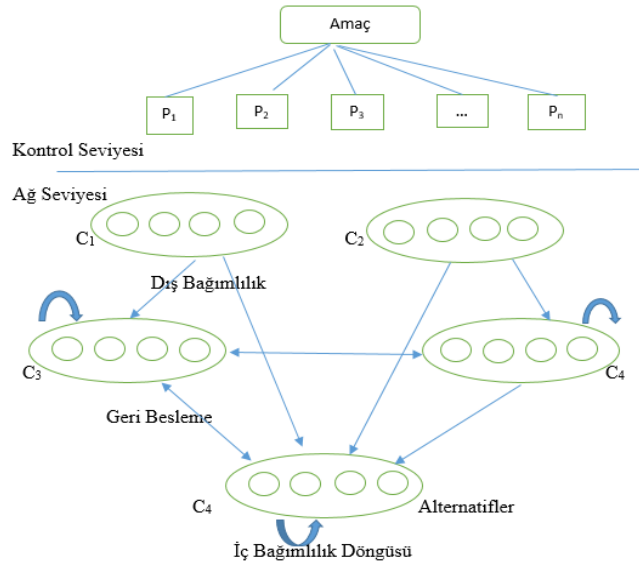
2.5. Analitik Ağ Süreci (ANP)

Analitik Ağ Sürecinin temel yapısı ve AHP'den temel farklılıkları aşağıda açıklanmaktadır.

2.5.1. ANP'nin AHP'den Yapısal Farklılıkları

Önceden de belirtildiği üzere AHP'nin iki varsayımı mevcuttur: daha yukarıdaki bir seviye yer alan elemanla daha aşağıdaki bir eleman ve aynı seviyedeki elemanlar kendi aralarında bağımsızdır. Bu iki varsayım nitel ve nicel özelliklerle çok ölçütlü karar vermeyi kolaylaştırmaktadır (Saaty, 1994, 19-43).

Ancak, çok sayıda karar problemi karmaşık olması ve karar probleminin dinamik yapısı gereği hiyerarşik olarak yapılandırılmaz. Dolayısıyla daha yukarıdaki ile daha aşağıdaki bir seviyenin elemanları arasındaki ilişki ve bağımlılık göz ardı edilemez. AHP'nin yapısından kaynaklanan bu eksiklik nedeniyle hiyerarşik olarak yapılandırılmayan sorunlar için (Analitik Ağ Yöntemi "Analytic Network Process") ANP tanımlanmıştır. ANP, AHP'nin geliştirilmiş şeklidir. Karar sistemindeki geri bildirim ve bağımlılık ile baş edebilmekte ve söz edilen iki varsayımı yapmadan karar verme adına genel bir taslak ortaya koymaktadır (Saaty, 2008, 83-98). ANP işlemi Şekil 8'den görüleceği üzere iki seviyeden oluşmaktadır (Saaty, 2006, 1-26):



Şekil 8: ANP Yapısı

Birinci seviyede ilişkileri kontrol eden kriter ve alt kriterleri kontrol eden hiyerarşi ya da ağ. İkinci seviyede ise, elemanlar ve kümeler arası etkileşimlerin ağı (Saaty, 1996, 49).

ANP’de elemanlar ve kümeler arası dışa bağımlılık ve/veya içe bağımlılık söz konusudur. ANP’de öncelik vektörleri ikili karşılaştırma matrislerinden oluşur ve Super Matrisi ise sütun öncelikleri matriside denilen elemanlardan oluşur. Bu süper matrislerin her biri kendisine ait kontrol kriteri önceliği tarafından ağırlıklandırılır ve sonuçları tüm kontrol kriteri toplamı şeklinde sentezlenir (Saaty, 2005, 11-18).

ANP’nin temel basamaklarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz (Saaty, 1999, 1-14; Saaty, 2001a, 365-381; Saaty, 2008, 83-98):

- 1) Elemanları ve kümeleri tanımla,
- 2) Modeli oluştur,
- 3) Karşılıklı bağımlılıkları tanımla,
- 4) Elemanlar ve kümeler arasında ikili karşılaştırma matrisi yapılandır.
- 5) Süper matris oluştur ve süper matris limitini çöz.

Bu temel işlem basamaklarında, AHP’den farklı olarak ANP’ye özgü olanlar bağımlılık ve süpermatris kavramlarıdır.

2.5.1.1. Bağımlılık Kavramı

İkili karşılaştırma matrisi ve tutarlılık testi dışında, karar vermede AHP uygulamalarına ait üst ve alt kademe elemanlar arasındaki bağımsızlık, bir düzeydeki elemanlar arasındaki bağımsızlık ve karar probleminin hiyerarşik yapısı gibi konularda çok sayıda varsayım mevcuttur (Saaty, 1994, 19-43; Saaty, Zoffer, 2011, 5-64). Ancak aslında karar vericiler çoğunlukla hiyerarşik şekilde yapılandırılmayan karmaşık karar sorunlarıyla uğraşmaktadırlar. Bunun yanı sıra, aynı düzeydeki karar niteliklerinin birbirlerine etkileri ve aynı düzeyde olmayanların kendi aralarında bilgi akışı karar verme işleminde özen gösterilmesi gereken konulardır. Dolayısıyla bu konulara dikkat edilmediği durumda bu tür karar sorunlarıyla uğraşırken AHP yöntemi kusursuzca işleyememektedir (Saaty, 2006, 1-26).

AHP’nin yapısı gereği kaynaklanan bu sorunlar nedeniyle daha geniş ve tamamlayıcı bir yöntemi olan analitik ağ süreci (ANP) oluşturulmuş ve zaman içinde geliştirilmiştir. ANP yönteminde hiyerarşik şekilde yapılandırılmayan, iç ve dış bağımsızlık hipotezleri

mevcut olmayan karar sorunlarını elde etmede faydalanılmaktadır (Saaty, 2001a, 365-381).

2.5.1.2. Süpermatris

Markov zinciri yöntemiyle birbirine yakın özellikler taşımaktadır (Saaty, 2006, 1-26). Birbirini etkilemeyen girdilerin olduğu koşullarda yerel öncelik vektörleri süpermatrise girilerek global öncelikler oluşturulur. Yani, parçalı bir matris olarak ifade edilen süpermatrisin her bir bölümü düzendeki bileşen veya kümeler arasında olabilecek iki ağ bağıntısını ifade etmektedir (Meade, Sarkis, 1999, 241-261).

C_k karar bileşeni ve $k = 1, \dots, n$ olmak üzere; her bir k bileşenin $e_{k1}, e_{k2}, \dots, e_{km_k}$ şeklinde ifade edilebilecek m_k adet unsura sahiptir. Yerel öncelik vektörleri, etkinin yönünü dikate alarak iki bileşen arasında ya da kendi kendine döngüdeki bir bileşeninde söz konusu olduğu koşullarda süpermatrise elverişli şekilde kaydedilir ve gruplandırma yapılır. Klasik bir süpermatris Şekil 9’da gösterilmektedir (Saaty, 2006, 1-26).

$$W = \begin{bmatrix} C_1 & \dots & C_k & \dots & C_n \\ e_{11} & e_{12} & \dots & e_{1m_1} & \dots & e_{k1} & e_{k2} & \dots & e_{km_k} & \dots & e_{n1} & e_{n2} & \dots & e_{nm_n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ C_1 & e_{11} & e_{12} & \dots & e_{1m_1} & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ C_k & e_{k1} & e_{k2} & \dots & e_{km_k} & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ C_n & e_{n1} & e_{n2} & \dots & e_{nm_n} & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}$$

Şekil 9: Standart Bir Süpermatris

2006. The analytic network process, decision making with the analytic network process. **Springer, International Series in Operations Research & Management Science**. c. 95, 18.

Örneğin, üç aşamalı hiyerarşide süpermatris Şekil 10’da gösterildiği gibi elde edilmektedir (Saaty, 2006, 1-26):

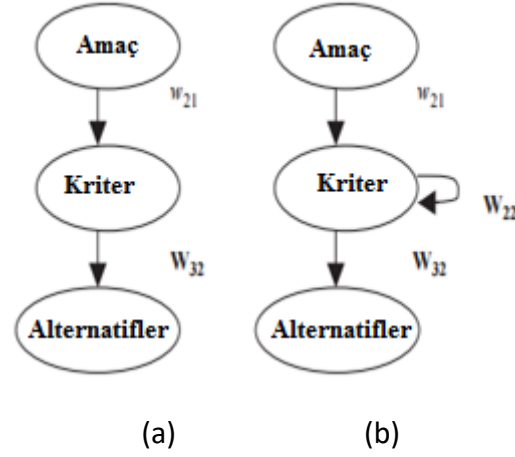
$$W = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ W_{21} & W_{22} & 0 \\ 0 & W_{32} & I \end{bmatrix},$$

Şekil 10: Üç Aşamalı Hiyerarşide Süpermatris

Saaty, Thomas L. 2006. **The analytic network process, decision making with the analytic network process**. Springer, International Series in Operations Res. & Man. Science. c. 95, 19.

Matris, hedefin kriterlere olan etkisini temsil eden w_{21} vektörü, kriterlerin tek tek bütün alternatiflere etkisini ifade eden W_{32} matrisi, özdeş matris I ve etkisiz elemanları gösteren sıfır girdilerinden meydana gelmektedir.

Bu örnekten devam edildiğinde, kriterler bağlantılıysa, Şekil 11 (a)'da gösterilen hiyerarşik yapı ile Şekil 11 (b)'de gösterilen ağ yapısı W_{22} gibi bir ağ ile farklılaşır. W_{22} (2,2) için kendi aralarında bağımlılığı belirttiğinde, süpermatris aşağıdaki gösterildiği gibi ifade edilmektedir (Saaty, 2006, 1-26):



Şekil 11: Hiyerarşi (a) ve Ağ (b)

J.A. Momoh, J.Z. Zhu. 1998. Application of AHP/ANP to unit commitment in the deregulated power industry. **IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics**. c. 1. s. 1: 817-820.

Etkileşimin olduğu durumlarda, süpermatriste herhangi bir sıfır ile matris değiştirilebilir. Ağda bulunan kümelerde çoğunlukla karşılıklı bağımlılık mevcut olduğundan, sütun sayısı en az iki tanedir. Süpermatris stokastik hale getirilir (Saaty, 1996, 58-59). Süper matriste tek tek bütün sütunlarda yer alan bloklar ağırlıklandırılır. Matrisin kuvvetlerini aldıkça, elemanların uzun dönemde kendi aralarında göreceli etkileri anlaşılabilir. Önem ağırlıklarına yakınsama maksatıyla süpermatris $2k + 1$ derecesine kadar kuvveti alınarak limit süpermatrisi elde edilir. Limit süpermatrisin bütün bloklarının normalleştirilmesiyle her elemanın son öncelikleri elde edilmektedir (Saaty, 2006, 14-17).

2.5.1.3. En İyi Alternatiflerin Seçilmesi:

Süpermatris tüm ağı içeriyorsa, alternatiflerin normalleştirilmiş süpermatriste yer alan sütununda alternatiflerin öncelik ağırlıklarına ulaşılabilir. Süpermatris yalnızca

birbiriyle bağıntılı bileşenlerden meydana gelmişse, alternatiflere ait genel öncelikleri oluşturma adına başka işlemlerde ihtiyaç duyulur. Genel önceliği en büyük alternatif seçilmelidir (Saaty, 2004, 1-35).

2.5.2. ANP Uygulamaları

ANP yöntemi, kullanılmaya başlamasından günümüze kadar gittikçe popülerlik kazanmış ve çeşitli alanlarda uygulama olanağı bulmuştur (Saaty, 2007, 860-891). Örneğin, sıfır-bir hedef programlama modeli ile ANP’yi bütünleşik kullanan “IS” bilgi sistemi proje seçim yöntemini geliştirilmiştir (Lee, Kim, 2000, 367-382).

Bunun yanı sıra ANP yönteminin kullanıldığı alanlara aşağıdaki örnekleri vermek mümkündür:

- ANP den yararlanarak bir firmanın önemli kabiliyetlerini belirlemede bir taslak yapılandırılmıştır (Khalid, Zhang, Naila, 2002, 39-51).
- Kalite evinde ürün teknik gereksinimlerinin önem seviyelerini tespit ederken, müşteri ihtiyaçları ve ürün teknik gereksinimleri arasındaki karşılıklı ilişkileri değerlendirmede ANP’den faydalanılmıştır (Karsak, Sözer, Alptekin, 2003, 171-190).
- Bir ANP taslağına dayanılarak finansal kriz olasılığı hakkında öngörude bulunmada kullanılan denksizlik-krizi dönüm noktası modeli tasarlanmıştır (Niemira, Saaty, 2004, 573-587).
- Bir yarı iletken üreticisinde değişik ürün birleşimlerini seçme ve değerlemede ANP'den yararlanılmıştır (Chung, Lee, Pearn, 2005, 15–36).
- ANP ile amaç fonksiyonunun katsayılarını elde etmede ve kalite fonksiyonunun dağıtım planı işlemi için bulanık optimizasyon modelinde ANP’den yararlanılması önerilmiştir (Kahraman, Büyüközkan, Ertay, 2006, 390–411).
- Toplam kalite yönetiminin uygulanmasını geliştirme adına ANP tabanlı bir taslak ortaya konulmuştur (Bayazıt, Karpak, 2007, 79–96).
- İşletmelerin bilgi yönetimi taktiklerini değerlendirme ve seçmelerinde bütünleşik ANP ve DEMATEL uygulamalarından oluşan etkin bir çözüm yolu oluşturulmuştur (Wu, 2008, 828–835).
- Tedarikçileri seçme ve periyodik sevkiyat dağıtımlarını belirlemede çok sayıda soyut ve somut ölçütleri dikkate alarak çalışan Arşimet Hedef Programlama

(AGP) ve Analitik Ağ Süreci (ANP) 'nin bütünleşik bir çözüm yolu önerilmiştir (Aktar, Üstün, 2009, 677–690).

- Web sitesi içeriğinin oluşturulma amaçlarını sağlamak için yeterli olup olmadığını kontrol etmek için örgüt yöneticilerinin işlerini kolaylaştıracak ANP'yi esas alan bir model geliştirilmiştir (Caballero-Luque ve diğ., 2010, 419-436).

Yukarıda söz edilen alanlar dışında, risk değerlendirme ve karar analizi konularında da çok sayıda ANP uygulaması mevcuttur. Örneğin, köprü planında esas etkinliklerin risk derecesini ölçmek için bir ANP uygulaması geliştirilmiştir (Lu, Lin, Ko, 2007, 169-173). Yöneticiler tarafından uygun arama karar işlemlerine ışık tutmak ve e-ticaret taktiğinin doğrudan ve dolaylı olarak hem baskın olabildiği hem de işletme düzeyindeki stratejiler tarafından yürütüldüğü geri bildirim düzenekleri üzerine çalışmalarda yine ANP'den faydalanılmıştır (Raisinghani, Mahesh, Schkade, 2007, 673-686). Çalışma düzeni güvenliğinde önemli olan kusurlu tutum ihtimalinin belirlenmesinde de ANP kullanılmıştır (Dağdeviren, Yüksel, Kurt, 2008, 771–783). Bunların yanı sıra, yeterli bilginin olmadığı afet planlanması ve olağanüstü haller yönetimine katkıda bulunmak için Grup Analitik Ağ Süreci (GANP) modeli geliştirilmiştir (Levy, Taji, 2007, 906-917).

3. AKILLI ŞEHİR KAVRAMI VE SEÇİM KRİTERLERİ

3.1. Akıllı Şehir Kavramının Gerekliliği

Son yirmi yılda "akıllı şehir" kavramı bilim literatüründe ve uluslararası politikalarda giderek daha popüler hale gelmiştir. Bu kavramı anlayabilmek için kentlerin neden geleceğin kilit unsurları olarak görüldüğünün bilinmesi önemlidir. Şehirler dünya genelinde sosyal ve ekonomik açıdan birinci derecede önemli bir rol oynamaktadır ve çevre üzerinde büyük etkisi vardır (Mori, Christodoulou, 2012, 94-106).

Birleşmiş Milletler Nüfus Fonu'nun 2008 raporunda, tüm insanların yüzde 50'sinden fazlasının yani 3,3 milyar insanın kentsel alanlarda yaşadığı; bu rakamın 2050 yılına kadar yüzde 70'e çıkacağı belirtilmiştir. Avrupa'da, nüfusun yüzde 75'i kentsel alanlarda yaşamakta ve sayılarının 2020'ye kadar yüzde 80'e ulaşması beklenmektedir. Kentsel alanların küresel bir olgu olarak önemi, Asya, Latin Amerika ve Afrika'daki 20 milyondan fazla kişinin yaşadığı mega şehirlerinin artmasıyla doğrulanmaktadır. Ayrıca, günümüzde dünya üzerindeki kaynakların çoğunluğunun şehirlerde tüketilmesinin yanı sıra şehirlerin kendi ülke ekonomik büyüklüklerine olumlu katkıda bulunmalarına ek olarak ülkelerinin çevresel performanslarının kötüleşmesine de sebep oldukları bilinmektedir. Şehirler dünya çapındaki enerjinin yüzde 60 ila 80'ini tüketmekte ve GHG emisyonlarının büyük bir kısmından sorumludurlar (BM, [28.06.2017]).

Mevcut senaryo, şehirlere yeni zorlukları yönetebilmesi için çözüm yolları bulmasını gerektirmektedir. Dünya çapındaki şehirler, ulaşım bağlantılarına, karışık arazi kullanımlarına ve yüksek kaliteli şehir hizmetlerine ekonomide uzun vadeli olumlu etkiler bırakacak şekilde çözümler üretmeye başlamışlardır. Örneğin, ekonomik ihtiyaçları karşılayan kaliteli ve verimli toplu taşımacılık, kent büyümesinde kilit unsur olarak görülmektedir. Kentsel hizmetlerle ilgili yeni yaklaşımların birçoğu BİT dahil olmak üzere teknolojik donanımlarla ilgili olmakla beraber bazılarının "akıllı şehir" dediği şeyleri yaratmalarına yardımcı olmaktadır.

Aslında akıllı şehir kavramı, teknolojilerin şehirlere uygulanmasıyla sınırlı değildir. Dolayısıyla bu tezde, akıllı şehrin ne olduğunu, temel boyutlarının ne olduğunu ve

performansının nasıl değerlendirilebileceği konusunda en son bilgileri inceleyerek bir uygulama örneği ortaya koymaktadır. Çalışmanın temeli, son on yılda akıllı şehir konusunda yapılan yayınlar incelenerek literatürün gözden geçirilmesine dayanmaktadır. Çalışmanın yapılandırılmasında öncelikli olarak, "akıllı şehir" in ana tanımları gözden geçirilmekte ve bu kavrama verilen farklı anlamların ve gözönüne alınan çeşitli perspektiflerin altı çizilmektedir; bir sonraki adımda ise, akıllı şehrin temel boyutları analiz edilmekte; akıllı şehrin performans ölçütlerine odaklanılmakta, sözde akıllı şehir çalışmaları rapor edilerek; bu çalışmalar ışığında bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

3.1.1. Akıllı Şehir Üzerine Çeşitli Tartışmalar

Akıllı şehirlerin birçok tanımı vardır. Bir dizi kavramsal değişken, sıklıkla, "akıllı" yerine "akılcı" veya "dijital" gibi alternatif sıfatlar koyarak elde edilir. "Akıllı şehir" etiketi bulanık bir kavramdır ve her zaman tutarlı olmayan şekilde kullanılmaktadır. Akıllı bir kentin çerçevelendirilmesi için tek bir şablon ya da bir tane boyuta uyan herhangi bir tanım bulunmamaktadır (O'Grady, O'Hare, 2012, 1581-1582).

