



ŞEHİRLERİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK PERFORMANSLARININ BİR BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİĞİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

¹Ahmet ŞEPİT, ²Turan PAKSOY

Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

¹sepit.ahmet@gmail.com, ²tpaksoy@yahoo.com

(Geliş/Received: 20.06.2018; Kabul/Accepted in Revised Form: 17.08.2018)

ÖZ: Ekonomik, sosyal ve çevresel aktiviteleri ile insanların genel olarak birlikte yaşadıkları alanlar olan şehirlerin doğaya çok sayıda zararı bulunmaktadır. Bu zararların önlenmesi için şehirlerin daha sürdürülebilir hale getirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, Türkiye'nin 9 şehrinin sürdürülebilirlik performanslarının çok kriterli karar verme yöntemlerinden birinin kullanılarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çevre, enerji ve sosyoekonomi alanlarından seçilen 11 kriter, uzman görüşlerine bağlı olarak ağırlıklandırılmıştır. Bu ağırlık değerleri illerin kriterlere göre verileri ile çok kriterli karar verme yöntemlerine göre aralık değerlendirme yapılarak belirsizliklerin daha kolay ortadan kaldırılabilirdiği BAHF (Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi) yönteminde kullanılmış ve sonucun bulunması sağlanmıştır. Uzman görüşlerine bağlı olarak kriterler arasından en belirleyici öneme sahip olan kriter "mutsuzluk" olarak hesaplanmıştır. Değerlendirilen iller arasından en iyi sürdürülebilirlik performansına sahip olan il Afyonkarahisar olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: BAHF, Çok Kriterli Karar Verme(ÇKKV), Sürdürülebilirlik Performansı, Sosyoekonomi

Evaluation of Sustainability Performance of Cities with A Fuzzy Multi Criteria Decision Making Method

ABSTRACT: Cities, where humans generally live together with economic, social and environmental activities, have lots of damages to nature. To be able to prevent these damages it is needed to make cities more sustainable. In this research, it is aimed to evaluating sustainability performances of 9 cities of Turkey using with one of the multi-criteria decision making techniques. 11 criterias which are chosen from environment, energy and socio-economy branches are weighted based on expert judgements. These weight values with values of cities among the criterias have been used in the FAHP (Fuzzy Analytic Hierarchy Process) method which be able to getting rid of uncertainties easier than multi criteria decision making methods and it is provided that the result found out. Between the criterias based on expert judgements Unhappines have been calculated as the most determinative criteria. Between the cities had been evaluated Afyonkarahisar have been calculated as the city having the best score of sustainability performance.

Key Words: FAHP, Multi-Criteria Decision Making(MCDM), Sustainability Performance, Socio-economy

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Şehirler, bilindiği üzere ekonomik ve sosyal faydalarını doğal kaynakları tüketerek ve atık oluşturarak devam ettirdiği için doğal olarak sürdürülebilir değildir (Mori ve Christodoulou, 2012;

Shen ve diğ. 2012; Zhang ve diğ. 2016). Güneş enerji panelleri, hidroelektrik, rüzgâr enerjisi kullanımı gibi dönüştürülebilir enerji kaynaklarının kullanımı yaygınlaşsa da şehirler, giderek artan nüfusları ile sera gazı salınımı ve atık üretiminde başı çekmektedirler.

Literatürde doğanın yapısının bozulmasının özellikle de atmosferdeki sera gazı artışının temel sebebinin insan faaliyetleri olduğuna yönelik birçok bilimsel kanıt bulunmaktadır. Bu küresel problemle baş edebilmek için tüm seviyedeki hükümet birimlerinin ve vatandaşların yerel, ulusal ve uluslararası boyutlarda iklim değişikliği politikaları için karar verme mekanizmalarında yer alması ve düşük karbonlu toplumlara acil dönüşümlerinin gerekliliği, 1992 Rio Dünya Zirvesi'nden günümüze sürdürülebilir gelişme ilkelerine bağlı olarak bilim adamları ve uygulayıcılar arasında kabul edilmektedir.

Yeşil şehirler, temiz hava ve suya sahip, büyük enfeksiyon hastalıkları salgınlarında düşük risk taşıyan, doğal afetlere dirençli, yeşil aktiviteleri destekleyen ve nispeten düşük ekolojik etkiye sahip olarak vasıflandırılmış şehirler olarak tanımlanmaktadır (Kahn, 2006; Wałtróbski ve diğ., 2016).

Doğal yapının değişmesi ve kalkınma amaçlı ancak çevreye zararlı sosyo-ekonomik faaliyetlerin artması da kentsel yapıların uygunsuz ya da yetersiz ve dirençsiz hale gelmesine sebep olmaktadır. Doğal afetlere karşı hazırlıksız, kirliliğin artışına çözüm bulamamış, atık yönetimini başaramayan şehircilik sistemleri oluşmaktadır. Bu durum altyapı sistemleri yetersizliği, salgın hastalıkların artışı, su kaynaklarının azalması gibi sonuçlar doğurmaktadır (IPCC - The Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007). Yukarıda ifade edilenlerin bazıları gelişen teknolojik araçlar ve metotlarla öngörülebilirken bazıları ise öngörülememektedir.

İnsanoğlu için büyük metropol düzenleri ve kirliliğin yoğun olduğu şehircilikten çok doğal yapıları olan, çevreci ve sürdürülebilir şehirler yaşam alanı olmalıdır. Buna binaen teknoloji ile doğal çevrenin iç içe olabileceği, doğal alanlarının ve altyapı sistemlerinin sürdürülebilirliğini sağlamış şehirler tercih edilebilirlik açısından ön plana çıkacaktır.

Avrupa Yeşil Şehirler Endeksi, BM-Habitat Dünya Şehirlerinin Uyumu Raporu, Sürdürülebilir ve Uyumlu Şehirler anlayışları ve belgeleri dünya üzerindeki şehirlerin sürdürülebilirlik, yeşil alan oranı, çevre kirliliği gibi birçok konuda değerlendirilmesini sağlamaktadır. Bu değerlendirmeler sonucunda şehirlerin bu konuda markalaşması sağlanmakta, diğer bütün şehirlerin de yarış halinde olarak daha sürdürülebilir ve yaşanabilir hale gelmesine yardımcı olmaktadır.

Günümüzde endüstri ve servis aktivitelerinin dünyanın taşıma kapasitesi üzerindeki oldukça yıkıcı etkileri sebebiyle sürdürülebilir gelişim göstergeleri çok daha kritik hale gelmektedir (Eğilmez ve Park, 2014; Eğilmez ve Tatari, 2011). Dolayısıyla yapılması gereken şey doğanın yoğun endüstri ve servis aktiviteleri sonucu yıpranmasını önlemek için proaktif çözüm yolları bulmaya çalışmaktır.

Zadeh tarafından 1965 yılında ortaya atılan Bulanık Mantık, kesin sınırları olmayan problemleri tanımlamak ve çözmek için geliştirilmiş bir yöntemdir (Paksoy ve diğ. 2013). McNeill ve Thro'nun (1994) çalışmalarında sunduğu basitlik, kolaylık, güçlülük, insan düşünme yapısına benzeyen dilsel değişkenler kullanması gibi pozitif yanları bulunmaktadır. ÇKKV metotları çok kriter ve tekrarlayan karar verme prosesleri içeren karar verme problemlerini tanımlamak ve çözmekle ilgilidir (Küçükvar, Küçük, Eğilmez ve Tatari, 2014; Eğilmez, Gümüş ve Küçükvar, 2015).

Şehir sürdürülebilirlik değerlendirmesine dahil edilen kriter, karmaşık ve çeşitli ilişkilere sahiptir. Örneğin hızlı gelişmiş bir gayri safi yurtiçi hasıla değerine sahip şehir çevresel yıpranma bedeliyle birlikte anılabilir (Mori ve Christodoulou, 2012; Zhang ve diğ. 2016). Sürdürülebilirlik kriteri sayısının genellikle çok olması ve kriterlerin muhakkak ortak bir ölçüde ifade edilmemiş olması sebebiyle şehir sürdürülebilirlik değerlendirmesi çok kriterli karar verme (ÇKKV) olarak formüle edilebilir (United Nations, 2007; Zhang ve diğ. 2016). ÇKKV yöntemlerinde uzman görüşlerine başvurulması ve bu görüşlerin doğrudan kullanımı söz konusudur. Uzmanların karar verirken net değerlendirme yapmaları karmaşık kriterlerin kıyaslandığı durumlarda sağlıklı sonuçlar doğurmayabilir. Bu sebeple bir aralık değerlendirmesi yapılabilen, uzman değerlendirmelerinin değer aralığı içerisinde sunulabildiği bir Bulanık ÇKKV yöntemi bu çalışmada kullanılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde kaynak araştırması başlığı adı altında sürdürülebilirlik göstergeleri ve kriterleri tanıtılmış, karşılaştırmalı bir literatür araştırması yapılmıştır. Üçüncü bölümde Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden, sanayi ve hizmet sistemleri gelişmiş 9 il seçilerek sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmiştir. Dördüncü ve beşinci bölümlerde ise çalışma sonuçları ve önerileri sunulmuştur.