Bu terim ilk olarak 1990'lı yıllarda kullanılmıştır. O dönemde, kentlerdeki modern altyapılarla ilgili olarak yeni BİT'in önemi üzerinde durulmuştur. Akıllı Topluluklar için Kaliforniya Enstitüsü, toplulukların nasıl akıllı hale gelebileceği ve bir şehrin bilgi teknolojilerini uygulamak üzere nasıl tasarlanabileceğine odaklanan ilk kuruluşlar arasındadır (Alawadhi ve diğ., 2012, 40-53).

Bundan birkaç yıl sonra, Ottawa Üniversitesi'ndeki Yönetim Merkezi, akıllı şehirler fikrini teknik açıdan çok yönlü olarak eleştirmeye başlamıştır. Bu çalışmayla akıllı kentin kentsel gelişmede sosyal sermaye ve ilişkilerin rolünü vurgulayan güçlü bir yönetim odaklı yaklaşıma sahip olması fikri ortaya konulmuştur. Bununla birlikte, "akıllı şehir" etiketi, yeni yüzyılın ilk yıllarında "kent etiketi" fenomeni olarak kullanılmıştır. Birkaç yıl önce araştırmacılar, gerçek akıllı şehirleri işaret ederek "akıllı şehir" etiketinin ardında gizlenmiş birçok boyutu göstermeye başlamışlardır (Hollands, 2008, 303-320).

Kentsel planlama alanında "akıllı şehir" terimi genellikle politika aracı olarak ele alınmaktadır. Stratejik yönergeleri akıllıca kullanan bir boyut olarak tanımlanmaktadır. Her seviyedeki hükümetler ve kamu kurumları, sürdürülebilir kalkınma, ekonomik büyüme, vatandaşları için daha iyi yaşam kalitesi ve mutluluk yaratma politikalarını ve programlarını ayırt etme konusunda akıllı kavramını ön plana çıkarmaktadırlar (Ballas, 2013, 39-50).

Ayrıca, akıllı şehir kavramı yerine kullanılan dijital vb. diğer ilgili terimler arasındaki fark teknoloji, kişi ve toplum gibi üç farklı kategoride tartışılmıştır (Nam, Pardo, 2011, 282-291). Teknoloji açısından değerlendirildiğinde, akıllı şehir, kritik altyapı bileşenlerinde ve hizmetlerinde uygulanan BİT'in büyük varlığı olarak algılanmaktadır (Washburn ve diğ., 2010, 1-15). BİT, akıllı hareketli ürünler ve hizmetlere, yapay zekaya ve düşünen makinelere nüfuz etmektedir (Klein, Kaefer, 2008, 260). Akıllı evler ve akıllı binalar, çok sayıda mobil terminal ve bütünleşik cihazlar ile birlikte bağlı sensörler ve aktüatörler ile donatılmış sistemler olarak tanımlanmaktadır (Ghaffarian ve diğ., 2013, 593-607).

Bununla birlikte, akıllı bir şehirde fiziki altyapıyı izlemek için kullanılan son teknoloji sensörlere genel bir bakış sunularak çok sayıda mevcut uygulama tartışılmıştır. Örneğin, gelişmiş enerji algılaması, kentsel akıllı enerji şebekelerinin geliştirilmesi için daha doğru ölçümü sağlarken, hareket kabiliyetli sensörler de trafik kontrol şemalarını geliştirmiştir (Hancke, Silva, 2013, 393-425). Dünya çapında araştırmalar şu anda kablosuz algılayıcı ağ düğüm teknolojisi, sistem minyatürleştirme, akıllı kablosuz teknoloji, iletişim ve heterojen ağ, ağ planlama ve dağıtım, kapsamlı algılama ve bilgi işleme, kod çözümüleme hizmeti, arama, izleme ve bilgi dağıtımını üzerine odaklanarak akıllı alanın tüm şehir ölçeğine yayılmasını amaçlamaktadırlar (Liu, Peng, 2013, 72-81).

3.1.2. Akıllı Şehir Tanımları

Akıllı şehir, sürdürülebilir, daha çok çevre dostu, rekabetçi ve yenilikçi ticaret yaratmak için insan, bilgi ve şehir unsurlarını yeni teknolojileri kullanarak birbirine bağlayan, yüksek teknoloji içeren ve gelişmiş şehir olarak tanımlanmasının yanı sıra sakinleri için artan yaşam kalitesini ifade etmektedir (Bakıcı, Esteve, Wareham, 2013, 135-148).

Akıllı bir şehir olmak, mevcut teknoloji ve kaynakları, entegre, yaşanabilir ve sürdürülebilir kentsel merkezleri geliştirmek için akıllı ve koordineli bir şekilde kullanmak demektir (M. Barrionuevo, Berrone, Ricart, 2012, 50-57).

Beşeri ve sosyal sermaye ile geleneksel (ulaşım) ve modern (BİT) iletişim altyapı yatırımlarının, doğal kaynakların katılımcı yönetim yoluyla akıllıca yönetilmesi ile sürdürülebilir ekonomik büyümeyi ve yüksek yaşam kalitesini harekete geçiren kent akıllı olarak tanımlanmaktadır (Caragliu, Del Bo, Nijkamp, 2011, 65-82).

Akıllı şehirler, günlük hayatı destekleyen kentin altyapılarıyla bütünleşik elektrik, ulaşım ve diğer lojistik operasyonları optimize ederken iletişim ve sensör gibi ileri teknolojilerden faydalanan ve böylece herkesin yaşam kalitesini artıran şehir olarak tanımlanmaktadır (Chen, 2010, 2-3).

Araştırma fikirlerinin iki temel akışı vardır:

- 1) akıllı şehirler, yeni düşünce paradigmalarını kullanarak yönetim ve ekonomi ile ilgili her şeyi yapmalı ve
- 2) akıllı şehirler, sensörlerin ağları, akıllı cihazların, gerçek zamanlı verilerin ve insan hayatının tüm unsurlarıyla ilgili BİT entegrasyonlarının her alanıyla ilgilidir (Cretu, 2012, 57-67).

Akıllı şehir, birçok farklı alt sistem arasında akan akıllı bilgi alış verişine dayanmaktadır. Bu bilgi akışı analiz edilerek vatandaşlara ve ticari hizmetlere dönüştürülmektedir. Kent, daha geniş bir ekosistemi kaynakları daha fazla verimli ve sürdürülebilir kılmak için bu bilgi akışı üzerinden hareket ettirecek bir yapıdır. Bilgi değişimi, kentlerin sürdürülebilir kılınması için tasarlanmış akıllı bir yönetim işletim çerçevesine dayanmaktadır (Gartner, 2011, 5-6).

İyi performans sergileyen bir akıllı şehir, ekonomi, insanlar, yönetim, hareketlilik, çevre ve yaşam alanlarında ileriye dönük bir biçimde, kendine özgü, bağımsız ve bilinçli vatandaşların varlıklarının ve faaliyetlerinin akıllı kombinasyonu üzerine kurulmuş bir şehirdir. Akıllı şehir tanımı genellikle, çağdaş şehirlerin vatandaşlara sunulan hizmetlerin kalitesini arttırmasına olanak sağlayan akıllı çözümlerin araştırılmasına ve tanımlanmasına atıfta bulunmaktadır (Giffinger ve diğ., 2007, 1-28).

Uluslararası Sürdürülebilirlik İçin Yerel Yönetimler Ağı (ICLEI)'ye göre akıllı bir şehir, küresel, çevresel, ekonomik ve sosyal eğilimlerin getireceği zorlu koşullar altında sağlıklı ve mutlu bir topluluk için uygun koşullar hazırlayan bir kent demektir (Guan, 2012, 24-27).

Bir akıllı şehir, yollar, köprüler, tüneller, raylar, metrolar, havaalanları, limanlar, iletişim, su, güç ve hatta büyük binalar da dahil olmak üzere tüm kritik altyapılarının koşullarını izleyerek bütünleştirdiğinde kaynaklarından daha optimum seviyede yarar elde edebilir, önleyici bakım faaliyetlerini planlayabilir ve vatandaşlarına hizmet

maksimizasyonunu sağlarken güvenlik boyutlarını da gzlemleyebilimelidir (Hall, 2000, 1).

Akıllı Şehir kolektif zekasını kullanmak için fiziki altyapı, BT altyapısı, sosyal altyapı ve iş altyapısını birbirine bağlayan Şehirdir (Harrison ve diğ., 2010, 1-16). Akıllı Şehirler, nüfusun yaratıcılığına, bilgi yaratma kurumlarına ve iletişim ve bilgi yönetimi için dijital altyapılarına yer veren yüksek öğrenme ve yenilik kapasitesine sahip bölgelerdir (Komninos, 2011, 172-188).

Akıllı Şehirler, Şehirlerin sosyo-ekonomik, ekolojik, lojistik ve rekabetçi performansını arttırmayı amaçlayan bilgi yoğun ve yaratıcı stratejilerin sonucudur. Bu tür akıllı Şehirler, beşeri sermayenin (rneğin, vasıflı işgücü), altyapı sermayesinin (rneğin, yüksek teknoloji iletişim tesisleri), sosyal sermayesinin (yoğun ve açık ağ bağlantıları) ve girişim sermayesinin (rn., yaratıcılık ve risk gerektiren iş aktiviteleri) gibi gelecek vaat eden bir karıŐım üzerine kuruludur (Kourtit, Arribas, Nijkamp, 2012, 93-95).

Akıllı Şehirlerde, yüksek eğitimli insanlar, bilgi yoğun iŐler, çıktı odaklı planlama sistemler, yaratıcı faaliyetler ve sürdürülebilirliğe yönelik girişimler nispeten yüksek bir paya sahip olduğu için yüksek üretkenliğe sahiptir (Kourtit, Nijkamp, ve diğ., 2012, 229-246).

Akıllı Şehir, sürdürülebilir ekonomik kalkınmayı teşvik eden gerçek zamanlı analizle birlikte bilgi teknolojilerini kullanmak için bütünsel bir yaklaşım benimseyen yerel birim, ile, Şehir, bölge ya da küçük bir ülkeyi ifade eder (IDA, 2012).

Akıllı Şehir, ortalama teknoloji büyüklüğüne sahip, birbirleriyle bağlantılı ve sürdürülebilir, konforlu, çekici ve güvenli bir topluluktur. Bilgi ve iletişim teknolojisinin (BİT) insan sermayesi / eğitim, sosyal ve iliŐikisel sermaye ve çevresel konular üzerine etkileyecek uygulamaları çoğu zaman akıllı Şehir kavramıyla belirtilmektedir (Lombardi ve diğ., 2012, 137-149).

Akıllı Şehir, konforu artırmak, hareketliliği kolaylaştırmak, verimliliği artırmak, enerji tasarrufu sağlamak, hava ve su kalitesini artırmak, sorunları tespit etmek ve hızla düzeltmek, felaketlerden çabucak kurtulmak, daha iyi kararlar almak, kaynakları verimli kullanmak, kuruluşlar ve ilgili alanlar arasında iş birliği sağlamak gibi birçok fayda için bilgileri toplayarak verileri etkili bir Şekilde paylaŐabilir ve fiziksel altyapısına bilgiyi aktarmaktadır (Nam, Pardo, 2011, 282-291).

Yaratıcı ya da akıllı şehir denemeleri, daha çok yaratıcı bir ekonominin yaşam kalitesine yatırımları yaparak bilgi çalışanlarını buralarda yaşamak ve çalışmak üzere cezbetmek amacını taşımaktaydı. Böylece rekabet avantajı en iyi yeteneği üreten, koruyabilen ve çekebilen bölgelere kaydı (Thite, 2011, 623-631).

Geleceğin akıllı şehirlerinin, yoksullar da dahil tüm sakinlerin iyi yaşayabilecekleri ve kasaba ve şehirlerin çekimlerinin korunacağı sürdürülebilir kentsel gelişim politikalarına ihtiyaç duyulan bir konumda olacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Akıllı şehirler, yüksek yaşam kalitesine sahip şehirlerdir; İnsan ve sosyal sermayeye yapılan yatırımlarla sürdürülebilir ekonomik kalkınmayı, geleneksel ve modern iletişim altyapısını (ulaşım ve bilgi iletişim teknolojisi) sağlar ve katılımcı politikalarla doğal kaynakları yönetir. Dolayısıyla, akıllı şehirler sürdürülebilir ekonomik, sosyal ve çevresel hedefleri birleştireci olmalıdır (Thuzar, 2011, 96-100).

Akıllı şehir, büyümenin çeşitli yenilikçi sosyo-teknik ve sosyo-ekonomik boyutlarını ele alan belirli bir entelektüel yetenek olarak anlaşılmaktadır. Bu yönler, çevre koruma ve CO2 emisyonunun azaltılması için kentsel altyapıya atıfta bulunan "yeşil" , geniş bant ekonomisinin devrimi ile bağlantılı "birbiriyle bağlantılı", kentin sensörler ve aktivatörler arasındaki gerçek zamanlı verilerinin işlenmesinden katma değerli bilgi üretme kapasitesini ifade eden "akıllı" kavramlarının ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Bununla birlikte, "yenilikçi", "bilge" kentleri terimleri de kentin bilgili ve yaratıcı beşeri sermayeye dayanan yenilik yapma kabiliyetine karşılık gelmektedir (Zygiaris, 2013, 217-231).

3.2. Akıllı Şehrin Bileşenleri Ve Boyutları

Giffinger ve diğ. (2007, 1-28)'de akıllı bir şehrin dört bileşenini belirlemiştir: endüstri, eğitim, katılım ve teknik altyapı. Bu liste altı ana bileşeni tanımlayan Viyana Teknoloji Üniversitesi'nde Bölgesel Bilim Merkezi tarafından yürütülen yeni bir projede genişletilmiştir (Giffinger, Gudrun, 2010, 7-25). Bu bileşenler akıllı ekonomi, akıllı hareketlilik, akıllı çevre, akıllı insanlar, akıllı yaşam ve akıllı yönetimdir. Bu araştırmacılar, bölgesel rekabet edebilirlik, ulaşım ve BİT ekonomisi, doğal kaynaklar, beşeri ve sosyal sermaye, yaşam kalitesi ve toplum üyelerinin katılımı gibi geleneksel ve neoklasik kuramlar kentsel büyüme ve kalkınma teorilerine dayanmaktadır. Akıllı kentin bileşenlerinin önceki listelerden özellikle öne çıkan tarafı, "yaşam kalitesi" nin dahil

olmasıdır. Bu bileşen, akıllı bir kentin vatandaşlarının yaşam kalitesini artıran bir kent olarak tanımlanmasını vurgulamaktadır (Giffinger ve diğ., 2007, 1-28).

3.2.1. Akıllı Şehrin Bileşenleri ve İlgili Yönleri

Akıllı şehrin altı bileşeni, Tablo 2'de gösterildiği gibi kentsel yaşamın farklı yönleriyle ilişkilendirilmiştir. Akıllı ekonomi, BİT alanında sanayi üretiminin varlığı ya da üretim süreçlerinde BİT kullanması ile ilişkilendirilmiştir. Akıllı hareketlilik, kentsel trafiği iyileştirmek için modern ulaşım teknolojilerinde BİT kullanımını ifade etmektedir. Akıllı yönetim (e-demokrasi), çeşitli paydaşların karar alma ve kamu hizmetlerinde rol aldığı anlamına gelmektedir. E-yönetişim olarak da adlandırılan BİT aracılı yönetim, vatandaşlara akıllı şehir kararlarında inisiyatif vermekte ve karar uygulama sürecini şeffaf hale getirme de önemli rol oynamaktadır. Bununla birlikte, akıllı bir şehirde e-yönetişim ruhu, vatandaş merkezli ve vatandaş odaklı olmalıdır (Lombardi ve diğ., 2012, 137-149).

Tablo 2: Akıllı Şehrin Bileşenleri ve İlgili Yönleri

Akıllı Şehrin Bileşenleri	Şehir Yaşamıyla İlgili Yönleri
Akıllı Ekonomi	Endüstri
Akıllı İnsanlar	Eğitim
Akıllı Yönetim	e-demokrasi
Akıllı Hareketlilik	Lojistik & Altyapılar
Akıllı Çevre	Verimlilik & Sürdürülebilirlik
Akıllı Yaşam	Güvenlik & Kalite

Albino, Vito, Umberto Berardi, Rosa Maria Dangelico. 2015. Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. *Journal of Urban Technology*. c. 22. s. 1:9.

2.2 Akıllı Şehrin Boyutları

Tablo 3, bu fenomenin çeşitli akademisyenleri tarafından ileri sürülen "akıllı şehir" boyutlarını özetlemektedir. Bu tablodan çıkan akıllı şehirlerin en yaygın özellikleri şunlardır:

-Siyasi etkinliği, sosyal ve kültürel kalkınmayı sağlayan kent altyapı ağı.

-İş odaklı kentsel gelişimin ve yaratıcı faaliyetlerin kentsel büyümenin teşvik edilmesine öncülük etmesi.

- Kent sakinlerinin sosyal faaliyetlerde etkin rolü ve kentsel gelişmede sosyal sermaye.

-Doğal çevrenin gelecek için stratejik bir bileşen olması.

Tablo 3: Akıllı Şehrin Boyutları

Bilgi Teknolojisi Eğitimi	
Bilgi Teknolojisi Altyapısı	
Bilgi Teknolojisi Ekonomisi	(Mahizhnan, 1999, 13-18)
Yaşam Kalitesi	
Ekonomi	
Hareketlilik	
Çevre	(Giffinger ve diğ., 2007, 1-28)
İnsanlar	
Yönetim	
Teknoloji	
Ekonomik Gelişim	
İstihdam Büyümesi	(Eger, 2009, 47-53)
Yaşam Kalitesindeki Artış	
Yaşam Kalitesi	
Sürdürülebilir Ekonomik Büyüme	(Thuzar, 2011, 96-100)
Katılımcı Politikalar Yoluyla Doğal Kaynakların Yönetimi	
Ekonomik, Sosyal ve Çevresel Hedeflerin Yakınsaması	
Şehrin ekonomik sosyo-politik meseleleri	
Ekonomik-teknik-sosyal çevre konuları	
Arabağlantı	(Nam, Pardo, 2011, 282-291)
Enstrümantasyon	
Entegrasyon	
Uygulamalar	
İnovasyon	

Tablo – 3 Devam

Ekonomik (GSYİH, sektör gücü, uluslararası işlemler, yabancı yatırım)
İnsan (yetenek, inovasyon, yaratıcılık, eğitim)
Sosyal (gelenekler, alışkanlıklar, dinler, aileler)
Çevre (enerji politikaları, atık ve su yönetimi, peyzaj) (M. Barrionuevo, Berrone, Ricart, 2012, 50-57)
Kurumsal (sivil nişan, idari makam, seçimler)
İnsan sermayesi (örneğin, vasıflı işgücü)
Altyapı sermayesi (örneğin, ileri teknoloji iletişim tesisleri) (Kourtiti, Arribas, Nijkamp, 2012, 229-246)
Sosyal sermaye (ör. Yoğun ve açık ağ bağlantıları)
Girişim sermayesi (ör. Yaratıcı ve risk alma işletme faaliyetleri)
Yönetim ve organizasyonlar
Teknoloji
Yönetişim
Politika bağlamı (Chourabi ve diğ., 2102, 2289–2297)
İnsanlar ve toplumlar
Ekonomi
Altyapı inşaatı
Doğal Çevre

Albino, Vito, Umberto Berardi, Rosa Maria Dangelico. 2015. Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. *Journal of Urban Technology*. c. 22. s. 1:10-11.

3.3. Akıllı Şehir Performans Ölçümü Uygulamaları

Akıllı şehir kavramının çeşitli anlamlarına göre şimdiye kadar farklı yöntemler ve ölçüm endeksleri geliştirilmiştir. Kantitatif göstergeler aracılığıyla derecelendirme sistemleri, zaman ve kaynakların nereye odaklanması gerektiğine karar vermek ve ayrıca şehirdeki performansı vatandaşlara, ziyaretçilere ve yatırımcılara bu bilgileri aktarmada kullanmak amacıyla şehir yöneticileri ve politika yapıcılar arasında büyük bir ilgi görmektedir (Berardi, 2013a, 72-78; Berardi, 2013b, 1573–1591). Bu sistemlerin en önemli değerlerinden biri, akıllı bir şehir olma iddalarından öte bir karşılaştırma metriğini temsil etme kapasitesidir. Bu bölüm, mevcut derecelendirme sistemlerinin aracılığıyla akıllı şehir girişimlerini değerlendirme göstergelerini açıklamaktadır.

Viyana Üniversitesi, Avrupa'daki orta büyüklükteki 70 Avrupa kentini sıralamak için bir değerlendirme metriği geliştirmiştir (Giffinger ve diğ., 2007, 1-28). Bu metrik, akıllı şehrin altı tanımlanmış boyutlarının her biri için özel göstergeler kullanmaktadır (Bkz. Tablo 3).Örneğin, akıllı mobilite kavramı yerel erişilebilirlik, uluslararası erişilebilirlik, BİT altyapısının bulunabilirliği ve sürdürülebilir ve güvenli ulaşım sistemleri olarak alt kategorilere bölünmüştür.Başka bir değerlendirme sistemi Akıllı Topluluk Forumu tarafından geliştirilmiştir. Akıllı Topluluk Forumu her yıl Akıllı 21 Topluluk ödülü vermek üzere 21 şehri ilan etmektedir. Bu metrik beş faktöre dayanmaktadır. Bunlar; geniş bant bağlantısı, bilgiye dayalı iş gücü, dijital bütünleşme, inovasyon, pazarlama ve savunma.

Çok kısa bir dönem önce, akıllı şehrin altı katmanını belirleyen bir ölçüm sistemi geliştirilmiştir: Akıllı şehir kavramlarının bir şehir bağlamında olması gerektiğini vurgulayan şehir katmanı; İlk alt katman, kentsel çevre sürdürülebilirliğinin yeni kentleşme kuramlarından esinlenen yeşil şehir katmanı; İkincisi, yeşil ekonomilerin şehir çapında yayılımına karşılık gelen ara bağlantı katmanı; Üçüncüsü, akıllı şehirlerin akıllı sayaçlar ve altyapı sensörleri tarafından gerçek zamanlı sistem yanıtları gerektirdiğini vurgulayan enstrüman katmanı; Dördüncüsü, akıllı şehir uygulamalarının iletişim kurabilmesi ve veri, içerik, hizmetler ve bilgileri paylaşabilmesi gerektiğini vurgulayan açık entegrasyon katmanı; Beşincisi, akıllı şehirler için gerçek zamanlı şehir operasyonlarını akıllıca tepki veren yeni seviyelere yansıtması için yararlı olan uygulama katmanı; Sonuncusu ise, akıllı şehirlerin yeni iş fırsatları için verimli bir yenilik ortamı yarattığını vurgulayan yenilik katmanıdır (Zygiaris, 2013, 217-231).

Yakın zamanda Lazaroiu ve Roscia(2012, 326-332) tarafından "akıllı şehir endeksini" değerlendiren bir metodoloji önerilmiştir. Endeks, 2020 stratejik planında Avrupa fonlarının dağıtımına yardımcı olmuştur. Bu endekse katkıda bulunan göstergeler homojen olmamakla birlikte büyük miktarda bilgi gerektirmektedir. Bilgi temin etme problemi ve dikkate alınan göstergeleri toplamak için ağırlık atama zorluğu bu yöntemin sınırları arasındadır. Önerilen yaklaşım, göreceli önemine göre farklı göstergeleri birleştirmek için bir dizi ağırlık belirlenmesine olanak tanıyan bulanık bir prosedür kullanmaktadır.

Bir şehrin akıllılığını ölçmek için daha sofistike bir sistem 2012 yılında Lombardi ve arkadaşları tarafından önerilmiştir. Bu uzmanlar üçlü sarmal modelin modifiye edilmiş bir versiyonunu değerlendirmeye almışlardır; bu versiyonda bilgi temelli inovasyon sistemlerinin analizi için referans bir çerçeve olan üç esas aktör olarak üniversiteler,

endüstri ve hükümet dikkate alınmıştır (Leydesdorff, Deakin, 2011, 53-63).Uzmanlar daha önce belirttikleri üç topluluğa yeni bir bilgi yaratma aktörünü daha ekleyerek yani sivil toplumu da işin içine katarak dört helezon modelini belirlemişlerdir. Yenilikçiliğin dört etmeninin her biri için, beş kümeye göre akıllı şehrin göstergeler önerilmiştir. Bu analiz çerçevesi, AB proje raporları, Kentsel Denetim veri seti, Avrupa Komisyonu istatistikleri, Avrupa Yeşil Kent İndeksi, TISSUE, Sürdürülebilirlik Üzerine AB Tematik Stratejisinin İzlenmesi için Eğilimler ve Göstergeler, Kentsel Ortamın Geliştirilmesi ve Avrupa orta ölçekli şehirlerin akıllı şehir sıralamasını içeren bir literatür taramasından sonra seçilen 60 gösteriden oluşmaktadır. Bu aşamada ilginç bir şekilde, akıllı mobilite boyutu dışlanmıştır(Lombardi ve diğ., 2012, 137-149). Tablo 3, Lombardi ve diğ. (2012, 137-149) ve Lazaroiu, Roscia (2012, 326-332)'de önerilen göstergelerin tam listesini göstermektedir.

Carli ve diğ. (2013, 1288-1293)'de kısa süre önce akıllı şehirler için ölçüm sistemlerini analiz etmek ve karşılaştırmak için bir çerçeve önermişlerdir. Buna göre, ölçü göstergelerini iki kategoriye ayırmayı önermektedirler: birincisi objektif olma ve öznellik, ikincisi hem fiziksel altyapıları hem de bağlam verilerini vatandaşların memnuniyeti ve refah algısı ile birlikte değerlendirmek. Bu uzmanlar bir yandan göstergelerin ölçülme biçimine odaklanırken, diğer taraftan geleneksel araçlarla birlikte sosyal ağ mesajları gibi gerçek zamanlı veri algılamasıyla refahın sağlanması için yeni göstergelerin giderek daha fazla değerlendirildiğini ortaya koymaktadırlar.

Günümüzde şehirlerin diğer şehirler ile akıllılık açısından karşılaştırılması ve akıllılığının belirlenmesi için birçok farklı sıralama uygulaması kullanılmaktadır. Global Power City Endeksi, Japon Kent Stratejileri Enstitüsü tarafından hazırlanmış olup, çeşitli paydaşların algısına ilişkin bilgilerle tamamlanmış gözlem verileri koleksiyonuna dayanmaktadır. Bu indeks, şehirlerin güçlü ve zayıf yönlerini haritalandırmakta ve onları, yaratıcı insanları ve mükemmel şirketleri çekmek için kapsamlı sosyo-ekonomik potansiyeline göre geniş bir şekilde karşılaştırmalı bir analizde sıralamaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi, Viyana Üniversitesi, (Giffinger ve diğ., 2007, 1-28) tarafından tanımlanan metriklere göre 70 orta ölçekli şehri sıralamıştır (Albino, Berardi, Dangelico, 2015, 1-19).

Bu arada, Birleşmiş Devletler'de, Doğal Kaynakları Savunma Konseyi, çevreyle ilgili kriterlere karşı daha güçlü bir önem atfeden endeksle Akıllı Şehir Sıralamasını geliştirmiştir. Ayrıca, Forbes bilim adamı Joel Kotkin'in desteğiyle dünyanın en Akıllı

Kentlerinin bir listesini yayınlamıştır. Bu sıralamada, uygun ve ekonomik koşullar sağlayan, kompakt ve verimli bir şehir konsepti dikkate alınmaktadır. Bu sıralamanın kenti bir ekonomik merkez, uluslararası ticaret ve bir küresel şehir olarak teşvik ettiğini göz önünde bulundurulduğunda Singapur'un bu sıralamada en akıllı şehir olarak düşünülmesi şaşırtıcı olmamaktadır (IDA, [28.06.2017]). IBM Akıllı Şehri veya McKinsey Global Enstitüsü sıralamaları gibi kentsel sıralamalar, kentsel alanları periyodik olarak karşılaştırmakta ve sınıflandırmaktadır (Arribas-Bel, Kourtit, Nijkamp 2013, 248-257). Önceki sıralamalar, iyi uygulamaların gösterilmesine yardımcı olmakta ve bölgesel sermayeyi geliştirmek ve kentsel politikaları tanımlamak için bir araç görevi görmektedir (Albino, Berardi, Dangelico, 2015, 1-19).

2013 yılının başında, yaklaşık olarak devam eden veya tamamlanan yaklaşık 143 adet akıllı şehir projesi bulunmaktaydı. Bu girişimler arasında Kuzey Amerika'nın 35; Avrupa'nın 47; Asya'nın 50; Güney Amerika'nın 10; Ve Orta Doğu ve Afrika'nın 10 projesi vardı. Kanada'da, Ottawa'nın "Akıllı Sermaye" projesi, internet kaynaklarını kullanarak iş, yerel hükümet ve toplumu güçlendirmeyi kapsayan hedefler içermektedir. Quebec Kenti, 1990'ların başına kadar zayıf endüstrisi nedeniyle şehir yönetimi olarak eyalet hükümetine büyük ölçüde bağımlı haldeydi, bu durum şehir yönetiminin artarak devam eden multimedya sektörünü ve yüksek teknoloji girişimciliği desteklemek için kamu-özel sektör ortaklığını başlatmasıyla sona ermiştir. Amerika Birleşik Devletleri'nde, Riverside, California trafik akışı gelişimini ve atık suyu, kanalizasyon ve elektrik altyapısını teknolojiye dayalı bir dönüşümle geliştirmektedir. San Diego ve San Francisco'da bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT), bu şehirlerin son 15 yıldır "Geleceğin Kenti" olduklarını iddia etmelerinin en önemli etmeni olarak gösterilmektedir (Lee ve diğ., 2014, 80-99).

Avrupa Birliği, Barselona, Amsterdam, Berlin, Manchester, Edinburgh ve Bath başta olmak üzere birçok şehirde akıllı şehir uygulamaları gerçekleştirmiştir. Yaklaşık 15 yıl önce Birleşik Krallık'ta Southampton, toplu taşıma, rekreasyon ve eğlence amaçlı işlemler için çoklu uygulama akıllı kartının geliştirilmesinin ardından ülkenin ilk akıllı kenti olduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde Tallinn, büyük çaplı bir dijital beceri eğitimi programı, kapsamlı e-devlet uygulaması ve ödüllü bir akıllı kimlik kartı geliştirmiştir. Bu şehir, Estonya'nın tamamı için ekonomik kalkınmanın merkezi konumundadır ve yüksek teknolojiye sahip parkları teşvik ederek BİT kullanımını harekete geçirmektedir. Avrupa Komisyonu, Araştırma ve Teknolojik Gelişme için Yedinci Çerçeve Programı'nın 5. satırında akıllı şehirlere değinmiştir. Bu program, "Akıllı şehirler ve topluluklar" ile ilgili programlar

aracılığıyla bir Stratejik Enerji Teknolojisi planının (SET-Plan) uygulanmasını kolaylaştırmak için mali destek sağlamaktadır (Vanolo, 2014, 883-898).

Çin Akıllı Şehirler Forumu istatistiklerine göre, altı bölge ve 51 il Çin hükümet çalışma raporlarında yer alan Akıllı Şehirler programına dahil edildi; Bunlardan 36'sı yeni tasarım aşamasında bulunan bu konseptte üzerinde yoğunlaşmış yerlerdir . Çin akıllı şehirleri Pearl ve Yangtze Nehri Deltalarına, Bohai Rim ve Midwest bölgesine yoğun bir şekilde dağılmış durumdadır. Ayrıca, akıllı şehir girişimleri Pekin, Şangay ve Shenzhen gibi ilk şehirlere de yayılmıştır. Bu tarzda bir akıllı kentte izlenen genel yaklaşım, yeni altyapı inşaatı sırasında bazı BİT uygulamalarını hayata geçirmek ve çevre konularına dikkat çekmektir. Ancak sosyal yönlere ise sınırlı bir özen söz konusu olmaktadır (Liu ve diğ., 2013, 72-81).

Cugurullo(2013, 23-37)'de eko kent paradigmasına göre inşa edilmiş yeni şehirlerin en iyi bilinen örneklerinden biri olan Masdar Kenti'nin oluşumunu kapsamlı bir şekilde incelemiştir. Bu şehir sürdürülebilir kalkınma kavramı etrafında planlanmış olmasına rağmen, ekonomik kaygıları da gözeterek güçlü bir şekilde temelleneceği belirtilmiştir. Birçok kişi Asya ve Avrupa'yı birbirine bağlayan bu alanda, burayı serbest ekonomi yüksek teknoloji pazarına bir örnek olarak görmüştür. Ekonomik krizler, kurumsal-zorlama yaklaşımıyla oldukça eleştirilen bu girişimi yavaşlatmıştır. Yerel toplumun sosyal istekleri ve hayalleri kentin resmi tasarım planında göz ardı edildiğinden, maalesef yeni planlanan şehirlerin bu istek sınırlamalarının üstesinden gelemediği görülmüştür (Albino, Berardi, Dangelico, 2015, 1-19).

Singapur, Tayvan ve Hong Kong gibi çeşitli Güneydoğu Asya şehirleri, akıllı şehir programları yoluyla ekonomik büyümeyi teşvik eden benzer bir yaklaşımı izlemektedirler. Singapur'un IT2000 planı, iş, yaşam ve oyunu dönüştüren bilgi teknolojisi ile "akıllı bir ada" yaratmak üzere tasarlanmıştır. Daha yakın bir tarihte Singapur, Master Plan iN 2015'i uygulamaya yönelik kapsamlı çalışmaları başlatmış ve Wireless @ SG ile kentin herhangi bir yerinde ücretsiz mobil internet erişimi sağlama hedefini gerçekleştirmiştir. Tayvan'daki Taoyuan, e-yönetişim ve her yerde birçok olanaklar yaratmak için E-Taoyuan ve U-Taoyuan gibi bir dizi hükümet projesi aracılığıyla yaşam kalitesini iyileştirme amacıyla ekonomisini bu konulara yönlendirmektedir (IDA, [28.06.2017]).

Akıllı şehir projelerini hayata geçirmek için yoğun bir şekilde çalışmakta olan bir başka ülke de Kore'dir (Yigitcanlar, Lee, 2014, 100-114). Kore'deki en büyük akıllı şehir girişimi, son on yılda inşa edilen ve ilk tahmini maliyeti 35 milyar dolar olan (daha sonraki çalışmalarla bu maliyet hali hazırda yarıya düşürülmüş) 75.000 nüfusa ev sahipliği yapması planlanan Songdo kentidir. Planda her konut sakininin çeşitli cihazları kullanarak bilgi iletebileceği kentsel bir alan yaratmak amacıyla her apartmana bir tele yapı kurulması planlanmaktadır, fakat bir yandan da bir şehir merkezi beyninin kendisine iletilen bu çok miktardaki bilgiyi yönetmesi gerekmektedir (Shwayri, 2013, 39-55; Halpern ve diğ., 2013, 272-306). Hali hazırda New Songdo'nun akıllı şehir girişimlerine yönelik devam eden 13 proje mevcuttur. Bu proje Masdar'da belirtilen tüm sıkıntıları çekmekte ve dolayısıyla birçok insanın bu örnekleri bazı modern BİT uygulamalarının basitçe benimsenmesiyle "akıllı" etiketin dahil edildiği gayrimenkul girişimleri olarak eleştirmeleri şaşırtıcı görülmemektedir. Şüphesiz, bu şehirlerde akıllı şehir inşa etmenin imajıyla yatırımları çekmek, sektörün önde gelen profesyonellerini ve çalışanlarını etkilemek gibi neoliberal kentsel kalkınma politikaları arasında güçlü bir bağ olduğu değerlendirilmektedir (Vanolo, 2014, 883-898). Akıllı şehir projeleri hakkında daha detaylı bilgi için (Cugurullo 2013, 23-37; Greenfield, 2013, 1-147; Liu ve diğ., 2013, 72-81; Halpern ve diğ., 2013, 272-306; Shwayri, 2013, 39-55) çalışmalarından yararlanılabilir (Albino, Berardi, Dangelico, 2015, 1-19).

4. AKILLI ŞEHİR KRİTERLERİNİN ANALİTİK AĞ YÖNTEMİ (ANP) İLE ÖNCELİKLERİNİN BELİRLENMESİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA

4.1. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmada, literatürdeki akıllı şehir kriterleri, göstergeleri incelenerek bu uygulamalardan Avrupa Birliği için oluşturulan Avrupa Akıllı Şehirler Değerlendirme Raporu'nda yer alan akıllı şehir karakterleri, kriterleri ve göstergeleri tümüyle değerlendirmeye alınacaktır. Bu karakter, kriter ve göstergelerin önem dereceleri belirlenerek şehir yöneticilerine akıllı şehir kriterlerinin önem derecelerini ve öncelikli geliştirilmesi gereken alanları göstermeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda ÇKKV yöntemlerinden olan Analitik Ağ Süreci (ANP) kullanılacaktır.

4.2. Araştırmanın Önemi

Akıllı şehir kavramı, son yıllarda prestij göstergesi olarak oldukça popüler hale gelmiştir. Ülkemizde ve dünyada akıllı şehir kavramı bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısına sahip olan şehirler olarak algılanmakta ve şehirler arası karşılaştırmalar da bu çerçevede değerlendirilmektedir. Fakat, literatürde akıllı şehir kavramı şehir büyüme ve gelişimi teorilerine uygun olarak akıllı ekonomi, akıllı hareketlilik, akıllı çevre, akıllı insanlar, akıllı yaşam ve akıllı yönetim şeklinde altı karakterde tanımlanmıştır. Bu karakterler, bölgesel rekabet edebilirlik, ulaşım ve BİT ekonomisi, doğal kaynaklar, beşeri ve sosyal sermaye, yaşam kalitesi ve vatandaşların şehirlerin yönetimine katılım teorilerine dayanmaktadır.