KAYNAK ARAŞTIRMASI (LITERATURE SEARCH)

Spesifik olarak çevresel etki kategorileri sera gazları (GHG) salınımı, enerji tüketimi, zehirli madde salınımı, su çekilmeleri ve zararlı atık üretimi sürdürülebilirlik araştırmalarındaki tüm çevresel etki değerlendirme çalışmalarının temel taşları haline gelmişlerdir (Bevilacqua, Ciarapica ve Giacchetta, 2012; Eğilmez, Küçükvar ve Tatari, 2013; Eğilmez, Küçükvar, Tatari ve Bhutta, 2014; Küçükvar ve Tatari, 2013; Eğilmez, Gümüş ve Küçükvar, 2015).

Moreno ve diğerlerinin (2014) çalışmasında ECI (European Common Indicators) (1999-2003), LASALA ("Local Authorities" Self-Assessment Local Agenda 21, 1999-2002) gibi şehir kıyaslamada kullanılacak sürdürülebilirlik göstergelerini standartlaştırma örnekleri sunulmuştur. Belirlenen kriterler dünya çapında birçok çalışmada kullanılsa da çalışmaların ana amacına göre kriterlerin farklılık göstermesi sebebiyle kriterlerin net bir şekilde belirlenmesi güçtür (Eğilmez, Gümüş ve Küçükvar, 2015).

Sürdürülebilirlik performansı gösterge kategorileri arasında Çevresel Koruma Ajansı (EPA) gibi hükümet kuruluşlarının birçok raporunda altını çizdiği enerji ve su tüketimi, hava kirliliği ve CO₂ salınımı, geri dönüşüm ve atık üretimi, arazi ve bina iz bölgeleri, ulaşım tabanlı performanslar temel ve yaygın olarak değinilen gösterge kategorileri olarak gösterilebilirler (Eğilmez, Gümüş ve Küçükvar, 2015).

Sürdürülebilirlik göstergeleri şehirlerin sürdürülebilirlik performanslarını hesaplamak için geliştirilmiş olsalar da metropollerini tüm sürdürülebilirlik göstergeleri üzerinden kıyaslamak önemlidir. Yine de sürdürülebilirlik göstergeleri genellikle gösterge kategorilerinin farklı ölçü gruplarıyla sunulduğu, enerji, su kaynakları, hava kirliliği, ulaşım, sivil altyapı gibi çeşitli alanları içeren şekilde düşünülmüştür (Olewiler, 2006). Bu sebeple şehirlerin sürdürülebilirlik performans ölçümü için Karar Verme Yöntemleri kullanılmalıdır.

Eğilmez ve diğ. (2015) çalışmalarında 16 adet sürdürülebilirlik göstergesini kullanmışlardır. Bu göstergeler, göstergelerin bağlı olduğu ana konu ve göstergelerin sanayi, hükümet, akademi kuruluşlarından seçilen ve oluşturulan ankete katılmayı kabul eden 10 tane uzmana sunulan ankette her göstergenin kendilerine göre önemini Çok Çok Düşük, Çok Düşük, Düşük, Orta, Yüksek, Çok Yüksek, Çok Çok Yüksek olmak üzere 7 dilsel ifadeyle seçmeleri istenmiştir. Bu değerlerin kullanım sıklığına yani oranına göre oluşturulan Histogram tablosu (5-10-15-40-15-10-5) dilsel değerlerin yüzdesini temsil etmektedir, her gösterge için kıyaslanan tüm illerdeki değerleri içerisinden histogram hazırlanıp bu değerler de dilsel değerlere dönüştürülmüş ve şehirlerin sürdürülebilirlik skor hesaplaması sezgisel yöntemle yapılmıştır. Eğilmez ve diğ. (2015) çalışmasında göstergelerin hesaplanan ağırlık yüzdeleri Çizelge 1.de sunulmuştur.

Eğilmez ve diğ. (2015) çalışmasının tablosunda görüldüğü gibi en önemli iki gösterge olarak kişi başına CO₂ salınımı ve işe toplu taşıma, bisiklet ile ya da yaya giden çalışan oranı göstergeleri çıkmıştır.

Çizelge 1. Eğilmez ve diğ. (2015) çalışmasında kullanılan sürdürülebilirlik göstergeleri tablosu

Table 1. Indicators used in Egilmez et. al. 2015 research

Sıra	Gösterge açıklaması	Ana konu	Ağırlık (%)
I1	Kişi başına CO ₂ salınımı (metrik ton)	Hava	12,5
I2	Kişi başına elektrik tüketimi (Gj)	Enerji Kullanımı	6,5
I3	Toplam alandaki yeşil alan yüzdesi (%)	Alan Kullanımı	9,0
I4	Nüfus yoğunluğu (insan/mil ²)	Alan Kullanımı	4,8
I5	LEED sertifikalı bina sayısı (binalar/100000 insan)	Binalar	4,8
I6	İşe toplu taşıma, bisiklet ile ya da yaya giden çalışan oranı (%)	Ulaşım	11,3
I7	Toplu taşıma ağı uzunluğu (mil/mil ²)	Ulaşım	4,2
I8	Yıllık yapılan araç mesafesi (mil/insan)	Ulaşım	3,9
I9	Maksimum toplu taşıma araçları ulaşılabilirliği (araçlar/mil ²)	Ulaşım	6,0
I10	Ev-iş arası ortalama süre (dakika)	Ulaşım	5,0
I11	Dönüştürülen kentsel atık oranı (%)	Atık	6,3
I12	Günlük bir insanın su tüketimi (galon)	Su	7,5
I13	Su dağıtım sistemindeki kaçaklar (%)	Su	4,2
I14	Yıllık nitrojen oksit salınımı (pound/insan)	Hava	3,1
I15	Yıllık parçacık madde (PM ₁₀) emisyonu (pound/insan)	Hava	7,2
I16	Yıllık sülfür dioksit salınımı (pound/insan)	Hava	3,8

Baycan-Levent ve diğ. (2009) çalışmasında 24 Avrupa şehrinin kentsel yeşil alan performansları, bir MCA(Multi-Criteria Analysis) yöntemi olan Rejim Analizi yöntemiyle ölçülmüş ve kıyaslanmıştır. Çalışmaya dahil edilen şehirlerin ilgili gösterge kriterler hususunda son 10 yıldaki durum değişimleri (artış ya da azalış) dikkate alınarak rejim analizi yapılmıştır. Baycan-Levent ve diğ. (2009) çalışmasında kullanılan ve hem niteliksel hem de niceliksel konu başlıklarını içeren yeşil alan performans ölçüm kriterleri Çizelge 2’de sunulmuştur.

Çizelge 2. Baycan-Levent ve diğ. (2009) çalışmasında kullanılan sürdürülebilirlik göstergeleri tablosu

Table 2. Indicators used in Baycan-Levent et. al. 2009 research

Sıra	Gösterge açıklaması	Ana konu
I1	Toplam alan üzerinden yeşil alan oranı (%)	Miktar ve kullanılabilirlik
I2	1000 şehir sakinine düşen yeşil alan oranı (m2)	Miktar ve kullanılabilirlik
I3	Yerel yeşil alan sistemi varlığı	Miktar ve kullanılabilirlik
I4	Son 10 yılda toplam yeşil alandaki değişimler	Değişimler
I5	Diğer fonksiyonlara kıyasla yeşil alanın şehir için önemi	Planlama
I6	Kentsel yeşil alanların planlanması için genel hedef ve stratejilerin varlığı	Planlama
I7	Kentsel yeşil alanlar için özel planlama araçları varlığı	Planlama
I8	Şehir sakinlerinin katılımıyla tecrübe	Planlama
I9	Son iki yılda yeşilleşme amaçlı bütçedeki değişimler	Finansman
I10	Temsilcilerin kendi değerlendirme bakış açısından hedefler doğrultusunda kentsel yeşil alan politikalarının başarı seviyesi	Seviye

Wałtróbski ve diğ., (2016) çalışmasında da karar süreci başlangıcı olarak görülebileceği üzere Roy'un (1996) karar süreci dört aşamalı modeli aşağıdaki maddeleri içermektedir:

1. Karar nesnesinin saptanması ve A karar alternatifleri kümesinin tanımlanması,
2. Sonuçların analizi ve C kararlı kriter kümesinin geliştirilmesi,
3. Kapsamlı tercihler ve operasyonel kümelenen performansların modellenmesi,
4. Önermenin sorgulanması ve geliştirilmesi.