Literatürde yer alan akıllı şehir ANP ve AHP çalışmalarında üst ve alt boyutların tamamen kullanılmaması ve kriterler arası az bağlantı kurularak birçok kriter arası geri bildirim ve etkileşimleri dikkate almamaları sebebiyle bu çalışmada akıllı şehirler tüm bu üst ve alt boyutlar çerçevesinde ve bunlar arasında daha çok ilişkiyi dikkate alacak Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden Analitik Ağ Süreci (ANP) ile uygulanacaktır.

Bu çalışma verileriyle bölge, il veya ülke yöneticilerine hangi boyutların veya alt kriterlerin diğer boyutlara veya kriterlere kıyasla ne kadar öneme sahip olduğu hangi kriter veya alt kriterlere nispi olarak daha fazla yatırım yapılarak akıllı şehir sıralamasında yükselebileceğini, alt-alt kriterlerde kendileri ve muhtemel rakipleri için oluşturabilecekleri verilerle tüm bu boyutlarda karşılaştırmalarını yaparak hangi rakipten hangi boyutu veya kriteri geliştirme adına benchmarking yapabileceğini görme imkanı sunması beklenmektedir.

4.3. Araştırmanın Kapsamı

Bu çalışmada, akıllı şehri tanımlayan 6 karakter, 30 alt kriter ve kriterlerin kapsamını oluşturan ve uzmanların ikili karşılaştırma matrisindeki subjektif değerlendirmelerinde yararlandığı nicel verilerden oluşan 74 gösterge Avrupa Akıllı Şehirler Değerlendirme Raporu'ndan alınmıştır. Araştırmada, akıllı şehir kriterleri ilişki ağı Analitik Ağ Yöntemi (ANP) ile belirlenerek doğrudan veya dolaylı birbiriyle ilişkili tüm kriterler arası geri bildirimler değerlendirmeye alınması amaçlanmıştır. Kültür ve sanat, bilim ve teknoloji, ekonomi, sosyoloji ve psikoloji alanlarında uzmanlarla görüşme yapılmıştır. Uzmanlar kriterler arası ağ ilişkilerini belirleyerek ikili karşılaştırma matrisleri aracılığıyla subjektif görüşlerini belirtmişlerdir. İkili karşılaştırma matrisleri ANP analizinde değerlendirme verisi olarak kullanılmıştır. Araştırma ile şehir yöneticileri için küresel çapta geçerli bilimsel akıllı şehir olma üst ve alt kriterleri tanıtılmış, kriterlerin kapsamını oluşturan nicel göstergeler belirtilmiş ve bu kriterlerin kendi kategorilerinde ve tüm kriterler arasında önem dereceleri belirlenmiştir.

4.4. Araştırmanın Sınırlılığı

Kriter kapsamlarının çok geniş olması ve tümü hakkında bilgi sahibi uzmanların bulunmaması akıllı şehir araştırmalarının sınırlılığını oluşturmaktadır.

4.5. Araştırmanın Veri Kaynakları

Araştırmanın kavramsal çerçeve bölümü için üniversite kütüphaneleri, internet siteleri, raporlar, makaleler, tezler ve veri tabanları kullanılmıştır. Avrupa Birliği başta olmak üzere dünyadaki farklı akıllı şehir eylem planları ve uygulamaları incelenmiştir. Bu çerçevede kültür-sanat, bilim ve teknoloji, ekonomi, sosyoloji ve psikoloji

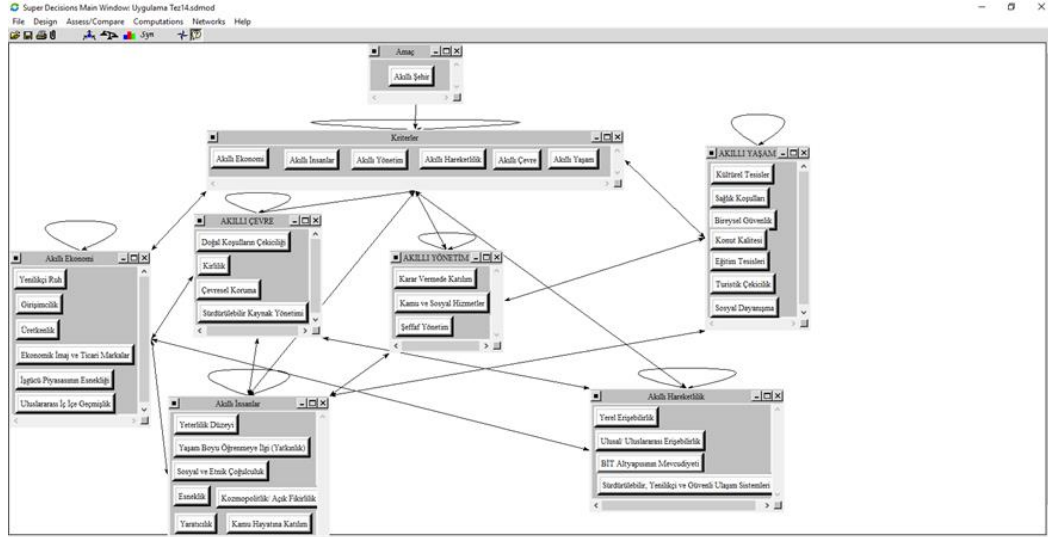
alanlarında uzman 5 ğretim yesi ile yüz yüze görüşmeler yapılarak akıllı şehir kriterleri hakkında değerlendirmeleri ve görüşleri alınmıştır.

4.6. Araştırmada Kullanılan Yöntem

Araştırma da, kriterler arası ilişkiler ve geri bildirimlerin daha çok değerlendirilmeye alınması amacıyla çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri'nden Analitik Ağ Yöntemi (ANP) kullanılmıştır. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri'nden Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) son yıllarda çok sayıda akıllı şehir çalışmasında uygulanmıştır. Ayrıca literatürde, ANP ile oluşturulan 5 karakterli bir ağ yapısı da nerilmıştır. ANP'nin AHP'ye kıyasla hiyerarşik bir yapıdan daha çok örümcek ağına benzer bir yapıyla doğrudan ilişkili olmayan kriterler arası etkileşimleri de dikkate alması nedeniyle ANP yöntemi tercih edilmiştir. ANP yönteminin subjektif değerlendirmelerle analize izin vermesi, ikili karşılaştırmaların ve tüm analizin tutarlılığının denetlenebilmesi, çok sayıda kriterin yer aldığı uygulamalarda önceliklerin belirlemesi için uygun bir yöntem olarak değerlendirilmiştir. Uzmanların subjektif görüşleriyle oluşturdukları ikili karşılaştırma matrislerinden literatürde önerilen geometrik ortalama yöntemiyle ortak grup kararını temsil eden ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. ANP Ağ Modeli SuperDecision paket programında oluşturularak grup kararı olarak oluşturulan karşılaştırma matrislerinin verilerinin girilmesiyle analiz edilmiştir.

4.7. Problemin ANP Tasarımı

Araştırmada Akıllı Şehir için oluşturulan ANP tasarımı Şekil 12’de gösterilmektedir.



Şekil 12: Problem ANP Yapısı

4.8. Problem Hiyerarşisinin Tanımı

Bu bölümde, Akıllı Şehir Analitik Ağ Yapısı'yla ilgili Şekil 12'de belirtilen akıllı ekonomi, akıllı hareketlilik, akıllı çevre, akıllı insanlar, akıllı yaşam ve akıllı yönetim şeklinde tanımlanan altı kriterler ve bunların alt kriterleri hakkında uzman görüşlerine dayalı tanımlamalar yer almaktadır.

4.8.1. Akıllı Ekonomi

Akıllı Ekonomi kriteri altında,

- Yenilikçi (inovatif ruh),
- Girişimcilik,
- Ekonomik imaj ve ticari markalar,
- Üretkenlik,
- İşgücü piyasasının esnekliği,
- Uluslararası iç içe geçmişliktir kriterleri değerlendirilmektedir.

➤ **Yenilikçi (İnovatif Ruh)**

Yenilikçi (inovatif ruh) alt kriteri, üç gösterge ile açıklanmaktadır:

- Ülke Ar-Ge harcamaları içinde şehrin Ar-Ge harcamalarının oranı (%),
- Bilgi yoğun sektörlerde istihdam oranı (%),
- Hane halkı başına patent başvuru oranı (%)

➤ **Girişimcilik**

Girişimcilik alt kriteri, iki gösterge ile açıklanmaktadır:

- Serbest meslek oranı (işveren veya kendi hesabına çalışan kişi sayısının tüm sektörler istihdamındaki Oranı (%)),
- Kayıtlı yeni işletmeler (iş kayıtlarına göre girişim sayısının şehir nüfusuna oranı (%))

➤ **Ekonomik İmaj ve Ticari Markalar**

Ekonomik imaj ve ticari markalar alt kriteri, bir gösterge ile açıklanmaktadır:

- Karar verme merkezi olarak önemi (Şirket yönetim merkezleri)

➤ **Üretkenlik**

Üretkenlik alt kriteri, bir gösterge ile açıklanmaktadır.

- İstihdam edilen kişi başına GSYİH

➤ **İşgücü Piyasasının Esnekliği**

İşgücü piyasasının esnekliği alt kriteri, iki gösterge ile açıklanmaktadır:

- İşsizlik Oranı (%),
- Yarı zamanlı istihdamdaki oran (%).

➤ **Uluslararası İç İçe Geçmişlik**

Uluslararası iç içe geçmişlik alt kriteri, üç gösterge ile açıklanmaktadır:

- Yönetim merkezi şehirde olan şirketlerin ulusal borsada yer alma oranı (%),
- Hava yolu yolcu taşıma sayısı (Kişi),
- Hava yolu eşya taşımacılığı (Ton).

4.8.2. Akıllı İnsanlar (Sosyal ve Beşeri Sermaye)

Akıllı insanlar (sosyal ve beşeri sermaye) boyutu, yeterlilik düzeyi, yaşam boyu öğrenmeye ilgi (yatkınlık), sosyal ve etnik çoğulculuk, esneklik, yaratıcılık, kozmopolitlik/açık fikirlilik ve kamu hayatına katılım gibi yedi alt kriterden oluşmaktadır.

➤ Yeterlilik Düzeyi

Yeterlilik düzeyi alt kriteri, dört gösterge ile açıklanmaktadır:

- Bilgi merkezi olarak önemi (en iyi araştırma merkezleri, en iyi üniversiteler vb.),
- Faaliyette olan Ar-Ge merkezlerinin şehirlere göre dağılımı
- ISCED (Uluslararası Standart Eğitim Sınıflaması) 5-6 Seviyelerinde nitelikli nüfus oranı,
- Yabancı dile becerileri.

➤ Yaşam Boyu Öğrenmeye İlgi (Yatkınlık)

Yaşam boyu öğrenmeye ilgi (yatkınlık) alt kriteri, üç gösterge ile açıklanmaktadır:

- Kütüphanelerden kişi başına ödünç alınan kitap sayısı
- Yaşam boyu öğrenime katılım,
- Halk eğitim merkezi kurslarına katılım.

➤ Sosyal Etnik ve Çoğulculuk

Sosyal etnik ve çoğulculuk alt kriteri, iki gösterge ile açıklanmaktadır:

- Yabancıların payı (Şehir nüfusunda yabancıların oranı),
- Yurtdışında doğan vatandaşların oranı.

➤ Esneklik

Esneklik alt kriteri, bir gösterge ile açıklanmaktadır:

- Yeni bir iş bulma algısı

➤ Yaratıcılık

Yaratıcılık alt kriteri, iki gösterge ile açıklanmaktadır:

- Yaratıcı endüstrilerde çalışan insanların payı,

Yaratıcı Endüstriler: Reklam, mimari, sanat ve antika piyasası, el sanatları, moda tasarımı, film, interaktif eğlence yazılımları, müzik performans sanatları, basım, yazılım, televizyon ve radyo.

- İş kayıtlarına göre girişim sayısı (Bilgi ve iletişim, Kültür, Sanat, Eğlence, Dinlence ve Spor Sektörü).

➤ **Kozmopolitlik/Açık Fikirlilik**

Kozmopolitlik/açık fikirlik alt kriteri, iki gösterge ile açıklanmaktadır:

- Avrupa Birliği'ne katılma isteği oranı,
- Göçmen dostu çevre (Göçle ilgili tutum).

➤ **Kamu Hayatına Katılım**

Kamu hayatına katılım alt kriteri, iki gösterge ile açıklanmaktadır:

- Seçmenlerin seçime katılım oranı,
- Gönüllü çalışmalara katılım oranı.

4.8.3. Akıllı Yönetim (Katılım)

Akıllı yönetim (katılım) boyutu, karar vermede katılım, kamu ve sosyal hizmetler ve şeffaf yönetim gibi üç alt kriterle açıklanmaktadır.

➤ **Karar Vermede Katılım**

Karar vermede katılım alt kriteri, dört gösterge ile açıklanmaktadır:

- Kişi başına şehir temsilcisi,
- Kişi başına kadın şehir temsilcisi,
- Sakinlerin siyasi aktiviteleri,
- Sakinler için siyasetin önemi.

➤ **Kamu ve Sosyal Hizmetler**

Kamu ve sosyal hizmetler alt kriteri, üç gösterge ile açıklanmaktadır:

- Kamunun eğitim hizmetlerinden memnuniyet oranı (%),
- Çocuk yetiştirme konusunda belediyenin payı,
- Yaşlılara hizmet konusunda belediyenin payı.

➤ Şeffaf Yönetim

Şeffaf yönetim alt kriteri, iki gösterge ile açıklanmaktadır:

- Bürokrasinin şeffaflığından memnuniyet,
- Yolsuzlukla mücadelede memnuniyet.

4.8.4. Akıllı Hareketlilik (Ulaşım ve Bilgi Teknolojileri)

Akıllı hareketlilik (ulaşım ve bilgi teknolojileri) boyutu, yerel erişebilirlik, ulusal/uluslararası erişebilirlik, bilgi ve iletişim teknolojisi (BİT) altyapısının mevcudiyeti ve sürdürülebilir, yenilikçi (inovatif) ve güvenli ulaşım sistemleri gibi dört alt kriterden oluşmaktadır.

➤ Yerel Erişebilirlik

Yerel erişebilirlik alt kriteri, dört gösterge ile açıklanmaktadır:

- Belediyenin toplu taşıma hizmetlerinden memnuniyet oranı (%)
- Bin kişi başına otomobil sayısı
- Trafik güvenliği (On bin araç başına kaza sayısı)
- Ülkede'deki toplam kara taşıt sayısına oranı (%)

➤ Ulusal/Uluslararası Erişebilirlik

Ulusal/uluslararası erişebilirlik alt kriteri, bir gösterge ile açıklanmaktadır:

- Uluslararası erişebilirlik (Havalimanına erişim oranı)

➤ Bilgi ve İletişim Teknolojisinin (BİT) Mevcudiyeti

Bilgi ve iletişim teknolojisinin (BİT) mevcudiyeti alt kriteri, iki gösterge ile açıklanmaktadır:

- Hanelerdeki Bilgisayarlar,
- Hanelerde genişbant internet erişimi.

➤ Sürdürülebilir, Yenilikçi (İnovatif) Ve Güvenli Ulaşım Sistemleri

Sürdürülebilir, yenilikçi (inovatif) ve güvenli ulaşım sistemleri alt kriteri, üç gösterge ile açıklanmaktadır:

- Yeşil Mobilite Payı (Motorlu Olmayan Bireysel Trafik)
- Trafik Güvenliği
- Ekonomik Araçların Kullanımı

4.8.5. Akıllı Çevre (Doğal Kaynaklar)

Akıllı çevre (doğal kaynaklar) boyutu, doğal koşulların çekiciliği, kirlilik, çevresel koruma ve sürdürülebilir kaynak yönetimi gibi dört alt kriterden oluşmaktadır.

➤ Doğal Koşulların Çekiciliği

Doğal koşulların çekiciliği alt kriteri, iki gösterge ile açıklanmaktadır:

- Güneşli Saatler (Güneşlenme Süreleri (Saat-Yıl))
- Yeşil Alan Paylaşımı (Kilometrekareye Düşen Orman Alanı (%))

➤ Kirlilik

Kirlilik alt kriteri, dört gösterge ile açıklanmaktadır:

- PM10 İstasyon Değerleri Ortalaması (Hava Kirliliği) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- Sokaktan gelen Gürültü Problemi Yaşayanların Oranı (%)
- Radyasyon Değeri ($\text{KWh}/\text{m}^2\text{-yıl}$)
- Solunum Sistemi Hastalıkları sebebiyle Ölüm Oranı (%)

➤ Çevresel Koruma

Çevresel koruma alt kriteri, iki gösterge ile açıklanmaktadır:

- Doğuya korumak için Bireysel Çabalar
- Doğuya Koruma Konusundaki Düşünceler

➤ Sürdürülebilir Kaynak Yönetimi

Sürdürülebilir kaynak yönetimi alt kriteri, iki gösterge ile açıklanmaktadır:

- Verimli Su Kullanımı
- Verimli Elektrik Kullanımı

4.8.6. Akıllı Yaşam (Yaşam Kalitesi)

Akıllı yaşam (yaşam kalitesi) boyutu, kültürel tesisler, sağlık koşulları, bireysel güvenlik, konut kalitesi, eğitim tesisleri, turistik çekicilik ve sosyal dayanışma gibi yedi alt kriterden oluşmaktadır.

➤ **Kültürel Tesisler**

Kültürel tesisler alt kriteri, beş gösterge ile açıklanmaktadır:

- Kişi başı sinemaya katılım
- Kişi başı tiyatroya katılım
- Kişi Başına Müze ziyaretleri
- Müze sayısı
- Sosyal hayattan memnuniyet (%)

➤ **Sağlık Koşulları**

Sağlık koşulları alt kriteri, dört gösterge ile açıklanmaktadır:

- Ortalama ömür
- Kişi başına doktor sayısı
- Kişi başına hastane yatak sayısı
- Sağlık hizmetlerinden memnuniyet

➤ **Bireysel Güvenlik**

Bireysel güvenlik alt kriteri, üç gösterge ile açıklanmaktadır:

- Suç oranı
- Cinayet nedeniyle ölüm oranı
- Kamunun asayiş hizmetlerinden memnuniyet oranı

➤ **Konut Kalitesi**

Konut kalitesi alt kriteri, üç gösterge ile açıklanmaktadır:

- Kişi başına düşen oda sayısı
- Asgari standartları karşılayan konut payı
- Konutun kalitesinde problem yaşayanların oranı

➤ **Eğitim Tesisleri**

Eğitim tesisleri alt kriteri, üç gösterge ile açıklanmaktadır:

- Eğitim Sisteminin kalitesinden Memnuniyet Oranı (%)
- Sakin Başına Öğrenci Sayısı (%)
- Eğitim Sistemine Erişimden Memnuniyet

➤ **Turistik Çekicilik**

Turistik çekicilik alt kriteri, iki gösterge ile açıklanmaktadır:

- Turistik yer olarak Önemi (Gecelik konaklama, Turistik Yer sayısı)

- Yıllık Konut Başına Gecelik Konaklama

➤ Sosyal Dayanışma

Sosyal dayanışma alt kriteri, iki gösterge ile açıklanmaktadır:

- Kişisel Yoksulluk Riski Algısı
- Yoksulluk Oranı

4.9. ANP İle Akıllı Şehir Problemin Analizi

ANP uygulaması için Super Decisions paket programı kullanılmıştır. Öncelikle ANP ağ yapısı programda oluşturulmuştur. Daha sonra uzmanların değerlendirdikleri ikili karşılaştırma matris verileri programa girilmiştir. Sonuçta, Super Decisions programı çıktıları yorumlanmıştır.