Roy'un (1996) metodundaki 3. madde kapsamında AHP ve BAHP gibi metotlar bulunabilmektedir. İkili karşılaştırma sürecinde ise bulanık sayıları kullanan birçok çalışma yapılmıştır. Kahraman ve diğ. 1998, AHP'de bulanık ağırlıklandırma ile öncelik değerlerini elde etmek için bir metot geliştirmişlerdir. Kuo ve diğ. (2002) yaptıkları çalışmada tesis yeri seçimi problemi için bir karar destek sistemi geliştirmişler ve önerdikleri sistemde hiyerarşik yapının geliştirilme ve değerlendirme aşamasında BAHP yöntemini kullanmışlardır. Bu çalışmada BAHP metotlarından Buckley (1985) yöntemi kullanılacaktır.

Literatür Karşılaştırması (Literature Comparison)

Bu bölümde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin kullanıldığı sürdürülebilirlik çalışmaları karşılaştırmalı bir şekilde Çizelge 3.te sunulmuştur.

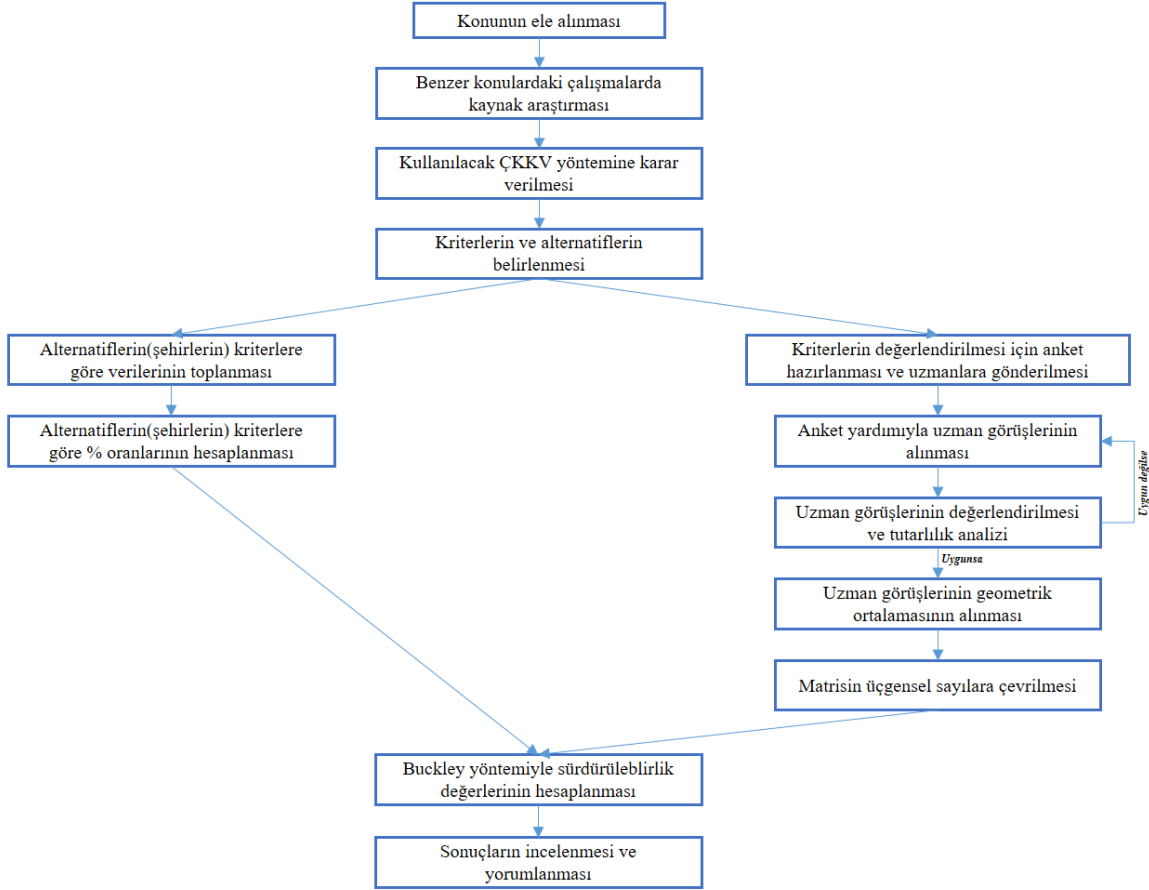
Çizelge 3. Bu çalışmayla ilişkili konulara sahip ve benzer yöntemler kullanılan çalışmalar için literatür karşılaştırma tablosu

Table 3. Comparison schedule of researches having the same approaches and techniques

Çalışma Künyesi-Yazar Adı	Çalışma Alanı	Kullanılan Yöntem	Ülke
Baycan-Levent, Vreeker, Nijkamp (2009)	Urban Green Spaces	MCA (Regime Analysis), Anket	15 Avrupa Ülkeleri
Achillas, Moussiopoulos, Karagiannidis, Banias, Perkoulidis (2013)	Waste Management	MCDA	Yunanistan
Tsai, Lin, Lee, Chang, Hsu (2013)	Environmental Sustainability	MCDM	Tayvan
Hsu, Kuo, Shyu, Chen (2014)	Low Carbon Supplier for Hotels	FDM, DEMATEL, DANP, VIKOR	Tayvan
Kucukvar, Gumus, Egilmez, Tatari (2014)	Sustainability Performance of Pavements	TOPSIS, IFDM	ABD
Yan, Lai, Lin (2014)	Green Building	DEMATEL, DANP, VIKOR	Tayvan
Chang, Chen, Hsu, Hu, Tzeng (2015)	Alternative Fuel Vehicles	DEMATEL, ANP	Tayvan
Egilmez, Gumus, Kucukvar (2015)	Sustainability, Performance Benchmarking	MCDM, IFDM	ABD
Kumar, Katoch (2015)	Hydropower Projects	MCDM, AHP	Hindistan
Kuo, Hsu, Li (2015)	Green Supplier Selection	DANP, VIKOR	Tayvan
Hu, Chen, Tzeng (2016)	Sustainability of Sports Industry	MADM, DEMATEL, VIKOR	Tayvan
Ignatius, Rahman, Yazdani, Šaparauskas, Haron (2016)	Green Building	MCDM, Fuzzy ANP-QFD	Litvanya
Lu, Kuo, Lin, Tzeng, Huang (2016)	Sustainable Development Strategies	DANP, VIKOR	Tayvan
Wątróbski, Ziemia, Jankowski, Ziolo (2016)	Renewable Energy Sources	MCDA (AHP, PROMETHEE)	Polonya
Zhang, Xu, Liu (2016)	Green Supply Chain	MCDM, Fuzzy QUALIFLEX	Çin
Zhao, Li (2016)	Electric Vehicles	Fuzzy GRA-VIKOR, Delphi	Çin
AHP, Analytic Hierarchy Process			
ANP, Analytic Network Process			
DANP, DEMATEL-Based Analytic Network Process			
DEMATEL, The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory			
FDM, Fuzzy Decision Making			
GRA-VIKOR, Grey Relational Analysis VIKOR			
IFDM, Intuitionistic Fuzzy Decision Making			
MADM, Multiple Attribute Decision Making			
MCA, Multi-Criteria Analysis			
MCDA, Multi-Criteria Decision Analysis			
MCDM, Multi-Criteria Decision Making			
PROMETHEE, Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluations			
QFD, Quality Function Deployment			
QUALIFLEX, The Qualitative Flexible Multiple Method			
TOPSIS, The Technique For Order Preference By Similarity To Ideal Solution			
VIKOR, Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje			

MATERYAL VE YÖNTEM (Material and Method)

Bu çalışmanın hiyerarşik aşamaları Şekil 1’de sunulmuştur.



Şekil 1. Çalışmanın hiyerarşik aşamaları

Figure 1. Hierarchical levels of the research

Sürdürülebilirlik Kriterleri (Sustainability Criterias)

Bu çalışmada sürdürülebilirlikleri açısından değerlendirilmek üzere Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden, sanayi ve hizmet sistemleri gelişmiş 9 il seçilerek çalışmaya dâhil edilmiştir. 2016 yılı TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) verilerine göre nüfus sıralamasında ilk 5 şehir alınmış, diğer iller ise keyfi olarak seçilmiştir. Yapılan seçim sonucunda Türkiye'nin nüfus sıralamasında 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 14 ve 31. sırayı alan iller çalışmaya dâhil edilmiştir. Bu iller; Afyonkarahisar, Ankara, Antalya, Bursa, Gaziantep, İstanbul, İzmir, Konya ve Manisa'dır (Şekil 2.de sunulmuştur).



Şekil 2. Türkiye Haritası üzerinde çalışmada kıyaslanan illerin gösterimi
Figure 2. (Indicating of the compared cities on Turkish Map)

Kaynak araştırması bölümünde sunulan sürdürülebilirlik göstergeleri ve kriterleri konusundaki tüm çalışma ve verilerden yola çıkılarak illeri kıyaslayabilmek için kriterlerin çevre, enerji ve sosyoekonomi branşlarından oluşması gerektiği görülmektedir. Bu üç konu içerisinde seçilen kriterler ve kıyaslanacak illere göre değerlerini içeren tablo Çizelge 4'te sunulmuştur. Çizelge 4'te sunulan veriler TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu), OGM (Orman Genel Müdürlüğü), TTD (Türk Toraks Derneği) kaynaklarından edinilmiştir. Bu kurumlarda bazı veriler için her yıl veri güncelleme çalışması yapılmaması sebebiyle ilgili verinin istatistiği yapılmış en güncel yıl verileri sunulmaktadır. Tüm kriterlerin negatif yönlü kriterler olması için ise pozitif yöndeki kriter verileri terse çevrilerek negatif yönde kritere çevrilmiştir (örneğin mutluluk verisi mutsuzluk verisine çevrilmiştir).

Kriterlerin Uzmanlarca Değerlendirilmesi (Evaluating of the criterias by the experts)

Bu çalışmada kullanılacak 11 sürdürülebilirlik kriterinin ikili karşılaştırma matrisini oluşturabilmek adına uzman görüşlerine başvurulmuştur. Bu görüşler hazırlanan anket yardımıyla elde edilerek bulanık değerlere dönüştürülmüştür. Uzmanlar Çevre ve Şehircilik Bakanlığı çalışanlarından seçilmiştir. Yanlı cevaplar verilmemesi adına çalışmada kullanılan illerin şube müdürlükleri dışında Hatay ve Çorum illeri Çevre ve Şehircilik İl Müdürlükleri çalışanlarından uzman ekip oluşturulmuştur. Kodlamaları ile (örneğin U1 kodu 1. Uzmanı temsil edecek şekilde) U1, U3, U4, U5, U6 Hatay İl Şubesinde mühendis pozisyonunda; U8 ve U9 Çorum İl Müdürlüğünde mühendis pozisyonunda çalışanlardır. U2 ve U7 Hatay İl Müdürlüğünde birim müdürü; U10 ise Çorum İl Müdürlüğünde birim müdürü pozisyonunda çalışanlardır. Anket mail yoluyla uzmanlara ulaştırılmış ve uzmanlar tarafından doldurularak yine mail yoluyla alınmıştır.

Çizelge 4. Kıyaslanan illerin seçilen kriterler açısından değerleri (TÜİK, OGM, TTD verileri)
Table 4. The values of the compared cities upon the criterias

Kriter Sırası	Kriter Açıklaması	Veri Yılı	Ana Konu	Afyonkarahisar	Ankara	Antalya	Bursa	Gaziantep	İstanbul	İzmir	Konya	Manisa
1	Kişi başına yıllık meşken ve sanayi elektrik tüketimi (kWh)	2014	Enerji	1260	1194	1276	2679	2373	1342	3415	1628	1986
2	Solumun sistemi hastalıkları sebebiyle ölüm sayısı (kişi/yılı)	2016	Çevre	648	2361	1016	1718	739	7090	3365	1461	1258
3	Şehir alanına göre ormanlık olmayan(bozuk+normal orman harici) alan (%)	2017	Çevre	83	85	45	55	88	55	60	87	59
4	Havadaki partikül madde (PM ₁₀) kirliliği (µg/m ³)	2017	Çevre	78	67	50	84	54	48	46	69	71
5	Kişi başına düşen yıllık tehlikeli atık miktar (kg/kişi)	2015	Çevre	7,74	18,92	5,28	25,50	3,22	8,94	56,19	13,48	23,40
6	Kişi başına düşen motorlu araç sayısı (araç/nüfus)	2017	Çevre	0,30	0,35	0,43	0,29	0,25	0,27	0,31	0,32	0,41
7	Kişi başına yıllık su tüketimi (m ³ /nüfus)	2016	Çevre	35,87	49,91	68,67	48,90	66,55	51,20	42,59	54,56	50,04
8	Mutsuzluk (%)	2013	Sosyoekonomi	23,6	43,8	50,2	38,9	41,9	41,6	41,8	34,4	36,1
9	Nüfus yoğunluğu (kişi/km ²)	2016	Sosyoekonomi	50,98	208,59	115,41	268,32	290,20	2710,88	355,19	52,92	104,73
10	Göçle oluşan nüfus artışının toplam nüfusa oranı-göç hızı(%)	2016	Sosyoekonomi	0	0,003	0,003	0,007	0	0	0,006	0,001	0,003
11	İşsizlik oranı (%)	2013	Sosyoekonomi	5,6	10,2	7,9	6,6	6,9	11,2	15,4	4,7	5,1

Karar Verme, Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (Decision Making, Fuzzy Analytic Hierarchy Process)

Karar verme, genel olarak seçenek kümesinden, en az bir amaç doğrultusunda ve bir ölçüte dayanarak en uygun, mümkün bir ya da birkaç seçeneği seçme sürecidir. Buna göre karar verme süreci karar verici, seçenekler, ölçütler, çevresel etkiler, karar vericinin öncelikleri ve kararın sonuçları elemanlarını içerir. Süreç, karar vericinin mevcut seçenekler arasından bir seçim, sıralama ya da sınıflandırma yapması şeklinde bitebilir. Bu aşamada en doğru kararı vermek için çok ölçütlü karar verme yöntemleri karşımıza çıkmaktadır. Belirli kriterlerin genel olarak ikili karşılaştırmalarının esas alındığı çok ölçütlü karar verme yöntemleri en doğru kararın verilmesine sayısal verilerle yardımcı olmaktadır (Evren ve Ülengin, 1992).

Analitik Hiyerarşi Prosesi: İlk olarak Saaty (1980) tarafından önerilen Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Yöntemi, çok sayıda alternatif içinden seçim yapmada yararlanılan ve birden fazla karar vericinin süreçte yer alabildiği çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. Seçim sürecinde yer alan kriterler nicel ya da nitel olabilir. Karar verici/vericilerin tecrübe ve bilgileri AHP sayesinde karar verme sürecinde yer alabilir. AHP, bir problemi küçük parçalara ayırır, ikili karşılaştırmalara tabi tutar, her hiyerarşi için öncelikleri belirler ve böylece belli bir mantıksal süreci düzenler (Ecer ve Küçük, 2008).

AHP yöntemi, uzmanların bilgilerini ele alsa da insani düşünme tarzını yansıtmamaktadır (Kahraman ve diğ. 2003). Ayrıca, ikili karşılaştırma sürecinde, belirsizlik ve kararsızlık durumlarını ele almada yetersiz olmasından dolayı da eleştirilmektedir. Bu nedenlerden dolayı önerilen, Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHP)'nde kesin değerlerin kullanıldığı AHP' den farklı olarak, kıyaslama oranları bir değer aralığında verilmektedir. Böylece karar verme sürecindeki belirsizliğin daha kolay üstesinden gelinmektedir (Karakışoğlu, 2008).