Akıllı şehir ağ yapısı şekil 12’de görüldüğü üzere Super Decisions paket programıyla oluşturulduktan sonra uzmanların değerlendirmelerinden oluşan ikili karşılaştırma matrisi verilerinin geometrik ortalamaları Şekil 13’te gösterildiği gibi programa girilmiştir.

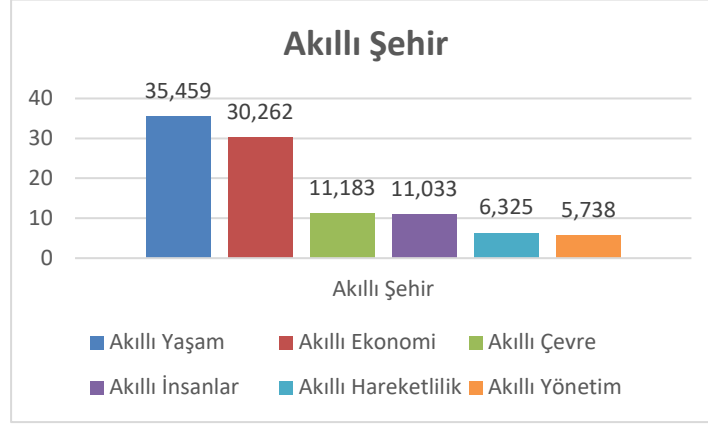
1. Choose		2. Node comparisons with respect to Bireysel Güvenlik							3. Results	
Node	Cluster	Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct							Normal	Hybrid
Choose Node		Comparisons wrt "Bireysel Güvenlik" node in "AKILLI YAŞAM" cluster							Inconsistency: 0.00015	
Bireysel Güven~		Bireysel Güvenlik is 1.21 times more important than Eğitim Tesisleri							Bireysel ~	0.22809
Cluster: AKILLI YAŞAM		Inconsistency	Eğitim Te~	Konut Kali~	Kültürel ~	Sağlık Ko~	Sosyal Da~	Turistik ~	Eğitim Te~	0.19266
Choose Cluster		Bireysel	← 1.21	← 3.28	← 3.13	↑ 1.0752	← 1.44	← 6.7	Konut Kal~	0.06898
AKILLI YAŞAM		Eğitim Te~		← 2.8600	← 2.7000	↑ 1.3513	← 1.25	← 5.78	Kültürel ~	0.07257
		Konut Kali~			↑ 1.0526	↑ 3.4482	↑ 2.3255	← 2.04	Sağlık Ko~	0.24638
		Kültürel ~				↑ 3.3333	↑ 2.1739	← 2.14	Sosyal Da~	0.15754
		Sağlık Ko~					← 1.6	← 7.14	Turistik ~	0.03378
		Sosyal Da~						← 4.7600		
Restore		Copy to clipboard							Completed Comparison	Copy to clipboard

Şekil 13: İkili Karşılaştırma Matrisi

4.10. Analitik Ağ Süreci (ANP)’ye Göre Kriterlerin Önceliklerinin Değerlendirilmesi

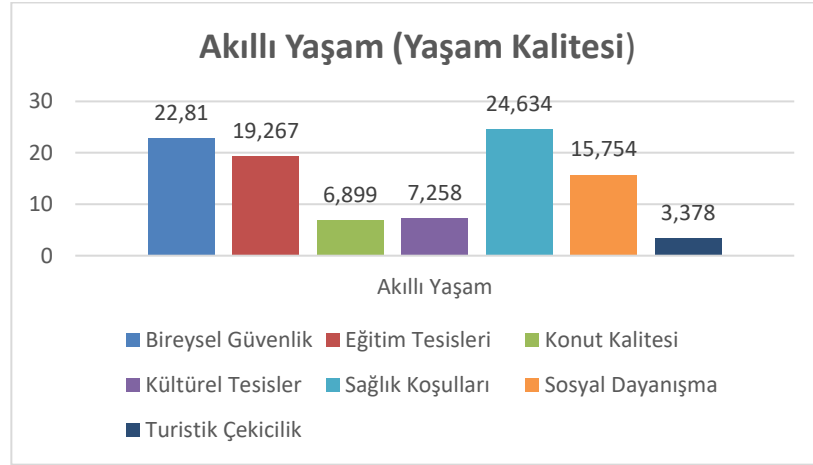
Karar verme problemlerinde, ANP yöntemiyle probleme ait bir ağ tasarımı oluşturulmakta ve bu tasarım oluşturulurken kümeler arasındaki etkileşimler, geri bildirimler ve kümelerin iç bağımlılıkları belirlenmektedir. Dolayısıyla, ANP bu tasarımıyla problemlere daha etkin ve güvenilir çözümler üretmektedir. Uygulamanın

tutarsızlık oranı %10'nun altındadır. Bu çerçevede boyutların ve kriterlerin değerlendirilme verileri şöyledir:



Şekil 14: Akıllı Şehir Boyutlarının Öncelik Değerleri – ANP

‘Akıllı Şehir’ kavramı, altı boyutta değerlendirilmektedir. Boyutların ANP öncelik değerleri Şekil14’te görülmektedir. ‘Akıllı Yaşam’ %35,459 öncelik değeri ile en önemli boyut olurken ‘Akıllı Yönetim’ boyutu ise %5,738 ANP öncelik değeri ile önem sırasında son sıradadır.

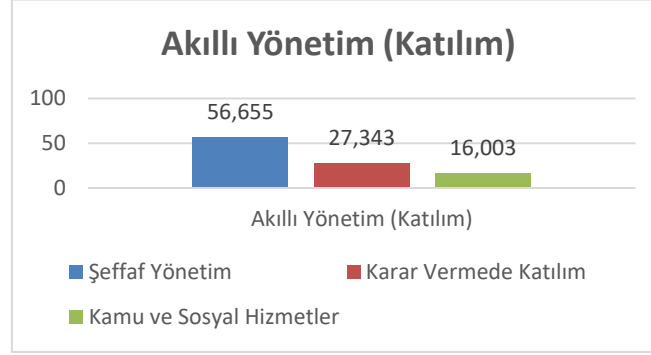


Şekil 15: Akıllı Yaşam Kriterlerinin Öncelik Değerleri – ANP

‘Akıllı Yaşam (Yaşam Kalitesi)’ kavramı, yedi kriterle değerlendirilmektedir. Kriterlerin ANP öncelik değerleri Şekil15’te görülmektedir. ‘Bireysel Güvenlik’ %22,81 öncelik değeri ile en önemli kriter olurken ‘Turistik Çekicilik’ kriteri ise %3,378 ANP öncelik değeri ile önem sırasında son sıradadır.

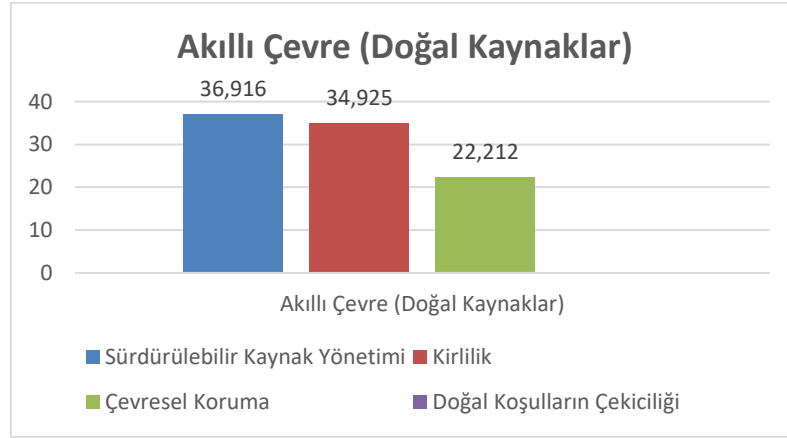
Tablo 4 incelendiğinde tezin amacı olan akıllı şehir kriterlerinin öncelikleri belirlenmesi açısından en önemli kriterin yenilikçi ruh en önemli boyutun ise akıllı

yaşam olduğu görülmektedir. Tüm boyutların ve kriterlerin öncelik değerlendirmeleri ayrı ayrı ve bir arada ANP ile kriterlerin önceliklerinin değerlendirilmesi bölümünde açıklanacaktır.



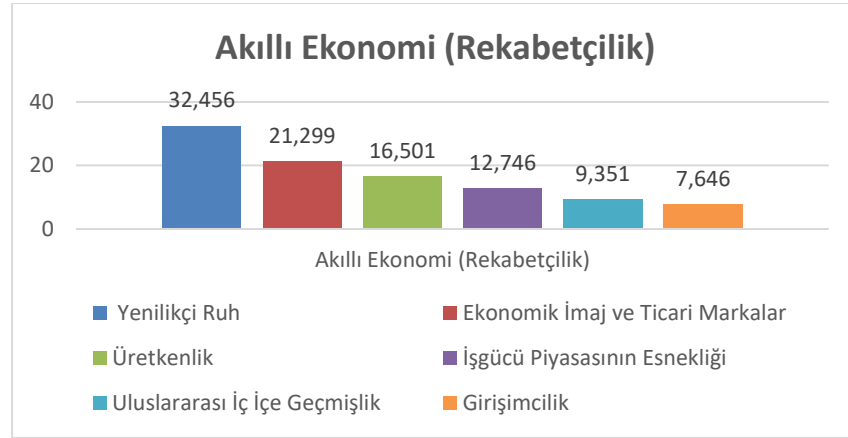
Şekil 16: Akıllı Yönetim (Katılım) Kriterlerinin Öncelik Değerleri – ANP

‘Akıllı Yönetim (Katılım)’ kavramı, üç kriterle değerlendirilmektedir. Kriterlerin ANP öncelik değerleri Şekil 16’da görülmektedir. ‘Şeffaf Yönetim’ %56,655 öncelik değeri ile en önemli kriter olurken, ‘Karar Vermede Katılım’ %27,343 öncelik değeri ile ikinci ve ‘Kamu ve Sosyal Hizmetler’ kriteri ise %16,003 ANP öncelik değeri ile önem sırasında son sıradadır.



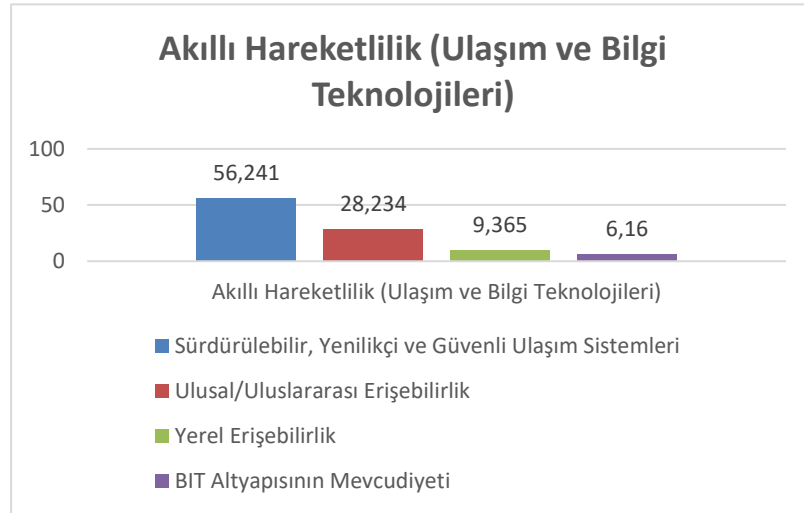
Şekil 17: Akıllı Çevre (Doğal Kaynaklar) Kriterlerinin Öncelik Değerleri – ANP

‘Akıllı Çevre (Doğal Kaynaklar)’ kavramı, üç kriterle değerlendirilmektedir. Kriterlerin ANP öncelik değerleri Şekil 17’de görülmektedir. ‘Sürdürülebilir Kaynak Yönetimi’ %36,916 öncelik değeri ile en önemli kriter olurken, ‘Kirlilik’ %34,925 öncelik değeri ile ikinci ve ‘Doğal Koşulların Çekiciliği’ kriteri ise %22,212 ANP öncelik değeri ile önem sırasında son sıradadır.



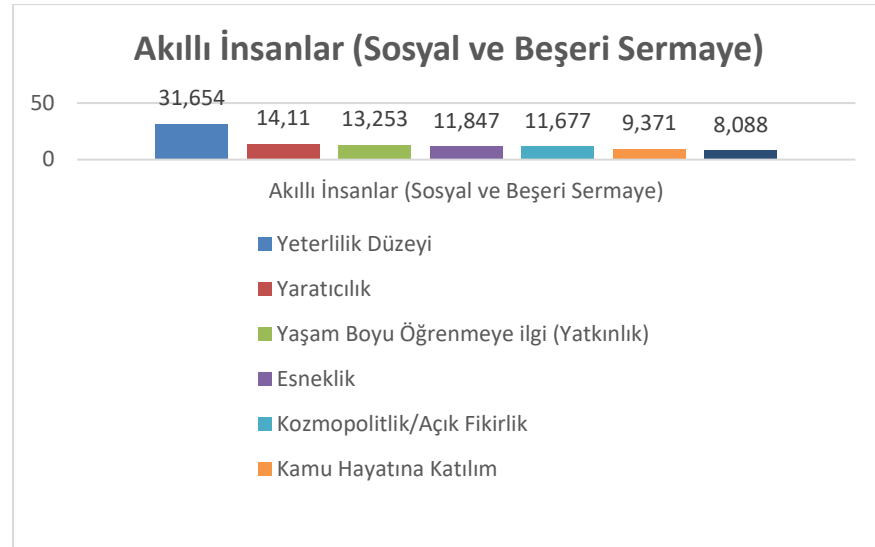
Şekil 18: Akıllı Ekonomi (Rekabetçilik) Kriterlerinin Öncelik Değerleri – ANP

‘Akıllı Ekonomi (Rekabetçilik)’ kavramı, altı kriterle değerlendirilmektedir. Kriterlerin ANP öncelik değerleri Şekil18’de görülmektedir. ‘Yenilikçi Ruh’ %32,456 öncelik değeri ile en önemli kriter olurken ‘Girişimcilik’ kriteri ise %7,646 ANP öncelik değeri ile önem sırasında son sıradadır.



Şekil 19: Akıllı Hareketlilik Kriterlerinin Öncelik Değerleri – ANP

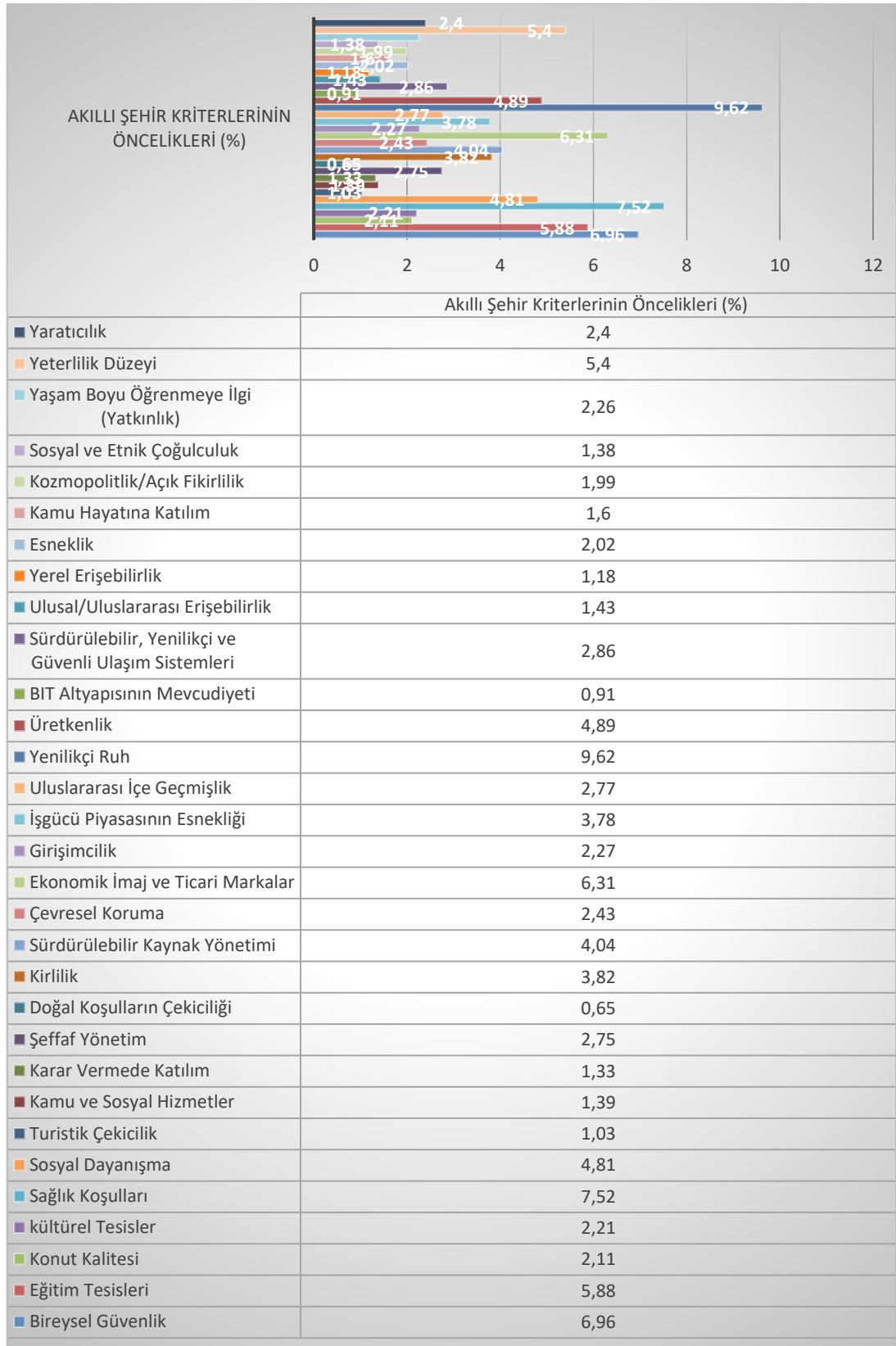
‘Akıllı Hareketlilik (Ulaşım ve Bilgi Teknolojileri)’ kavramı, dört kriterle değerlendirilmektedir. Kriterlerin ANP öncelik değerleri Tablo 9’da görülmektedir. ‘Sürdürülebilir, Yenilikçi ve Güvenli Ulaşım Sistemleri’ %56,241 öncelik değeri ile en önemli kriter olurken ‘BIT Altyapısının Mevcudiyeti’ kriteri ise %6,16 ANP öncelik değeri ile önem sırasında son sıradadır.



Şekil 20: Akıllı İnsanlar Kriterlerinin Öncelik Değerleri – ANP

‘Akıllı İnsanlar (Sosyal ve Beşeri Sermaye)’ kavramı, yedi kriterle değerlendirilmektedir. Kriterlerin ANP öncelik değerleri Şekil 20’de görülmektedir. ‘Yeterlilik Düzeyi’ %31,564 öncelik değeri ile en önemli kriter olurken ‘Sosyal Etnik ve Çoğulculuk’ kriteri ise %8,088 ANP öncelik değeri ile önem sırasında son sıradadır.

Şekil 21’de ‘Akıllı Şehir’ Kriterlerinin öncelik değerlerinin tamamı bir arada gösterilmektedir. Şekil 14’te gösterildiği üzere ‘Akıllı Ekonomi’ boyutu altı boyut içerisinde ikinci sırada yer almasına rağmen bu boyut altında değerlendirilen ‘Yenilikçi Ruh’ alt kriteri genel öncelik sıralamasında %9,62 ANP öncelik değeri ile ilk sırada yer almaktadır. Birinci sırada yer alan ‘Akıllı Yaşam (Yaşam Kalitesi)’ boyutunun kriteri olan ‘Sağlık Koşulları’ kriteri %7,52 ile ikinci, ‘Bireysel Güvenlik’ kriteri ise %6,96 ile üçüncü sırada yer almaktadır. Bu değerlendirme yine göstermektedir ki, ANP’de boyut olarak %11,033 öncelik değeri ile dördüncü sırada yer alan ‘Akıllı İnsanlar’dan daha önce gelen boyutlarda toplamda 16 kriter varken dördüncü boyutun kriteri olan ‘Yeterlilik Düzeyi’ genelde %5,4 öncelik değeri ile bu kriterlerin 11 tanesinden daha öncelikli öneme sahiptir ve genelde altıncı sırada yer almaktadır.



Şekil 21: Akıllı Şehir Kriterlerinin Öncelik Değerleri – ANP

8. SONUÇ

Bir karar verme probleminden bahsedilebilmesi için karar vericinin en az iki seçeneğe sahip olması gerekmektedir. Dolayısıyla, karar verme bir soruna ilişkin muhtemel çözümlerden en faydalı olanın seçilmesi olarak tanımlanmaktadır. Karar vericinin mantıklı bir seçim yapabilmesi için alternatifler hakkında tam bilgiye sahip olması gerekir ki seçenekler ve muhtemel sonuçları bütün yönleriyle değerlendirebilsin. Bunun içinde problem tüm detaylarıyla ortaya konulmalıdır.

Problemlerde amaç çözüme ulaşmak istendiğinde, seçenekler belli kriterler çerçevesinde değerlendirilmektedir. Problemler çoğunlukla yapıları gereği çok sayıda nitelik ve kriter içermektedir. Dolayısıyla problemlerin büyük bir kısmı alternatifler içermek, çok nitelikli olma, nitelikler arasında uyumsuzlukların olması, nitelikler arasında bağdaşmayan birimlerin bulunması, kriterlerin farklı karar vericilere göre farklı karar önem ve ağırlıklara sahip olması gibi özellikleri nedeniyle Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) çerçevesinde değerlendirilmektedir.

ÇKKV problemlerinde, sorun detaylı bir şekilde ortaya konmuş, seçenekler ve kriterler belirlenmiş fakat niteliklerin bir kısmı veya tamamı sayısal olarak ifade edilemeyen nitel göstergelerden oluşuyorsa, bu problemlerin çözümünde önerilen yöntemlerin en çok tercih edileni Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) olmaktadır. Karmaşık karar problemleri somut ve soyut çok sayıda kriter ve seçenek arasından seçim yapılmasını gerektirdiği için Thomas Saaty ÇKKV’de nitel ve nicel faktörleri birlikte değerlendirerek çözüme ulaşabilmek için AHP’yi önermektedir. Bunun için de problemlerin kilit unsurlarını ve aralarındaki etkileşimleri ifade eden bir tasarımın oluşturulması, karar vericinin bilgi, duygu veya hislerini açıklayan yargıların ortaya konulması, bu yargıların sayısal olarak temsil edilmesi, bu sayılar aracılığıyla da hiyerarşik yapıdaki boyut ve kriterlerin önceliklerinin hesaplanması ve en son olarakta kararlardaki olası değişimlere karşı duyarlılığın analiz edilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Ancak, birçok karar problemi karmaşık ve dinamik yapısı gereği hiyerarşik olarak yapılandırılmamaktadır. Dolayısıyla, farklı seviyelerdeki göstergeler

arasındaki etkileşim ve bağımlılıklar dikkate alınmalıdır. AHP'nin yapısındaki bu eksiklikler nedeniyle hiyerarşik olarak düzenlenemeyen sorunlar için Analitik Ağ Süreci (ANP) önerilmektedir. ANP, AHP'nin genelleştirilmiş versiyonu olarak kümeler ve elemanlar arası geri bildirimleri ve bağımlılıkları dikkate almaktadır. ANP, kontrol ve ağ seviyesi olmak üzere iki seviyeden oluşmaktadır. Birincisi, ilişkileri kontrol eden kriter ve alt kriterleri kontrol eden hiyerarşi ya da ağ, İkincisi ise, göstergeler ve kümeler arası ilişkilerin ağı.

ANP'de sırasıyla gösterge elemanları ve kümeler tanımlanır, model tasarlanır, karşılıklı bağımlılıklar oluşturulur, elemanlar ve kümeler arasında ikili karşılaştırma matrisi yapılandırılır. Süpermatris oluşturularak süpermatris limiti çözülür. Bu işlemlerden AHP'den farklı olanları yani ANP'ye özgü olanları bağımlılık ve süpermatris kavramlarıdır.

Süpermatris tüm ağı kapsıyorsa alternatiflerin normalleştirilmiş süpermatriste yer alan sütununda alternatiflerin öncelik ağırlıklarına ulaşılabilir. Süpermatris yalnızca aralarında bağlantı bulunan unsurlardan oluşuyorsa, alternatif için genel öncelikleri belirlemek için başka işlemlerde ihtiyaç duyulmaktadır. Genel önceliği en büyük seçenek/alternatif tercih edilmelidir.

Finansal kriz olasılıklarının belirlenmesi, toplam kalite yönetimini geliştirilmesi, işletme bilgi yönetim taktiklerini değerlendirme ve seçme, web sitesi içeriğinin oluşturulması, risk değerlendirme ve karar analizi konularında çok sayıda ANP uygulaması mevcuttur.

Hedefler doğrultusunda mevcut imkanları en optimum seviyede değerlendirme konusunda sorumlu olan yöneticiler, şehirlerini verecekleri doğru kararlarla gelecekte daha sürdürülebilir bir yapıya dönüştürebilirken, yanlış kararlarıyla da giderek yaşam kalitesi azalan ve artan nüfusun ihtiyaçlarına çözümler bulmakta zorlanan bir yapıya dönüştürebilirler. Şehirlerin günümüzde ve gelecekteki çevre, ekonomi ve sosyal hayattaki etkileri incelendiğinde akıllı şehir yaklaşımı ve gerekliliği daha iyi daha iyi kavranmaktadır. Bu durum beraberinde kentlerin planlaması, geliştirilmesi ve işletilmesi için birçok zorluklar çıkaracaktır. Bu zorluklar, şehirlerin ekonomik faaliyetlerinin, enerji tüketiminin, çevresel etkilerinin ve yaşam kalitesinin optimize edilmesi için “akıllı” yaklaşımlar önerilmektedir. “Akıllı şehirler” bilgi ve iletişim teknolojilerinden faydalanarak maliyet ve enerji tasarrufu, gelişmiş hizmet sunumu,

yaşam kalitesi, azaltılmış çevresel atık ve düşük karbon ekonomisini destekleyen kaynak kullanımı konularında daha akıllı ve etkin olmaya çalışan şehirleri temsil etmektedir.

1990’larda ortaya çıkan “akıllı şehir” kavramı 21. yüzyılın başlarından itibaren şehirler açısından bir prestij kaynağı olarak kullanılan popüler bir terim olarak kullanılmaktadır. Birleşmiş Milletler Nüfus Fonu’nun 2008 raporuna göre 2050’ye kadar dünya genelinde insanların %70’nin şehirlerde yaşaması beklenmektedir. Günümüzde, Avrupa nüfusunun %75’i şehirlerde yaşarken bu oranın 2020’ye kadar %80’e ulaşması öngörülmektedir.

Şehir yaşamı küresel boyutta değerlendirildiğinde Asya, Latin Amerika ve Afrika’da dahi 20 milyondan fazla nüfusa sahip birçok mega şehir bulunmaktadır. Şehirler dünya çapında enerjinin %80’ini tüketirken öte yandan da ülkelerinin ekonomik gelişimine katkıda bulunmaktadır.

Geleceğe yönelik raporlar ve çalışmalar incelendiğinde, şehir ve ülke yöneticilerinin zorluklarla başedebilmesi için akılcı çözümler üretmesi gerekmektedir. Birçok şehir gelişmiş ulaşım bağlantıları, BİT altyapısı içeren hizmetleri ile şehirlerini akıllı şehir olarak nitelendirilmektedir.

Aslında, akıllı şehir kavramı teknolojilerin hizmetlere uygulanmasıyla sınırlı değildir. Bu çalışmada, akıllı şehirlerin ve unsurlarının tanımları ve performanslarının nasıl değerlendirildiği konusunda güncel literatür çalışmaları incelenerek bir uygulama ortaya konmaktadır. Çalışmada, literatürdeki akıllı şehir tanımları değerlendirilirken farklı anlamların ve çeşitli perspektiflerin altı çizilmektedir; sonra akıllı şehrin temel boyutları analiz edilmekte; akıllı şehrin performans ölçütlerine odaklanılmakta, akıllı şehir çalışmaları rapor edilmekte; sonuçta bu değerlendirmelerin ışığında Avrupa Akıllı Şehirler Değerlendirme Raporu kriter ve göstergeleri kullanılarak uygulama yapılmıştır.

Endüstri, eğitim, katılım ve teknik altyapı akıllı şehrin dört bileşeni olarak değerlendirilmektedir. Viyana Teknoloji Üniversitesi’nde Bölgesel Bilim Merkezi tarafından yürütülen bir projede bu bileşenler akıllı ekonomi, akıllı hareketlilik, akıllı çevre, akıllı insanlar, akıllı yaşam ve akıllı yönetim olarak altı boyuta genişletilmiştir. Bu çalışmada bölgesel rekabet edebilirlik, ulaşım ve BİT ekonomisi, doğal kaynaklar, beşeri ve sosyal sermaye, yaşam kalitesi ve toplum üyelerinin katılımı gibi geleneksel

ve neoklasik kavramlarla kentsel büyüme ve kalkınma teorilerini dikkate almaktadır. Bu çalışmada, akıllı bir şehrin sakinlerinin yaşam kalitesini arttıran bir şehir olarak tanımlanması ön plana çıkarılmaktadır.

Bu çalışmada yer alan uygulamanın Avrupa Birliği için oluşturulan Avrupa Akıllı Şehirler Değerlendirme Raporu'nda yer alan ANP taslağından esas farkı rapordaki tüm karakterleri, kriterleri ve göstergeleri tasarıma dahil etmesi ve daha çok sayıda karşılıklı bağımlılığın söz konusu olduğu bir ağın ortaya konmasıdır.

Bu çalışmada, akıllı şehri tanımlayan 6 boyut, 30 alt kriter ve kriterlerin kapsamını oluşturan ve uzmanların ikili karşılaştırma matrisindeki subjektif değerlendirmelerinde yararlandığı nicel verilerden oluşan 74 gösterge Avrupa Akıllı Şehirler Değerlendirme Raporu'ndan alınmıştır. Araştırmada, akıllı şehir kriterleri ilişkisi ağı Analitik Ağ Yöntemi (ANP) ile belirlenerek doğrudan veya dolaylı birbiriyle ilişkili tüm kriterler arası geri bildirimler değerlendirmeye alınması amaçlanmıştır. Kültür ve sanat, bilim ve teknoloji, ekonomi, sosyoloji ve psikoloji alanlarında uzmanlarla görüşme yapılmıştır. Uzmanlar kriterler arası ağ ilişkilerini belirleyerek ikili karşılaştırma matrisleri aracılığıyla subjektif görüşlerini belirtmişlerdir. İkili karşılaştırma matrisleri ANP analizinde değerlendirme verisi olarak kullanılmıştır. Araştırma ile şehir yöneticileri için küresel çapta geçerli bilimsel akıllı şehir olma üst ve alt kriterleri tanıtılmış, kriterlerin kapsamını oluşturan nicel göstergeler belirtilmiş ve bu kriterlerin kendi kategorilerinde ve tüm kriterler arasında önem dereceleri belirlenmiştir. Kriter kapsamlarının çok geniş olması ve tümü hakkında bilgi sahibi uzmanların bulunmaması akıllı şehir araştırmalarının sınırlılığını oluşturmaktadır.

Araştırmanın kavramsal çerçeve bölümü için üniversite kütüphaneleri, internet siteleri, raporlar, makaleler, tezler ve veri tabanları kullanılmıştır. Avrupa Birliği başta olmak üzere dünyadaki farklı akıllı şehir eylem planları ve uygulamaları incelenmiştir. Bu çerçevede kültür-sanat, bilim ve teknoloji, ekonomi, sosyoloji ve psikoloji alanlarında öğretim üleriyle yüz yüze görüşmeler yapılarak akıllı şehir kriterleri hakkında değerlendirmeleri ve görüşleri alınmıştır.

Akıllı şehir kavramı, akıllı yaşam, akıllı ekonomi, akıllı çevre, akıllı insan, akıllı hareketlilik ve akıllı yönetim olmak üzere altı boyut gelecekteki şehirleri geliştirmeye yardımcı olmaktadır:

- Akıllı ekonomi; Yüksek verimlilik, girişimcilik ve dönüşüm yeteneği,

- Akıllı hareketlilik: Güçlü BİT altyapısı ve sürdürülebilir ulaşım sistemleri,
- Akıllı çevre; Sürdürülebilir kaynak yönetimi, kirliliğin önlenmesi, çevre koruması,
- Akıllı insanlar; Çeşitlilik, yaratıcılık ve kamusal yaşama katılım,
- Akıllı yaşam; Kültür tesisleri, konut kalitesi, sağlık ve güvenlik konuları,
- Akıllı yönetim; Siyasal stratejiler ve perspektifler, şeffaflık ve karar alma sürecine topluluk katılımı.

Uygulama sonucunda ‘Akıllı Yaşam’ boyutu %35,459 öncelik değeri ile en önemli boyut olurken ‘Akıllı Yönetim’ boyutu ise %5,738 ANP öncelik değeri ile önem sırasının son sırasında yer almaktadır.

‘Akıllı Yaşam (Yaşam Kalitesi)’ boyutu, yedi kriterle değerlendirildiğinde, ‘Bireysel Güvenlik’ kriteri %22,81 öncelik değeri ile en önemli kriter olurken ‘Turistik Çekicilik’ kriteri ise %3,378 ANP öncelik değeri ile önem sırasının son sırasında yer almaktadır.

‘Akıllı Yönetim (Katılım)’ boyutu, üç kriterle değerlendirildiğinde ‘Şeffaf Yönetim’ kriteri %56,655 öncelik değeri ile en önemli kriterke, ‘Karar Vermede Katılım’ %27,343 öncelik değeri ile ikinci ve ‘Kamu ve Sosyal Hizmetler’ kriteri ise %16,003 ANP öncelik değeri önem sırasının son sırasında yer almaktadır.

‘Akıllı Çevre (Doğal Kaynaklar)’ boyutu, üç kriterle değerlendirildiğinde, ‘Sürdürülebilir Kaynak Yönetimi’ kriteri %36,916 öncelik değeri ile en önemli kriter olurken, ‘Kirlilik’ kriteri %34,925 öncelik değeri ile ikinci ve ‘Doğal Koşulların Çekiciliği’ kriteri ise %22,212 ANP öncelik değeri ile önem sırasının son sırasında yer almaktadır.

‘Akıllı Ekonomi (Rekabetçilik)’ boyutu, altı kriterle değerlendirildiğinde, ‘Yenilikçi Ruh’ %32,456 öncelik değeri ile en önemli kriterken ‘Girişimcilik’ kriteri ise %7,646 ANP öncelik değeri ile önem sırasının son sırasında yer almaktadır.

‘Akıllı Hareketlilik (Ulaşım ve Bilgi Teknolojileri)’ boyutu, dört kriterle değerlendirildiğinde, ‘Sürdürülebilir, Yenilikçi ve Güvenli Ulaşım Sistemleri’ kriteri %56.241 öncelik değeri ile en önemli kriterken ‘BİT Altyapısının Mevcudiyeti’ kriteri ise %6,16 ANP öncelik değeri ile önem sırasının son sırasında yer almaktadır.

‘Akıllı İnsanlar (Sosyal ve Beşeri Sermaye)’ boyutu, yedi kriterle değerlendirildiğinde, ‘Yeterlilik Düzeyi’ kriteri %31,564 öncelik değeri ile en önemli kriterken ‘Sosyal Etnik ve Çoğulculuk ’ kriteri ise %8.088 ANP öncelik değeri ile önem sırasının son sırasında yer almaktadır.

‘Akıllı Şehir’kriterlerinin öncelik değerlerinin tamamı bir arada değerlendirildiğinde, ‘Akıllı Ekonomi’ boyutu altı boyut içerisinde ikinci sırada yer almasına rağmen bu boyut altında değerlendirilen ‘Yenilikçi Ruh’ alt kriteri genel öncelik sıralamasında %9,62 ANP öncelik değeri ile ilk sırada yer almaktadır. Birinci sırada yer alan ‘Akıllı Yaşam (Yaşam Kalitesi)’ boyutunun kriteri olan ‘Sağlık Koşulları’kriteri %7,52 ile ikinci, ‘Bireysel Güvenlik’ kriteri ise %6,96 ile üçüncü sırada yer almaktadır. Bu değerlendirme yine göstermektedir ki, ANP’de boyut olarak %11,033 öncelik değeri ile dördüncü sırada yer alan ‘Akıllı İnsanlar’dan daha önce gelen boyutlarda toplamda 16 kriter varken dördüncü boyutun kriteri olan ‘Yeterlilik Düzeyi’ genelde %5,4 öncelik değeri ile bu kriterlerin 11 tanesinden daha öncelikli öneme sahiptir ve genelde altıncı sırada yer almaktadır.