Literatürde, çeşitli araştırmacılar tarafından önerilen birçok BAHP yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler, bulanık küme teorisi kavramlarını kullanarak alternatif seçimi ve gerekçe problemlerine sistematik yaklaşımlardır. Karar vericiler genellikle aralık değerlendirmeleri sabit değerlendirmelerden daha güvenli bulmaktadırlar. Bunun nedeni, karşılaştırma yönteminin bulanık doğası gereği karar vericilerin tercihleri hakkında kesin olmamalarıdır (Çitli, 2006). Bulanık AHP' de önerilen yöntemlerden bazıları:

-Van Laarhoven ve Pedrcyz (1983): Üçgen üyelik fonksiyonları ile tanımlanan bulanık oranları karşılaştırmışlar ve Saaty (1980)'nin önerdiği klasik AHP yönteminin uzantısı olan bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu modelde, üçgen bulanık sayılarla ifade edilen bulanık oranlar kıyaslanmaktadır. Hesaplama adımları AHP yöntemi ile aynıdır. Bulanık ağırlıklar ve bulanık performans değerleri, Lootsma' nın logaritmik en küçük kareler yöntemi kullanılarak elde edilmektedir.

-Buckley (1985): Yamuk üyelik fonksiyonları ile karşılaştırma oranlarının bulanık önceliklerini belirlemiş ve yamuk bulanık sayıları kullanarak yeni bir model geliştirmiştir. Yeni modelde, Saaty (1980)'nin önerdiği klasik AHP yönteminin başka bir uzantısı olan aij bulanık kıyaslama oranlarını kullanmıştır. Ayrıca Van Laarhoven ve Pedrcyz (1983)'nin yöntemindeki sorunlara dikkat çekmiştir.

-Chang (1996): Karşılaştırmalar için üçgen bulanık sayıları kullanmış ve ikili karşılaştırmalar için genişletme analizi yöntemini önermiştir.

Bu çalışmada kullanılacak yöntem olan Buckley (1985) yönteminin denklem aşamaları aşağıdaki gibidir (Paksoy ve diğ. 2013):

Adım1. Bulanık ikili karşılaştırma matrisinin oluşturulması

$$\begin{bmatrix} \tilde{a}_{11} & \dots & \tilde{a}_{1j} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \tilde{a}_{i1} & \dots & \tilde{a}_{ij} & \dots & \tilde{a}_{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \dots & \tilde{a}_{nj} & \dots & \tilde{a}_{nn} \end{bmatrix}$$

$\tilde{a}_{ij} \times \tilde{a}_{ji} \approx 1$ ve $\tilde{a}_{ij} \cong w_i / w_j$ olur.

Adım2. Her bir kriter için;

$r_i = (\tilde{a}_{i1} \times \tilde{a}_{i2} \times \dots \times \tilde{a}_{in})^{1/n}$ değerleri bulunur.

Adım3. Her kriterin bulanık ağırlıkları;

$w_i = r_i \times (r_1 + r_2 + \dots + r_n)^{-1}$

burada $r_k = (l_k, m_k, u_k)$ olmak üzere

$(r_k)^{-1} = (1/u_k, 1/m_k, 1/l_k)$ olur ve \times bulanık çarpma, $+$ bulanık toplama işlemidir.

MC_i ana kriterleri, SC_{ij} alt kriterleri ve A_k alternatifleri göstermek üzere ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, s$);

Ana kriterlere ilişkin bulanık ikili karşılaştırma matrisleri kullanılarak ana kriterlerin ağırlıkları hesaplanır $\rightarrow w_{MC_i} (i=1, 2, \dots, n)$

Adım4. Her bir alt kriterin kendi ana kriterine göre değerlendirildiği bulanık ikili karşılaştırma matrisleri kullanılarak alt kriterlerin ağırlıkları hesaplanır $\rightarrow w_{ASC_{ij}} (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$

Adım 5. Her bir alternatifin ($A_k, k = 1, 2, \dots, s$) her bir alt kriterine göre değerlendirildiği bulanık ikili karşılaştırma matrislerinden yararlanarak alternatiflerin ağırlıkları hesaplanır $\rightarrow w_{ASC_{ij}}$

Adım 6. i. ana kriter (MC_i)'e ilişkin alt kriterler (SC_{ij})'in alternatif öncelik ağırlıkları: her bir alt kriterin ağırlıkları ile alternatiflerin ağırlıklarının çarpılıp toplanması ile elde edilir. $A_{ij} = \sum_{j=1}^m w_{SC_{ij}} \times w_{ASC_{ij}}$ m

Adım 7. Alternatiflerin hedefe ilişkin ağırlıkları, i. ana kriter (MC_i)' in ağırlıkları ile A_{ij} ağırlıklarının çarpılıp toplanması ile elde edilir. $A_k = \sum_{i=1}^n w_{MC_i} \times A_{ij}$ n $i=1$ ve $\sum_{k=1}^s A_k = 1$ s $k=1, 2, \dots, s$

Burada; $i = 1, 2, \dots, n$ ana kriter sayısını, $j = 1, 2, \dots, m$ alt kriter sayısını ve $k=1, 2, \dots, s$ alternatif sayısını göstermektedir.

İkili karşılaştırma matrislerindeki belirgin tutarsızlıklar çoğunlukla karar vericilerin (uzmanların) karşılaştırılan alternatif değerlendirmelerinin verilen aralık değerlerine (Çizelge 6'da sunulan çevrim değerleri) çevriminde yaptıkları ihmallere temelli hatalarından kaynaklanmaktadır (Laininen ve Hamalainen 2003, Wałróbski ve diğ. 2016). Bu tutarsızlıkların belirlenmesi için Saaty'nin (1980) çalışmasındaki Tutarlılık Oranı kullanılır (Paksoy ve diğ. 2013).

Tutarlılık göstergesi (CI) = $(\lambda_{maks} - n) / n$

Rasgele tutarlılık oranı (RI) = $1,98(n-2) / n$ (veya Çizelge 5'ten seçilerek)

Tutarlılık oranı (CR) = CI / RI

Hesaplanan Tutarlılık oranı (CR) < 0,1 ise ikili karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğu sonucuna varılır.

Çizelge 5. Matris boyutuna göre rasgele tutarlılık değerleri

Table 5. Values of random consistency depending on matrix size

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49	1,51

ARAŞTIRMA SONUÇLARI, BULGULAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada Çevre ve Şehircilik Bakanlığı çalışanlarından oluşmuş 10 kişilik uzman grubundan Çizelge 4. ile sunulan kriterlerin birbirlerine göre değerini hesaplamaya yarayan anketi doldurmaları

istenmiştir. Uzman görüşleri mail yoluyla elde edildikten sonra bu değerler ölçeklere dönüştürülmüş ve ölçeklerden oluşan 10 adet tablonun önce tutarlılık oranları hesaplanmış (Çizelge 6'da sunulmuştur) sonra da geometrik ortalaması alınmıştır, geometrik ortalama değerleri Çizelge 7'de sunulan değerler (Paksoy ve diğ. 2013) kullanılarak bulanık değerlere dönüştürülmüştür. Bu veriler, seçilen BAHF yöntemi olan Buckley Yöntemi'nde kullanılarak CoA kriter ağırlık merkezleri (Çizelge 8'de sunulmuştur) bulunmuştur.

Çizelge 6. Uzmanların değerlendirme matrislerinin tutarlılık değerleri

Table 6. Consistency values of evaluating matrices of experts

Uzman	CI-Tutarlılık Oranı
U1	0,082
U2	0,077
U3	0,076
U4	0,074
U5	0,099
U6	0,078
U7	0,073
U8	0,099
U9	0,075
U10	0,058

Çizelge 7. Kriter değerlendirme değerleri

Table 7. Evaluating values of criteria

Dilsel Değişken	Bulanık Ölçek	Karşılık Ölçek
Eşit derecede önem	(1, 1, 1)	(1/1, 1/1, 1/1)
Orta derecede önem	(1, 3, 5)	(1/5, 1/3, 1/1)
Kuvvetli derecede önem	(3, 5, 7)	(1/7, 1/5, 1/3)
Çok kuvvetli derecede önem	(5, 7, 9)	(1/9, 1/7, 1/5)
Mutlak derecede önem	(7, 9, 9)	(1/9, 1/9, 1/7)
	(1, 2, 3)	(1/3, 1/2, 1)
	(3, 4, 5)	(1/5, 1/4, 1/3)
Ara değerler	(5, 6, 7)	(1/7, 1/6, 1/5)
	(7, 8, 9)	(1/9, 1/8, 1/7)

Çizelge 8. CoA kriter ağırlık merkezleri

Table 8. CoA, Center of area, gravity

Kriter	w	CoA
elektrik	wC1	0,039
ölüm	wC2	0,078
ormansız	wC3	0,093
pm10	wC4	0,115
atık	wC5	0,078
araç	wC6	0,065
su	wC7	0,060
mutsuz	wC8	0,183
nüfus	wC9	0,063
göç	wC10	0,063
işsiz	wC11	0,163

Alternatiflerin (iller) kriterlere göre değerlerini içeren Çizelge 4'teki değerlerin ortalamaları alınarak ortalama değer tablosuna dönüştürülmüştür. Son aşamada ise alternatiflerin kriterlere göre ortalama değer tablosu kriterlerin ağırlık değerleri CoA ile çarpılarak sonuç matrisi elde edilmiştir, sonuç matrisinin satır toplamları ise illerin sürdürülebilirlik performanslarının değerlerinin bulunmasını sağlamıştır (Çizelge 9'da sunulmuştur).

Çalışmada kullanılan kriterlerin uzman görüşleri neticesinde hesaplanan ağırlıklarından yola çıkılarak ele alınan 11 kriterden en belirleyici olanı 0,183 ağırlık değeri ile Mutsuzluk kriteri olarak bulunmuştur. Bu kriteri 0,163 ağırlık değeri ile İşsizlik Oranı kriteri ikinci sırada ve 0,115 ağırlık değeri ile Havadaki Partikül Madde (PM₁₀) Kirliliği kriteri üçüncü sırada takip etmiştir. 10 uzman içerisinde 5 ve 8 numaralı uzmanların değerlendirmeleri tutarlı olarak hesaplanamadığı için uzmanlardan düzeltme talep edilerek değerlendirmeleri revize edilmiştir.

Çalışmada kullanılan kriterlerin tamamının negatif kısıtlar olması, ele alınan problemin bir minimizasyon problemi olmasına sebep olmaktadır. Bu sebeple sürdürülebilirlik performansları içerisinde 0,074 değeri ile en düşük değere sahip olan il olan Afyonkarahisar, karşılaştırılan 9 il arasında en sürdürülebilir il olarak bulunmuştur. Bu ili 0,089 değerle Konya ili ikinci sırada ve 0,090 değerle Gaziantep ili üçüncü sırada takip etmiştir.

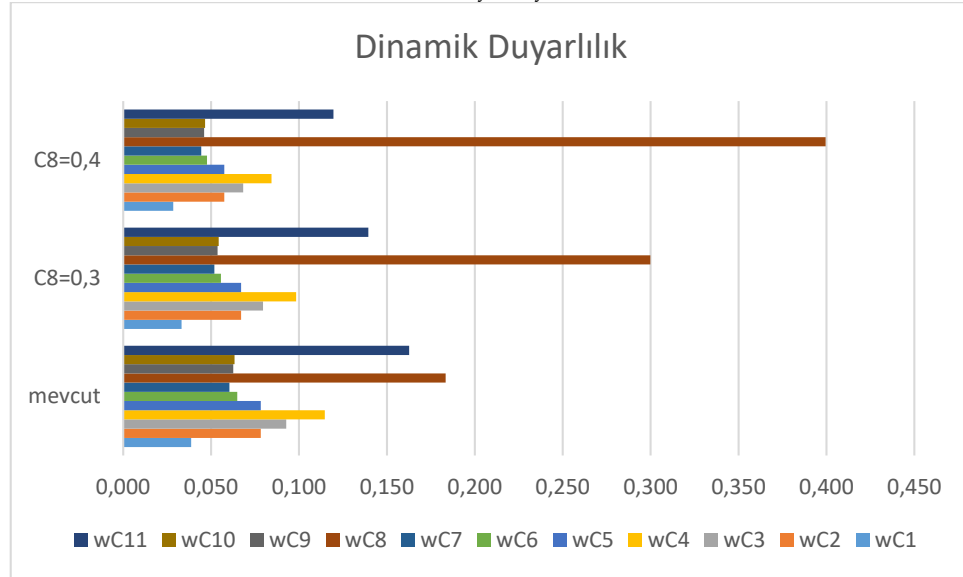
Çalışmada hazırlanan duyarlılık analizi sonucunda tutarlılık verileri duyarlılığı Çizelge 10'da, uzman görüşlerinde herhangi bir kriter için değerlendirme değişimlerinde yaşanacak değişimlerin izlenebilmesi için dinamik duyarlılık analizi yapılarak Çizelge 11'de sunulmuştur.

Çizelge 9. İllerin (Alternatiflerin) sürdürülebilirlik değerleri**Table 9.** Sustainability values of the cities

Şehir	Kod	Sürdürülebilirlik Değeri
Afyonkarahisar	A1	0,074
Ankara	A2	0,119
Antalya	A3	0,097
Bursa	A4	0,122
Gaziantep	A5	0,090
İstanbul	A6	0,153
İzmir	A7	0,156
Konya	A8	0,089
Manisa	A9	0,100

Çizelge 10. Tutarlılık için duyarlılık analizi**Table 10.** Sensitivity analysis for consistency

	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
CI	0,133	0,125	0,123	0,119	0,161	0,126	0,118	0,160	0,121	0,094
RI	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62
CR	0,082	0,077	0,076	0,073	0,099	0,078	0,073	0,099	0,075	0,058

Çizelge 11. Kriterler için duyarlılık analizi**Table 11.** Sensitivity analysis for criterias

SONUÇLARIN İRDELENMESİ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER (DISCUSSIONS AND SUGGESTIONS)

Eğilmez ve diğ. (2015) çalışmasının 10 uzman tarafından yapılan değerlendirmeler sonucu oluşan ağırlıklara bakılarak en önemli üç göstergesinin kişi başına CO₂ salınımı, işe toplu taşıma, bisiklet ile ya da yaya giden çalışan oranı ve toplam alandaki yeşil alan yüzdesi göstergeleri olduğu görülmektedir ki bu sonuçlar, çalışmada uzmanların çevresel etmenlere daha çok önem verdiğini göstermektedir. Ancak Eğilmez ve diğ. (2015) çalışmasında sosyoekonomik göstergelerin kullanılmamış olması çalışmada çevresel kriterlerin öne çıkmasına sebep olmuş olabilir. Bu çalışmada ise uzman görüşleri neticesinde

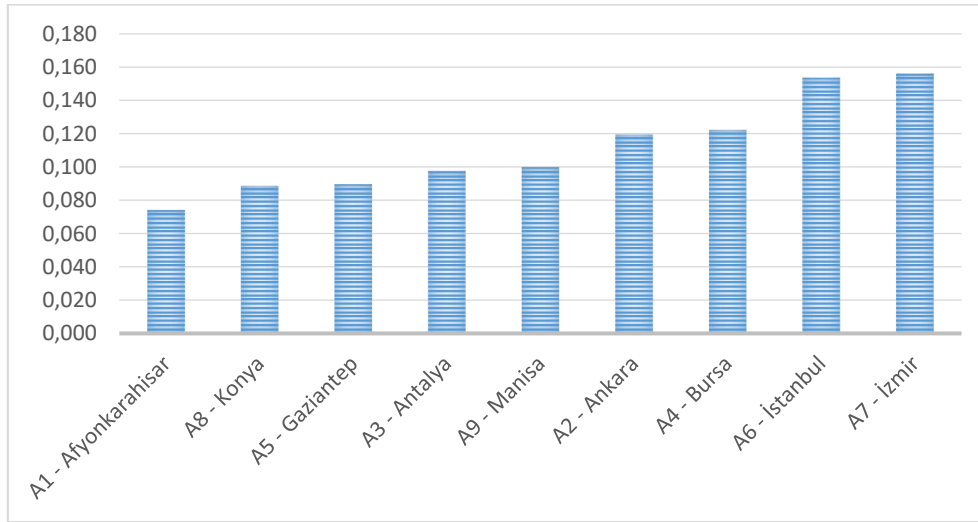
hesaplanan ağırlıklardan yola çıkılarak ele alınan 11 kriterden en önemli üçü mutsuzluk, işsizlik oranı ve havadaki partikül madde (PM₁₀) kirliliği kriterleri olarak öne çıkmaktadır.

Uzman görüşleri sonucu şehirlerin sürdürülebilirlik değerlendirmelerinde 1 enerji, 6 çevre ve 4 sosyoekonomi alanlarından olmak üzere toplam 11 adet kriter içerisinde önem sıralamasında ilk ikisinin sosyoekonomi alanından olması, şehirlerin sürdürülebilir olabilmesi için şehrin sakinlerinin sosyal yaşam ve ekonomik yönlerden refahının en belirleyici etmen olduğu yorumunun yanlış olmayacağına bir işarettir.