Bu çalışma verileriyle bölge, il veya ülke yöneticilerine hangi boyutların veya alt kriterlerin diğer boyutlara veya kriterlere kıyasla ne kadar öneme sahip olduğu hangi kriter veya alt kriterlere nispi olarak daha fazla yatırım yapılarak akıllı şehir sıralamasında yükselebileceğini, alt-alt kriterlerde kendileri ve muhtemel rakipleri için oluşturabilecekleri verilerle tüm bu boyutlarda karşılaştırmalarını yaparak hangi rakipten hangi boyutu veya kriteri geliştirme adına benchmarking yapabileceğini görme imkanı sunması beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- Aguar'on, Juan, Jos'e Mar'ia Moreno-Jime'nez. 2003. The Geometric Consistency Index: Approximated Thresholds. **European Journal of Operational Research**. c. 147. s. 1: 137–145.
- Akarte, Mm, B Ravi, N Rangaraj, Nv Surendra. 2001. Web Based Casting Supplier Evaluation Using Analytical Hierarchy Process. **Journal of the Operational Research Society**. c. 52. s. 5: 511–522.
- Aktar, Demirtaş Ezgi, Özden Üstün. 2009. Analytic Network Process and Multi-Period Goal Programming Integration in Purchasing Decisions. **Computer&Industrial Engineering**. c. 56. s. 2: 677–690.
- Alawadhi, Suha, Hafedh Chourabi, Ramon Gil-Garcia, Sehl Mellouli, Taewoo Nam, Theresa A. Pardo, Hans J. Scholl, Shawn Walker. 2012. Building Understanding of Smart City Initiatives. Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), 4-7 Ocak 2012. Maui, Hawaii, USA: 40-53.
- Albino, Vito, Umberto Berardi, Rosa Maria Dangelico. 2015. Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. **Journal of Urban Technology**. c. 22. s. 1: 1-19.
- Alonso, Jose Antonio, M. Teresa Lamata. 2006. Consistency in the Analytic Hierarchy Process: A New Approach. **World scientific, International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems**. c. 14. s. 4: 445–459.
- Alonso, Sergio, Chiclana F., Herrera F., Herrera-Viedma E. 2004. A Learning Procedure to Estimate Missing Values in Fuzzy Preference Relations Based On Additive Consistency. *Lecture Notes in Artificial Intelligence*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, V. Torra and Y. Narukawa (Eds.): 227-238.
- Alonso, Sergio, C. Porcel, E. Herrera-Viedma, Francisco Chiclana, F. Herrera, J. Alcalá-Fdez. 2008. A Consistency-Based Procedure to Estimate Missing Pairwise Preference Values. **International Journal of Intelligence System**. c. 23. s. 2: 155–175.

- Amiri, Morteza Pakdin. 2010. Project Selection For Oil-Fields Development by Using The AHP And Fuzzy TOPSIS Methods. **Journal of Expert Systems with Applications**. c. 37. s. 9: 6218–6224.
- Anderson, David R., Dennis J. Sweeney, Jeffrey D. Camm, Thomas A. Williams, R. Kipp Martin. 2005. **An Introduction to Management Science: Quantitative Approaches to Decision Making**. 13. bs. Mason: Thomson South-Western.
- Arribas-Bel, Daniel, Karima Kourtit, Peter Nijkamp. 2013. Benchmarking of World Cities through Self-Organizing Maps. **Cities**. c. 31. s. 2: 248-257.
- Aydın, Mustafa. 1994. **Eğitim Yönetimi**. 4. bs. Ankara: Hatipoğlu Yayınevi.
- Bakıcı, Tuba Yeşim, Esteve Almirall, Jonathan Wareham. 2013. A Smart City Initiative: The Case of Barcelona. **Journal of the Knowledge Economy**. c. 4. s.2: 135-148.
- Ballas, Dimitris. 2013. What Makes a ‘Happy city’?. **Cities**. c. 32. s. 1:39–50.
- Barzilai, J. 1997. Deriving Weights from Pairwise Comparison Matrices. **The Journal of the Operational Research Society**. c. 48. s. 12:1226- 1232.
- Bayazıt, Özden, Birsen Karpak. 2007. An Analytical Network Process-Based Framework for Successful Total Quality Management (TQM): An Assessment of Turkish Manufacturing Industry Readiness. **International Journal of Production Economy**. c. 105. s. 1: 79–96.
- Bayazıt, Özden. 2006. Use of Analytic Network Process in Vendor Selection Decisions. **Benchmarking: An International Journal**. c. 13. s. 5: 566–579.
- Bellman, R. E, Lütü Zadeh. 1970. Decision Making in a Fuzzy Environment. **Management Science**. c. 17. s. 4: 141-164.
- Benayoun, R., B. Roy, N. Sussman. 1966. **Manual de reference du program ELECTRE, Note de Synthese et Formation, Direction Scientifique**. Paris: SEMA, 25.
- Berardi, Umberto. 2013a. Clarifying the New Interpretations of the Concept of Sustainable Building. **Sustainable, Cities and Society**. c. 8. s. 1: 72–78.

- _____. 2013b. Sustainability Assessments of urban Communities through Rating Systems. **Environment, Development and Sustainability**. c. 15. s. 6: 1573–1591.
- Bernstein, Peter L. 1996. **Against the Gods. The Remarkable Story of Risk**. 3. bs. Newyork :John Wiley&Sons.
- Birleşmiş Milletler 2008 Raporu. [28.06.2017]. Millennium Goals.
http://www.un.org/millenniumgoals/2008highlevel/pdf/newsroom/mdg%20reports/MDG_Report_2008_ENGLISH.pdf
- Bouyssou, Denis, Jean Claude Vansnick. 1986. Noncompensatory and Generalized Noncompensatory Preference Structures. **Theory and Decision**. c. 21. s. 2: 251–266.
- Brunelli, Matteo, Michele Fedrizzi, Silvio Giove. 2007. Reconstruction Methods for Incomplete Fuzzy Preference Relations: A Numerical Comparison. In: Masulli F., Mitra S., Pasi G. (eds) Applications of Fuzzy Sets Theory, WILF 2007, 7-10 Temmuz 2007, Berlin, Heidelberg.
- Bryson, Noel. 1995. A goal programming method for generating priority vectors. **The Journal of the Operational Research Society**. c. 46. s. 5: 641–648.
- Caballero-Luque , Antonio, Carlos Dema-Pérez, Mónica García-Melón, Pablo Aragon'es-Beltr'an. 2010. Analysis of the Alignment of Company Goals to Web Content Using ANP. **International Journal of Information Technology & Decision Making**. c. 9. s. 3: 419–436.
- Can, Mustafa. 2015. **İşletmeciler, Mühendisler ve Yöneticiler için Operasyonel, Yönetmel ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri**. 2. bs. Bursa: Dora Basım Yayın Dağıtım.
- Cao, D, J.S. Law, L.C. Leung. 2008. Modifying Inconsistent Comparison Matrix In Analytic Hierarchy Process: A Heuristic Approach. **Elsevier, Journal of Decision Support System**. c. 44. s.4: 944-953.
- Caragliu, Andrea, Chiara Del Bo, Peter Nijkamp. 2011. Smart Cities in Europe. **Journal of Urban Technology**. c. 18. s.2: 65–82.

- Carli, Raffaele, Luigi Ranieri, Mariagrazia Dotoli, Roberta Pellegrino. 2013. Measuring and Managing the Smartness of Cities: A Framework for Classifying Performance Indicators. **Proc. of IEEE Systems, Man, and Cybernetics, 13-16 Ekim 2013**. Manchester: 1288-1293.
- Carmone, Frank J., Ali Kara, Stelios H. Zanakis. 1997. A Monte Carlo Investigation of Incomplete Pairwise Comparison Matrices in AHP. **European Journal of Operational Research**. c. 102. s.3: 538–553.
- Cebeci, Ufuk, Da Ruan. 2007. A multi-attribute comparison of Turkish quality consultants by fuzzy AHP. **International Journal of Information Technology & Decision Making**. c. 6. s. 1: 191–207.
- Cebeci, Ufuk. 2009. Fuzzy AHP-Based Decision Support System for Selecting ERP Systems in Textile Industry by Using Balanced Score Card. **Expert Systems with Applications**. c. 36. s. 5: 8900–8909.
- Chamodrakas, I., D. Matis, D. Martakos. 2010. Supplier Selection in Electronic Marketplaces Using Satisficing and Fuzzy AHP. **Expert Systems with Applications**. c. 37. s. 1: 490–498.
- Chan, F.T.S. 2003. Interactive selection model for supplier selection process: an analytical hierarchy process approach. **International Journal of Production Research**. c. 41. s. 15: 3549–3579.
- Chen, M. K., Shih Ching Wang. 2010. The critical factors of success for information service industry in developing international market: using analytic hierarchy process (AHP) approach. **Journal of Expert Systems with Applications**. c. 37. s. 1: 694–704.
- Chen, Shu-Jen, Ching Lai Hwang. 1990. **Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications**. Berlin Herdelberg: Springer-Vedag.
- Chen, Shu-Jen, Ching-Lai Hwang, Frank P. Hwang. 1992. Fuzzy multiple attribute decision making (methods and applications). **Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems**. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag: 536-551.
- Chen, Thomas M. 2010. Smart Grids, Smart Cities Need Better Networks [Editor's Note]. **IEEE Network the Magazine of Global Internetworking**. c. 24. s. 2: 2–3.

- Chiclana, Francisco, Enrique Herrera-Viedma, S. Alonso. 2009. A note on two methods for estimating missing pairwise preference values. **IEEE Transactions On Systems, Man, And Cybernetics—Part C: Applications and Reviews**. c. 39. s. 6: 1628–1633.
- Chourabi, Hamed, Hans J. Scholl, Karina Nahon, Ramon Gil-Garcia, Sehl Mellouli, Shawn Walker, Taewoo Nam, Theresa A. Pardo. 2012. Understanding Smart Cities: An Integrative Framework. **Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), 45th Hawaii Conference**. 4-7 Ocak 2012. Maui, Hawaii, USA: 2289–2297.
- Chu, A. T. W., K. Springam, R. E. Kalaba. 1979. A comparison of two methods for determining the weights of belonging to fuzzy sets. **Journal Of Optimization Theory And Applications**. c. 27. s. 4: 531–541.
- Chung, Shu-Hsing, Amy H.I. Lee, W. L. Pearn. 2005. Analytic Network Process (ANP) Approach for Product Mix Planning in Semiconductor Fabricator. **International Journal of Production Economy**. c. 96. s. 1: 15–36.
- Crawford, Gordon, Cindy Williams. 1985. A note on the analysis of subjective judgment matrices. **Journal Of Mathematical Psychology**. c. 29. s. 4: 387-405.
- Cretu, Liviu Gabriel. 2012. Smart Cities Design Using Event-driven Paradigm and Semantic Web. **Informatica Economica**. c. 16. s. 4: 57–67.
- Cugurullo, Federico. 2013. How to Build a Sandcastle: An Analysis of the Genesis and Development of Masdar City. **Journal of Urban Technology**. c. 20. s. 1: 23– 37.
- Dağdeviren, Metin, İhsan Yuksel, Mustafa Kurt. 2008. A Fuzzy Analytic Network Process (ANP) Model to Identify Faulty Behavior Risk (FBR) in Work System. **Safety Science**. c. 46. s. 5: 771–783.
- Dağdeviren, Metin, Nevzat Kılınç, Serkan Yavuz. 2009. Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment. **Journal of Expert Systems with Applications**. c. 36. s. 4: 8143–8151.
- Doumpos, Michael, Constantin Zopounidis. 2002. Multicriteria Classification and Sorting Methods: A Literature Review. **European Journal of Operational Research**. c. 138. s. 2: 229-246.

- Dubois, D., H. Prade. 1980. **Fuzzy sets and systems: Theory and applications**. New York: Academic Press.
- Eger, John M. 2009. Smart Growth, Smart Cities, and the Crisis at the Pump A Worldwide Phenomenon. **I-Ways - The Journal of E-Government Policy and Regulation**. c. 32. s. 1:47–53.
- Enea, Mario, Tommaso Piazza. 2004. Project selection by constrained fuzzy AHP. **Journal of Fuzzy Optimization and Decision Making**. c. 3. s. 1: 39–62.
- Ergu, Daji, Gang Kou. 2011. Questionnaire design improvement and missing item scores estimation for rapid and efficient decision making. **Springer, Ann Operational Research**. c. 197. s. 1: 5-23.
- Ergu, Daji, Gang Kou, Yi Peng, Yong Shi. 2011a. A new consistency index for comparison matrices in the ANP. **Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems**. c. 648. s. 1:47–56.
- _____. 2011b. A simple method to improve the consistency ratio of the pair-wise comparison matrix in ANP. **European Journal of Operational Research**. c. 213. s. 1: 246–259.
- _____. 2011c. BIMM: A bias induced matrix model for incomplete reciprocal pairwise comparison matrix. **Wiley Online Library, Journal Of Multi-Criteria Decision Analysis**. c. 18. s. 1-2: 101-113.
- _____. 2011d. The analytic hierarchy process: task scheduling and resource allocation in cloud computing environment. **Springer, Journal of Super comput**. c. 11. s.3: 835-848.
- _____. 2014. Analytic network process in risk assessment and decision analysis. **Elsevier, Computers & Operations Research**. c. 42. s. 1: 58-74.
- Fedrizzi, Michelle, Silvio Giove . 2007. Incomplete Pairwise Comparison and Consistency Optimization. **Elsevier, European Journal of Operational Research**. c. 183. s. 1: 303–313.
- Fishburn, P. C. 1970. **Utility theory for decision-making**. New York: John Wiley&Sons.
- Forman, Ernest H. 1990. Random Indices for Incomplete Pairwise Comparison Matrices. **European Journal of Operational Research**. c. 48. s. 1: 153–155.

- Forman, E. H., M. A. Selly. 2002. **Decision by Objectives**. Singapur: World Scientific Publishing Company.
- Forman, Ernest H., Saul H. Gass. 2001. The Analytic Hierarchy Process-An Exposition. **Operations Research**. c. 49. s. 4: 469-486.
- Forman, Ernest, Kirti Peniwati. 1998. Aggregating individual judgments and priorities with the Analytic Hierarchy Process. **European Journal Of Operational Research**. c. 108. s. 1: 165-169.
- Giffinger, Rudolf, Christian Fertner, Evert Meijers, Hans Kramar. 2007. Smart Cities: Ranking of European Medium-sized.Cities. Vienna: Centre of Regional Science, 1-28.
- Giffinger, Rudolf, Haindlmaier Gudrun. 2010. Smart Cities Ranking: An Effective Instrument for the Positioning of Cities?. **ACE Architecture, City and Environment**. c. 4. s. 1: 7– 25.
- Grabisch, M. 1995. Fuzzy integral in multicriteria decision making. **Fuzzy Sets and Systems**. c. 69. s. 3: 279-298.
- Greenfield, Adam. 2013. **Against the Smart City(The city is here for you to use Book 1)**. Kindle Edition, New York: Do Projects.
- Guan, Lilian. 2012. Smart Steps To A Battery City. **Government News**. c. 32. s. 2: 24–27.
- Gülçür, Fazıl K. 1966. **İşletmelerde Faaliyet Araştırmaları Programlama-Organizasyon Karar Metotları**. İstanbul: İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayıncılık Berkay Matbaası.
- Halaç, Osman. 1991. **Kantitatif Karar Verme Teknikleri (Yöneylem Araştırması)**. 7. bs. İstanbul: Evrim Basım Yayım Dağıtım.
- Hall, R.E. 2000. The Vision of a Smart City. Paris: France 2nd International Life Extension Technology Workshop.
- Halpern, Orit, J. LeCavalier, N. Calvillo, W. Pietsch. Test- Bed Urbanism. 2013. **Public Culture**. c. 25. s. 2: 272–306.
- Hancke, Gerhard P., Bruno de Carvalho e Silva. 2013. The Role of Advanced Sensing in Smart Cities. **Sensors**. c. 13. s. : 393-425.

- Handfield, Robert, Robert Sroufe, Steven A. Melny, Steven Walton. 2002. Applying environmental criteria to supplier assessment: A study in the application of the Analytical Hierarchy Process. **European Journal of Operational Research**. c. 141. s. 1: 70–87.
- Harker, Patrick, Luis G.Vargas. 1987. The theory of ratio scale estimation: Saaty's analytic hierarchy process. **Journal of Management Science**. c. 33. s. 2: 1383–1403.
- Harrison, C.,B. Eckman, R. Hamilton, J. Kalagnanam, J. Paraszczak, P. Hartswick, P. Williams. 2010. Foundations for Smarter Cities. **IBM Journal of Research and Development**. c. 54. s. 4: 1–16.
- Hillier, F. S. 2001. **Evaluation and decision models: a critical perspective**. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Holland, J. M. 1975. **Adaptation in natural and artificial systems**. Ann Arbor: The University of Michigan Press.
- Hollands, Robert G. 2008. Will the real smart city please stand up? Intelligent, progressive or entrepreneurial?. **Routledge, City**.c. 12. s. 3: 303-320.
- Ghaffarian, Hoseini, Ali Ghaffarian Hoseini, Nastaran Makarem, Nur Dalilah Dahlan, Umberto Berardi. 2013. The essence of future smart houses: From embedding ICT to adapting to sustainability principles. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. c. 24. s. 4: 593-607.
- Hu, Yi-Chung, Jung-Fa Tsai. 2006. Backpropagation multi-layer perception for incomplete pairwise comparison matrices in analytic hierarchy process. **Applied Mathematics and Computation**. c. 180. s. 1: 53–62.
- Hwang, C.L., K. Yoon. 1981. **Multiple attribute decision making: methods and applications**. New York: Springer-Verlag.
- Hwang, Ching-Lai, Kwangsun Yoon. 2012. **Multiple attribute decision making: methods and applications a state-of-the-art survey**. Berlin: Springer Science & Business Media.
- IDA Singapore, “iN2015 Masterplan” (2012) ,

<http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/unpan/unpan032993.pdf> [28.06.2017]

- Ishizaka, Alessio, Ashraf Labib. 2009. **Analytic hierarchy process and expert choice: Benefits and limitations**. *Or Insight*, Vol. 22, 201-220.
- Ishizaka, Alessio, M. Lusti. 2004. An expert module to improve the consistency of AHP matrices. **International Transactions in Operational Research**. c. 11. s. 1: 97–105.
- J.A. Momoh, J.Z. Zhu. 1998. Application of AHP/ANP to unit commitment in the deregulated power industry. **IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics**. c. 1. s. 1: 817-822.
- Kablan, M.M. 2004. Decision Support for Energy Conservation Promotion: Ananalytic Hierarchy Process Approach. **Energy Policy**. c. 32. s. 10: 1151–1158.
- Kahraman, Cengiz, Gülçin Büyüközkan, Tijen Ertay. 2006. A fuzzy optimization model for QFD planning process using analytic network approach. **European Journal of Operational Research**. c. 171. s. 2: 390–411.
- Karahoca, Adem, Dilek Karahoca. 1998. **İşletmeciler, Mühendisler ve Yöneticiler İçin Yönetim Bilişim Sistemleri ve Uygulamaları**. İstanbul: Beta Yayınevi.
- Karsak, Ertuğrul, Sevin Sözer, S. Emre Alptekin. 2003. Product planning in quality function deployment using a combined analytic network process and goal programming approach. **Computers & Industrial Engineering**. c. 44. s. 1: 171–190.
- Keeney, R. L., H. Raiffa. 1976. **Decision with multiple objectives: preferences and value trade-offs**. New York: John Wiley & Sons.
- Khalid, Hafeez, Malak Naila, YanBing Zhang. 2002. Determining key capabilities of a firm using analytic hierarchy process. **International Journal of Production Economy**. c. 76. s. 1: 39–51.
- Klein, Cornel, Gerald Kaefer. 2008. From smart homes to smart cities: Opportunities and challenges from an industrial perspective. St. Petersburg, Russia: Lecture Notes in Computer Science book series, c. 5174. 260.