Bu çalışmada 3 ana başlıktan gelen 11 değerlendirme kriteri ile değerlendirilen 9 il arasından en sürdürülebilir ilk üç il olan Afyonkarahisar, Konya ve Gaziantep'in sıralamada ilk üç sırayı almasının en değerli iki kriter olan sosyoekonomik mutsuzluk ve işsizlik oranı kriterlerinde başarıya sahip olmalarından kaynaklandığı görülmektedir.

Değerlendirmeye alınan iller arasında nüfus açısından en büyük 4 il olan İstanbul, Ankara, İzmir ve Bursa'nın sürdürülebilirlik sıralamasında son 4 sırada bulunması ise metropol yaşamının çevresel, sosyoekonomik ve enerji alanlarının tamamında negatif sonuçlara yol açtığına kanıtı olarak görülmektedir.

Şekil 3'te ise şehirlerin sürdürülebilirlik performanslarının en iyiden en kötüye sunumu görülmektedir.



Şekil 3. İllerin sürdürülebilirlik performansları

Figure 3. Sustainability performances of the cities

Öneriler (Suggestions)

Seçilen illerin seçilen kriterlere göre değerlerinin alınması için TÜİK, OGM ve TTD verileri kullanılmıştır. Ancak bu verilerinin tamamını ortak bir zaman dilimi için bulunması sağlanamamaktadır. Bu verilerin zaman dilimlerinin ortak hale getirilmesi, TÜİK ve diğer kurum verilerinin güncelleştirilme periyotlarının takip edilmesi ile verilerin güncellenerek bu çalışmadaki çözüm yöntemlerinin bu periyotlar dâhilinde tekrar tekrar uygulanması daha güncel sonuçların alınmasını sağlayabilecektir.

Çalışmada sadece 9 şehir ve 11 kriter kullanılmıştır. Bu çalışmanın hem ülkemiz hem de dünyada daha aktif kullanılabilmesi için hem daha farklı kriterler hem de daha farklı illerin bu kıyaslamaya eklenmesi daha yararlı ve kullanılabilir sonuçların elde edilmesine vesile olabilecektir.

Çalışmanın iki ana veri seti bulunmaktadır. Birinci veri seti Çizelge 4'de sunulan kriterlerin illere göre değerleri, ikinci veri seti ise uzman görüşlerinin kriterlerin birbirine göre ağırlıklarını değerlendirdikleri matrislerdir. Bu çalışmada ortaya çıkan sonuçların geçerlilikleri uzmanların tekrar

kriterleri değerlendirmesi ve önceki değerlendirmeleri ile kıyaslanarak kararlarında sapma olup olmadığı test edilerek elde edilebilir. Yeni kararlar ışığında Buckley yöntemi tekrar uygulanarak yeni çözüm elde edilebilir. Ayrıca bu çalışmada 11 sürdürülebilirlik kriteri açısından kıyaslanan 9 ilin farklı kriterler belirlenerek ve aynı uzmanlar tarafından kriterlerin değerlendirilmesi verileri ile tekrar aynı yöntem kullanılarak kıyaslanması gibi bir çalışma yapılırsa çıkan sonucun bu çalışmaya yakın ya da aynı sonuçları içeriyor olması bu çalışmanın sonuçlarının doğruluğunu gösterebilecek yollardandır.

AÇIKLAMA (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma Ahmet ŞEPİT'in "Şehirlerin Sürdürülebilirlik Performanslarının Bir Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Tekniği ile Değerlendirilmesi" başlıklı Konya Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yürüttüğü yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiştir. Katkılarından ötürü danışman ve hakem öğretim üyelerimize sonsuz teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Achillas, C., Moussiopoulos, N., Karagiannidis, A., Baniyas, G., Perkoulidis, G., 2013, The use of multi-criteria decision analysis to tackle waste management problems: a literature review, *Waste Management & Research*, 31 (2): 115-129.
- Arslan, T., Khisty, C.J., 2005, A rational reasoning method from fuzzy perceptions in route choice, *Fuzzy Sets And Systems*, 150 (3): 419-435.
- Baky, I.A., 2009, Fuzzy goal programming algorithm for solving decentralized bi-level multi-objective programming problems, *Fuzzy Sets and Systems*, 160 (18): 2701-2713.
- Baycan-Levent, T., Vreeker, R., Nijkamp, P., 2009, A multi-criteria evaluation of green spaces in European cities, *European Urban and Regional Studies*, 16(2): 193-213.
- Baykal, N., Beyan, T., 2004, Bulanık mantık: ilke ve temelleri, Bıçaklar Kitabevi, Ankara.
- Bellman, R.E., Zadeh, L.A., 1970, Decision making in a fuzzy environment, *Management Science*, 17 (4): 141-164.
- Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E., & Giacchetta, G. (2012). Design for environment as a tool for the development of a sustainable supply chain (p. 383). New York: Springer.
- Bilbao-Terol, A., Arenas-Parra, M., Cañal-Fernández, V., 2012, A fuzzy multi-objective approach for sustainable investments, *Expert Systems with Applications*, 39 (12): 10904-10915.
- Bouzon, M., Govindan, K., Rodriguez, C.M.T., Campos, L.M.S., 2016, Identification and analysis of reverse logistics barriers using fuzzy Delphi method and AHP, *Resources, Conservation and Recycling*, 108 (2016): 182-197.
- Buckley, J.J., 1985, Ranking alternatives using fuzzy members, *Fuzzy Sets and Systems*, 15 (1): 21-31.
- Byun, D.H., The AHP approach for selecting an automobile purchase model, *Information & Management*, 38 (5): 289-297.
- Chandran, B., Golden, B., Wasil, E., 2005, Linear programming models for estimating weights in the analytic hierarchy process, *Computers & Operations Research*, 32 (9): 2235-2254.
- Chang, D.S., Chen, S.H., Hsu, C.W., Hu, A.H., Tzeng, G.H., 2015, Evaluation framework for alternative fuel vehicles: sustainable development perspective, *MDPI Journals of Sustainability* 2015, 7, 11570-11594.
- Chang, D.Y., 1996, Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP, *European Journal of Operational Research*, 95 (3): 649-655.
- Cilliers, E.J., Timmermans, W., Van den Goorbergh, F., Slijkhuis, J., 2015, Green place-making in practice: from temporary spaces to permanent places, *Journal of Urban Design*, 20 (3): 349-366.
- Çitli, N., 2006, Bulanık çok kriterli karar verme, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Deng, H., 1999, "Multicriteria analysis with fuzzy pairwise comparison", *International Journal of Approximate Reasoning*, 21(3), 215-231.