- Koczkodaj, W. W. 1993. A new definition of consistency of pairwise comparisons. **Pergamon Press, Journal of Math. Comput. Model.** c. 18. s. 7: 79–84.
- Koçel, Tamer. 2003. **İşletme Yöneticiliği**. İstanbul: Beta Yayınları.
- Komninos, Nicos. 2011. Intelligent Cities: Variable Geometries of Spatial Intelligence. **Intelligent Buildings International.** c. 3. s. 1: 172–188.
- Kosmidou, Kyriaki, Constantin Zopounidis, Michael Doumpos. 2008. **Country Risk Evaluation**. New York: Springer.
- Kou, Gang, Daji Ergu, Y. Peng, Yi Shi. 2013. **Data Processing for the AHP/ANP**. Berlin Herdelberg: Springer-Vedag.
- Kourtiti, Karima, Daniel Arribas, Peter Nijkamp. 2012. Smart Cities in Perspective – A Comparative European Study by Means of Self-organizing Maps. **Innovation: The European Journal of Social Science Research.** c. 25. s. 2: 229–246.
- Kourtiti, Karima, Peter Nijkamp. 2012. Smart Cities in the Innovation Age. **Innovation: The European Journal of Social Science Research.** c. 25. s. 2: 93–95.
- Koza, J. 1992. **Genetic programming: On the programming of computers by means of natural selection**. MA: MIT Press.
- Kuhn, H. W., A. W. Tucker. 1951. **Nonlinear Programming” In Proceedings of the 2nd Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability**. Berkeley: University of California Press.
- Kuruüzüm, Ayşe, Nuray Atsan. 2001. Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları. **Akdeniz Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi.** c. 1. s. 1: 83-105.
- Labib, Ashraf W. 2011. A supplier selection model: a comparison of fuzzy logic and the analytic hierarchy process. **International Journal of Production Research.** c. 49. s. 21: 6287–6299.
- Lazaroiu, George Cristian, Mariacristina Roscia. 2012. Definition Methodology for the Smart Cities Model. **Energy.** c. 47. s. 1: 326–332.

- Lee, E. S., R. J. Li. 1993. Fuzzy multiple objective programming and compromise programming with Pareto optimum. **Fuzzy Sets and Systems**. c. 53. s. 3: 275-288.
- Lee, Jin Woo, Soung Hie Kim. 2000. Using analytic network process and goal programming for interdependent information system project selection. **Journal of Computers & Operations Research**. c. 27. s. 4: 367–382.
- Lee, Jung Hoon, M. Gong Hancock, Mei Chih Hu. 2014. Towards an effective framework for building smart cities: Lessons Seoul and San Francisco. **Technological Forecasting and Social Change**. c. 89. s. 1: 80-99.
- Levy. Jason K., Kouichi Taji. 2007. Group decision support for hazards planning and emergency management: a group analytic network process (GANP) approach. **Mathematical and Computer Modelling**. c. 46. s. 7-8: 906–917.
- Leydesdorff, Loet, Mark Deakin. 2011. The Triple-Helix Model of Smart Cities: A Neo-Evolutionary Perspective. **Journal of Urban Technology**. c. 18. s. 2: 53–63.
- Li T-S, Huang H-H. 2009. Applying TRIZ and Fuzzy AHP to develop innovative design for automated manufacturing systems. **Expert Systems with Applications**. c. 36. s. 4: 8302-8312.
- Li, Han, Ma Ching Li .2007. Detecting and adjusting ordinal and cardinal inconsistencies through a graphical and optimal approach in ahp models. **Journal of Computers & Operations Research**. c. 34. s. 3: 780–798.
- Lin, Chang-Chun. 2007. A revised framework for deriving preference values from pairwise comparison matrices. **Elsevier, European Journal of Operational Research**. c. 176. s. 2: 1145–1150.
- Liu, Pu, Zhenghong Peng. 2013. Smart Cities in China. **IEEE Computer Society Digital Library**. c. 47. s. 10: 72-81.
- Liu, W . 1999. A new method of rectifying judgment matrix. **Journal of Syst. Eng. Theory. Pract.** c. 9. s. 1: 100-104.
- Lombardi, Patrizia, Hend Farouh, Silvia Giordano, Wael Yousef. 2012. Modelling the Smart City Performance. **Innovation: The European Journal of Social Science Research**. c. 25. s. 2: 137– 149.

- Lootsma, F. A. 1988. Numerical scaling of human judgment in pairwise-comparison methods for fuzzy multi-criteria decision analysis. Berlin: Springer, Lootsma FA (ed) Mathematical models for decision support, NATO ASI series F, computer and system sciences, c. 48: 57–88.
- _____. 1991. Scale sensitivity and rank preservation in a multiplicative variant of the AHP and SMART. **Faculty of Technical Mathematics and Informatics Report, 3-4 Ağustos 1991**. Delft: Delft University of Technology: 91-67.
- Lu, Shih-Tong, Cheng-Wei Lin, Ping-Hui Ko. 2007. Application of analytic network process (ANP) in assessing construction risk of urban bridge project. **In: International conference on innovative computing, information and control (ICICIC 07), 5-7 Eylül 2007**. Kumamoto: Japan: 169–173.
- M. Barrionuevo, Juan, Pascual Berrone, Joan Enric Ricart. 2012. Smart Cities, Sustainable Progress. **IESE Insight**. c. 14. s. 3: 50–57.
- Mahizhnan, Arun. 1999. Smart Cities: The Singapore Case. **Cities**. c. 16. s. 1:13– 18.
- Malczewski, Jacek. 1999. **GIS and Multi Criteria Decision Analysis**. Newyork: J. Wiley&Sons.
- Mareschal, Bertrand, Jean Pierre Brans, Philippe Vincke. 1984. PROMETHEE: a new family of outranking methods in multicriteria analysis. North Holland, Amsterdam: In J.P Brans, editor, Operational Research, IFORS 84: 477--490.
- Martinson, F. K. 1993. Fuzzy vs. Minmax Weighted Multiobjective Linear Programming Illustrative Comparisons. **Decision Sciences**. c. 24. s. 4: 809-824.
- Meade, Laura, Joe Sarkis. 1999. Analyzing Organizational Project Alternatives for the Agile Manufacturing Process: An Analytical Network Approach. **International Journal of Production Research**. c. 37. s. 2: 241-261.
- Mikhailov, Ludmil, Madan G. Singh. 2003. **Fuzzy analytic network process and its application to the development of decision support systems**. IEEE Transactions On Systems, Man, And Cybernetics—Part C: Applications and Reviews, Vol. 33, 33– 41.
- Millet, I. 1998. Ethical Decision Making Using the Analytic Hierarchy Process. **Journal of Business Ethics**. c. 17. s. 11: 1197-1204.

- Moreno Jim'enez, Jose Maria, Luis G. Vargas. 1993. A probabilistic study of preference structures in the analytic hierarchy process with interval judgements. **Pergamon Press, Journal of Math. Comput. Model.** c. 17. s. 4-5:73–81.
- Mori, K., A. Christodoulou. 2012. Review of Sustainability Indices and Indicators: Towards a New City Sustainability Index (CSI). **Environmental Impact Assessment Review.** c. 32. s. 1: 94-106.
- Nam, Taewoo, Theresa A. Pardo. 2011. Conceptualizing Smart City with Dimensions of Technology, People, and Institutions. **The Proceedings of the 12th Annual International Conference on Digital Government Research, 12-15 Haziran 2011.** Maryland: College Park: 282-291.
- Newbold, Paul. 2000. **İşletme ve İktisat İçin İstatistik.** çev. Ümit Şenesen. 4. bs. Çeviri. İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Niemira, Michael P., Thomas L. Saaty. 2004. An analytic network process model for financial-crisis forecasting. **International Journal Forecast.** c. 20. s. 4: 573–587.
- O'Grady, Michael, Gregory O'Hare. 2012. How Smart Is Your City?. **Computer Science.** c. 335. s. 6076: 1581-1582.
- Pelaez, J.I., M. T. Lamata. 2003. A new measure of consistency for positive reciprocal matrices. **Elsevier, An International Journal Computers & Mathematics with Applications.** c. 46. s. 12: 1839–1845.
- Peng, Yi, Gang Kou, Gouxon Wang, Wenshuai Wu, Yong Shi. 2011a. Ensemble of software defect predictors: an AHPbased evaluation method. **International Journal of Information Technology & Decision Making.** c. 10. s. 1: 187–206.
- Pitz, G.F., J. McKillip. 1984. **Decision Analysis for Program Evaluators.** b.s. 1. SAGE Publications, Incorporated.
- Raisinghani, Mahesh S., Laura Meade, Lawrence L. Schkade. 2007. Strategic e-business decision analysis using the analytic network process. **IEEE Transactions on Engineering Management.** c. 54. s. 4: 673–686.
- Rechenberg, I. 1973. **Evolutionsstrategie: optimierung technischer systeme und prinzipien der biologischen evolution.** Stuttgart: Frommann-Holzboog.

- Roy, B. 1968. Classement et choix en presence de points de vue multiples (la methode ELECTRE). **Revue Française d'Informatique et de Recherche Operationelle**. c. 2. s. 1: 57-75.
- Saaty, RW . 1987. The Analytic Hierarchy Process – What It is and How it is Used. **Pergamon Journals, Math Model**. c. 9. s. 3-5: 161–176.
- Saaty, Thomas L., 1977. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**. c. 15. s. 3: 231–281.
- _____. 1978. Exploring the interface between the hierarchies, multiple objectives and the fuzzy sets. **Fuzzy Sets and Systems**. c. 1. s. 1: 57–68.
- _____. 1979. Applications of analytical hierarchies. **Mathematics and Computers in Simulation**. c. 21. s. 1: 1-20.
- _____. 1980. **The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation**. Newyork: McGraw-Hill.
- _____. 1986. Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. **Management Science**. c. 32. s. 7: 841–855.
- _____. 1990. How to make a decision: the analytic hierarchy process. **European journal of operational research**. c. 48. s. 1: 9-26.
- _____. 1990. How to make a decision: the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**. c. 48. s. 3: 9–26.
- _____. 1991. Some mathematical concepts of the analytic hierarchy process. **Behaviormetrika**. c. 18. s. 29: 1-9.
- _____. 1992. **Decision making for leaders**. 2nd ed. Pittsburg, USA: RWS Publications.
- _____. 1994. How to make a decision: The analytic hierarchy process. **Interfaces**. c. 24. s. 6: 19–43.
- _____. 1996. **Decision making with dependence and feedback: The analytic network process**. Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications.
- _____. 1999. Fundamentals of the analytic network process. **In: ISAHp 1999, 12-14 Augustos 1999**. Kobe, Japan: 1-14.

- _____. 2001a. Decision making with the analytic network process (ANP) and its “super decisions” software: the national missile defense (NMD) example. **In: ISAHP 2001 proceedings, 2-4 August 2001**. Bern, Switzerland 365-381.
- _____. 2001b. **Deriving the AHP 1–9 scale from first principles**. In: ISAHP 6 th 2001 proceedings, Bern, Switzerland.
- _____. 2003. Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary. **European Journal of Operational Research**. c. 145. s. 1: 85–91.
- _____. 2004. Decision making - the Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP). **Journal of Systems Science and Systems Engineering**. c. 13. s. 1: 1-35.
- _____. 2005. **Theory and applications of the analytic network process: decision making with benefits, opportunities, costs and risks**. Pittsburgh: RWS Publications.
- _____. 2006. The analytic network process, decision making with the analytic network process. **Springer, International Series in Operations Research & Management Science**. c. 95. s. 2: 1–26.
- _____. 2007. Time dependent decision-making; dynamic priorities in the AHP/ANP: Generalizing from points to functions and from real to complex variables. **Journal of Mathematical and Computer Modelling**. c. 46. s. 7-8: 860 – 891.
- _____. 2008. Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. **International Journal Of Services Sciences**. c. 1. s. 1: 83-98.
- _____. 2008a. Relative Measurement and Its Generalization in Decision Making Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors The Analytic Hierarchy/Network Process. **RACSAM Rev. R. Acad. Cien. Serie A. Mat**. c. 102. s. 2: 251-318.
- Saaty, Thomas L., H.J. Zoffer. 2011. Negotiating the Israeli-Palestinian controversy from a new perspective. **International Journal of Information Technology & Decision Making**. c. 10. s. 1: 5–64.

- Saaty, Thomas L., Luis G. Vargas. 1994. **Decision Making in Economic, Political, Social and Technological Environments: the Analytic Hierarchy Process**. Pittsburg, PA, USA: RWS Publications.
- _____. 2012. **Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process**. Newyork: Springer.
- Sakawa, M. 1983. Interactive fuzzy decision making for multiobjective linear programming and its application. **Proceedings of IFAC Symposium on Fuzzy Information, Knowledge Representation and Decision Analysis**: 295-300.
- _____. 1984a. **Interactive fuzzy decision making for multiobjective nonlinear programming problems**. Berlin: Springer-Verlag, In Grauer, M. and Wierzbicki, A. P. (Eds) *Interactive Decision Analysis*, 105-112.
- _____. 1984b. **Interactive fuzzy goal programming for multiobjective nonlinear programming problems and its application to water quality management**. **Control and Cybernetics**. c. 13. s. 1: 217-228.
- Shwayri, Sofia T. 2013. A Model Korean Ubiquitous Eco-City? The Politics of Making Songdo. **Journal of Urban Technology**. c. 20. s. 1: 39– 55.
- Thite, Mohan. 2011. Smart Cities: Implications of Urban Planning for Human Resource Development. **Human Resource Development International**. c. 14. s. 5: 623 – 631.
- Thurstone, L. 1927. A Law of Comparative Judgment. **Psychological Review**. c. 34. s. 4: 273–286.
- Thuzar, Moe. 2011. Urbanization in SouthEast Asia: Developing Smart Cities for the Future?. **Regional Outlook**. 96– 100.
- Timor, Mehpare. 2001. **Yöneylem Araştırması ve İşletmecilik Uygulamaları**. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınevi.
- Triantaphyllou, Evangelos. 2000. **Multi-criteria Decision Making Methods: A Comparative Study**. Newyork: Springer.
- Tummala, V. M. Rao, Yat-Wah Wan. 1994. On the Mean Random Inconsistency Index of the Analytic Hierarchy Process (AHP). **Journal of Computers & Industrial Engineering**. c. 27. s. 3: 401-404.

- Tütek, Hülya H., Şevkinaz Gümüsoğlu. 2000. **Sayısal Yöntemler Yönetmel Yaklaşım**. Yenilenmiş 3 bs. Kırklareli: Beta Basım Yayım Dağıtım.
- Tzeng, Gwo-Hshiung, Jih-Jeng Huang. 2011. **Fuzzy Multiple Objective Decision Making**. Newyork: CRC Press.
- _____. 2011. **MultipleAttribute Decision Making: Methods and Applications**. New York: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Vaidya, Omkarprasad S., Sushil Kumar. 2006. Analytic Hierarchy Process: An Overview of Applications. **European Journal of operational research**. c. 169. s. 1: 1-29.
- Vanolo, Alberto. 2014. Smartmentality: The Smart City as Disciplinary Strategy. **Urban Studies**. c. 51. s. 5: 883–898.
- Vargas, Luis G. 2008. The Consistency Index in Reciprocal Matrices: Comparison of Deterministic and Statistical Approaches. **European Journal of Operational Research**. c. 191. s. 2: 454–463.
- Washburn, D., Lauren E. Nelson, Nick Hayes, Rachel A. Dines, Stephanie Balaouras, Usman Sindhu. 2010. **Helping CIOs understand “smart city” initiatives: Defining the smart city, its drivers, and the role of the CIO**. Cambridge, MA: Forrester Research.
- http://public.dhe.ibm.com/partnerworld/pub/smb/smarterplanet/forr_help_cios_and_smart_city_initiatives.pdf[28.06.2017]
- Wei, CP, Zhang ZM . 2000. An Algorithm to Improve the Consistency of a Comparison Matrix. **Journal of Syst. Eng. Theory. Pract.** c. 8. s. 2: 62–66.
- Werners, B. 1987. Interactive Multiple Objective Programming Subject to Flexible Constraints. **European Journal of Operational Research**. c. 31. s. 3: 342-349.
- Wu, Wei-Wen. 2008. Choosing Knowledge Management Strategies by Using a Combined ANP and DEMATEL Approach. **Expert System Application**. c. 35. s. 3: 828–835.
- Xu, Zeshui, Cuiping Wei. 1999. A Consistency Improving Method In the Analytic Hierarchy Process. **European Journal of Operational Research**. c. 116. s. 2: 443–449.

- Yıldırım, Bilal. 2013. **Türk Eğitim Sistemi ve Okul Yönetimi**. 6. bs. Ankara: Pegem Akademi.
- Yigitcanlar, Tan, Sang Ho Lee. 2014. Korean Ubiquitous-Eco-City: A smart-Sustainable Urban Form or a Branding Hoax?. **Technological Forecasting and Social Change**. c. 89. s. 1: 100-114.
- Yu, P. L. 1973. A Class of Solutions for Group Decision Problems. **Management Science**. c. 19. s. 8: 936-946.
- Zadeh, Lütü. 1965. Fuzzy sets. **Information and Control**. c. 8. s. 3: 338-353.
- Zahedi, Fatemeh. 1986. The Analytical Hierarchy Process: A Survey of the Method and Its Applications. **Interfaces**. c. 16. s. 4: 96-108.
- Zimmermann, H. J. 1978. Fuzzy Programming And Linear Programming with Several Objective Functions. **Fuzzy Sets and Systems**. c. 1. s. 1: 45-55.
- Zygiaris, Sotiris. 2013. Smart City Reference Model: Assisting Planners to Conceptualize the Building of Smart City Innovation Ecosystems. **Journal of the Knowledge Economy**. c. 4. s. 2: 217–231.

ÖZGEÇMİŞ

GÖKAN ÖZKAYA

Yıldız Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı

İşletme Yönetimi Tezli Yüksek Lisans Programı

Kişisel Bilgiler

Doğum Yeri ve Yılı: Kars/1984

Yabancı Dil: İngilizce

Eğitim Bilgileri

Lisans: 2014 Anadolu Üniversitesi, İşletme
Eskişehir

Lisans: 2007 Işık Üniversitesi, Matematik (Tam Burslu-İngilizce)
İstanbul

Lise: 2002 Suphi Koyuncuoğlu Anadolu Lisesi
İzmir

Çalışma Bilgisi

2016 - Yıldız Teknik Üniversitesi, İşletme Bölümü,
Sayısal Yöntemler ABD., Araştırma Görevlisi

2012 – 2016 T.C. Çalışma Bakanlığı, Türkiye Çalışma ve İş Kurumu
İş ve Meslek Danışmanı, İzmir