- Ecer, F., Küçük, O., Tedarikçi seçiminde analitik hiyerarşi yöntemi ve bir uygulama, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 11 (1): 355-369.
- Egilmez, G., & Tatari, O. (2011). A dynamic modeling approach to highway sustainability: Strategies to reduce overall impact. *Transportation Research Part A*, 46(7), 1086–1096.
- Egilmez, G., Kucukvar, M., & Tatari, O. (2013). Sustainability assessment of U.S. manufacturing sectors: An economic input output-based frontier approach. *Journal of Cleaner Production*, 53, 91–102.
- Egilmez, G., Kucukvar, M., Tatari, O., & Bhutta, M. K. S (2014). Supply chain sustainability assessment of the U.S. food manufacturing sectors: A life cyclebased frontier approach. *Resources, Conservation and Recycling*, 82, 8–20.
- Egilmez, G., & Park, Y. S. (2014). Transportation related carbon, energy and water footprint analysis of U.S. manufacturing: An eco-efficiency assessment. *Transportation Research Part D*, 32(October), 143–159.
- Egilmez, G., Gumus, S., Kucukvar, M., 2015, Environmental sustainability benchmarking of the U.S. and Canada metropolises: An expert judgment-based multi-criteria decision making approach, *Cities* 42, 31-41.
- Environmental Protection Agency (EPA) (2013). Environmental indicators. Green communities. <http://www.epa.gov/greenkit/indicator.htm>.
- Evren, R., Ülengin, F. (1992), Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme, İTÜ Yayınları, İstanbul.
- Güngör, İ., Büyüker İşler, D., 2005, Analitik hiyerarşi yaklaşımı ile otomobil seçimi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 1 (2): 21-33.
- Hsu, C.W., Kuo, T.C., Shyu, G.S., Chen, P.S., 2014, Low carbon supplier selection in hotel industry, *MDPI Journals of Sustainability* 2014, 6, 2658-2684.
- Hu, K.H., Chen, F.H., Tzeng, G.H., 2016, Evaluating the improvement of sustainability of sports industry policy based on MADM, *MDPI Journals of Sustainability* 2016, 8, 606.
- Ignatius, J., Rahman, A., Yazdani, M., Šaparauskas, J., Haron, S.H., 2016, An integrated fuzzy ANP-QFD approach for green building assessment, *Journal of Civil Engineering and Management*, 22 (4): 551-563.
- IPCC (2007a). Climate change 2007: synthesis report, intergovernmental panel on climate change, IPCC (2007b). Third Assessment Report Working Group II: Impacts, *Adaptation and Vulnerability*, Annex I, Glossary, 941-953.
- Kahn, M.E. Green Cities: Urban Growth and the Environment; Brookings Institution Press: Washington, DC, USA, 2006.
- Kahraman, C., Ulukan, Z., Tolga, E., 1998, "A fuzzy weighted evaluation method using objective and subjective measures", *Proceedings of the International ICSC Symposium on Engineering of Intelligent Systems*, 1, 57-63.
- Kahraman, C., Cebeci, U., Ulukan, Z., 2003, Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP, *Logistics Information Management*, 16 (6): 382-394.
- Kahraman, C., Cebeci, U., Ruan, D., 2004, Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP: The case of Turkey, *International Journal of Production Economics*, 87 (2): 171-184.
- Kaplan, S., 2007, Hava savunma sektörü tezgah yatırım projelerinin bulanık AHP ile değerlendirilmesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Karakaşoğlu, N., 2008, Bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ve uygulama, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Kucukvar, M., & Tatari, O. (2013). Towards a triple bottom-line sustainability assessment of the U.S. construction industry. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(5), 958–972. <http://dx.doi.org/10.1007/s11367-013-0545-9>.
- Kucukvar, M., Gumus, S., Egilmez, G., Tatari, O., 2014, Ranking the sustainability performance of pavements: An intuitionistic fuzzy decision making method, *Automation in Construction*, 40 (2014) 33-43.

- Kumar, D., Katoch, S.S., 2015, Sustainability assessment and ranking of run of the river (RoR) hydropower projects using analytical hierarchy process (AHP): a study from Western Himalayan Region of India, *Journal of Mountain Science* 12 (5): 1315-1333.
- Kuo, R.J., Chi, S.C., Kao, S.S., 2002, "A decision support system for selecting convenience store location through integration of fuzzy AHP and artificial neural network", *Computers in Industry*, 47(2), 199-214.
- Kuo, T.C., Chia, W.H., Li, J.Y., 2015, Developing a green supplier selection model by using the DANP with VIKOR, *MDPI Journals of Sustainability* 2015, 7, 1661-1689.
- Kwiesielewicz, M., Uden, E.V., 2004, Inconsistent and contradictory judgements in pairwise comparison method in the AHP, *Computers & Operations Research*, 31 (5): 713-719.
- Laininen, P., Hamalainen, R.P., 2003, Analyzing AHP-matrices by regression. *European Journal of Operational Research*, 148, 514-524.
- Lu, I.Y., Kuo, T., Lin, T.S., Tzeng, G.H., Huang, S.L., 2016, Multicriteria decision analysis to develop effective sustainable development strategies for enhancing competitive advantages: case of the TFT-LCD industry in Taiwan, *MDPI Journals of Sustainability* 2016, 8, 646.
- McNeill, F.M., Thro, E., 1994, Fuzzy logic: a practical approach, Academic Press, London.
- Moreno Pires, S., Fidélis, T., & Ramos, T. B. (2014). Measuring and comparing local sustainable development through common indicators: Constraints and achievements in practice. *Cities*, 39, 1-9.
- Mori, K., Christodoulou, A., 2012, Review of sustainability indices and indicators: towards a new city sustainability index (CSI). *Environ. Impact Assess. Rev.* 32(1): 94-106.
- Olewiler, N. (2006). Environmental sustainability for urban areas: The role of natural capital indicators. *Cities*, 23(3), 184-195.
- O'neil, J.A., Gallagher, C.E., 2014, Determining what is important in terms of the quality of an urban green network: a study of urban planning in England and Scotland, *Planning, Practice & Research*, 29 (2): 202-216.
- Orman Genel Müdürlüğü, İllere Göre Orman Varlığı, <https://www.ogm.gov.tr/Sayfalar/Ormanlarimiz/Illere-Gore-Orman-Varligi.aspx>, [Ziyaret Tarihi: 1 Aralık 2017].
- Paksoy, T., Yapıcı Pehlivan, N., Özceylan, E. 2013, Bulanık Küme Teorisi, Nobel Yayıncılık, Ankara, 195-296.
- Roy, B., 1996, Multicriteria Methodology for Decision Aiding; Springer: Dordrecht, The Netherlands.
- Saaty, T.L., 1980, The analytic hierarchy process, McGraw-Hill, New York.
- Saaty, T. L., 2001, Decision making with dependence and feedback-the analytic network process, RWS Publications, Pittsburgh, USA.
- Saaty, T.L., Özdemir M.S., 2003, Why the magic number seven plus or minus two, *Mathematical and Computer Modeling*, 38 (3-4): 233-244.
- Scholl, A., Laura, M., Roland, H., Michael, S., 2005, Solving multi attribute design problems with analytic hierarchy process and conjoint analysis: an empirical comparison, *European Journal of Operational Research*, 164 (3): 760-777.
- Shen, L., Peng, Y., Zhang, X., Wu, Y., 2012, An alternative model for evaluating sustainable urbanization, *Cities* 29(1): 32-39.
- Triantaphyllou, E., Lin, C.-T., 1996, Development and evaluation of five fuzzy multiattribute decision-making methods, *International Journal of Approximate Reasoning*, 14: 281-310.
- Tsai, W.H., Lin, S.J., Lee, Y.F., Chang, Y.C., Hsu, J.L., 2013, Construction method selection for green building projects to improve environmental sustainability by using an MCDM approach, *Journal of Environmental Planning and Management*, 56 (10): 1487-1510.
- Türkiye İstatistik Kurumu, Temel İstatistikler, <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temellist>, [Ziyaret Tarihi: 1 Aralık 2017].

- Türk Toraks Derneği Güz Sempozyumu, Hava Kirliliği ve Akciğer Sağlığı, <http://www.ttdhavakirliligi.org/>, [Ziyaret Tarihi: 24 Kasım 2017].
- United Nations, 2007, *Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies*, third ed. United Nations Publication, New York.
- Van Laarhoven, P.J.M., Pedrcyz, W.A., 1983, Fuzzy extension of Saaty's priority theory, *Fuzzy Sets and Systems*, 11 (1-3): 229–241.
- Wątróbski, J., Ziemia, P., Jankowski, J., Ziolo, M., 2016, Green energy for a green city-a multi-perspective model approach, *MDPI Journals of Sustainability* 2016, 8,702.
- Weck, M., Klocke, F., Schell, H., Rüenauver, E., 1997, "Evaluating alternative production cycles using the extended fuzzy AHP method", *European Journal of Operational Research*, 100(2), 351- 366.
- Yan, A.T., Lai, M.J., Lin, C.Y., 2014, An evaluation model for improving green building by integrating DEMATEL based ANP and VIKOR, 2014 *International Symposium on Computer, Consumer and Control*.
- Zahedi, F., 1987, A utility approach to the with analytic hierarchy process, *Mathematical Modeling*, 9 (3-5): 387-395.
- Zanakis, S.H. , Solomon, A. ,Wishart, N., Dublish, S., 1998, Multi-attribute decision making: Asimulation comparison of select methods, *European Journal of Operational Research*, 107: 507–529.
- Zhang, L., Xu, Y., Yeh, C.H., Liu, Y., Zhou, D., 2016, City sustainability evaluation using multi-criteria decision making with objective weights of interdependent criteria, *Journal of Cleaner Production*, 131 (2016): 491-499.
- Zhang, X., Xu, Z., Liu, M., 2016, Hesitant trapezoidal fuzzy QUALIFLEX method and its application in the evaluation of green supply chain initiatives, *MDPI Journals of Sustainability* 2016, 8, 952.
- Zhao, H., Li, N., 2016, Optimal siting of charging stations for electric vehicles based on fuzzy delphi and hybrid multi-criteria decision making approaches from an extended sustainability perspective, *MDPI Journals of Energy* 2016, 9,270.