

K-ortalamalar Kümeleme Analizi İle Belediyelerin Çevre Hizmetlerinin Değerlendirilmesi

Günay Kılıç¹
İbrahim Budak²
Arzu Organ³

K-ortalamalar Kümeleme Analizi İle Belediyelerin Çevre Hizmetlerinin Değerlendirilmesi

Öz

Halkın yerel ihtiyaçlarını karşılamak üzere kurulan, kuruluş esasları kanunla belirlenen yerel yönetim türlerinden biri de belediyelerdir. Belediyelerin amacı, belediye sorumluluk ve görevleri kapsamındaki hizmetlerini belediye nüfusunun tamamına ulaştırmaktır. Belediyelerin birçok görev ve sorumluluğu bulunmakla birlikte bu çalışmada, Türkiye'deki 81 il belediyesi, çevre hizmetleri açısından değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından 2001-2016 yılları arasında yayımlanan belediye hizmetleri ile ilgili istatistikler kullanılmıştır. Bu çerçevede, altı adet kriter ele alınmıştır. Kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden AHP kullanılmıştır. Belirlenen ağırlıklar, ilgili yılların değerleri ile çarpılarak ağırlıklandırılmış bir değer elde edilmiştir. İlgili yılın ağırlıklandırılmış değeri, tek boyutlu kümeleme analizi ile kümelendirilmiştir. İllerin yıllar bazında belediye performanslarının değişimi analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: K-ortalamalar, Belediye, Çevre, AHP

Using K-means Cluster Analysis for Assessment of Environmental Services of Municipalities

Abstract

Municipalities are one of the local government types established by law, established to meet the local needs of the people. The purpose of municipalities; to deliver the services of the municipality to the entire municipal population. In this study, although many duties and responsibilities of municipalities in 81 provinces in Turkey is evaluated in terms of municipal environmental services. In this study, statistics on municipal services published between 2001-2016 by Turkish Statistical Institute (TUIK) were used. In this context, six criteria are discussed. One of the Multi Criteria Decision Methods, AHP was used to determine the weight of the criteria. The weighted weights are multiplied by the values of the relevant years and a weighted value is obtained. The weighted value of the relevant year was clustered with one-dimensional clustering analysis. The changes in municipal performances of provinces were analyzed.

Keywords: K-means, Municipality, Environment, AHP

1. Giriş

Yerel yönetimler örgütlendikleri her coğrafi alan içinde bu alanı paylaşan insanların yerel düzeyde ihtiyaçlarını gidermek için kurulmuş kuruluşlardır. Ekonomik, kültürel ve toplumsal anlamda birçok görevi bulunan yerel yönetimlerin sağlık, ulaşım, kentsel altyapı, imar, su ve kanalizasyon, temizlik ve katı atık yönetimi gibi görevler ön plana çıkmaktadır (Güven ve Şimşek, 2018: 126). Türkiye'de yerel yönetimler Büyükşehir Belediyeleri, Belediyeler, İl Özel İdaresi ve Köy Yönetiminden oluşur. Belediyelerin diğer yerel yönetim çeşitlerine nazaran daha etkili olmalarının sebebi mevzuatta daha fazla yetki ve sorumluluk verilmesidir (Zengin, 2009: 117-118).

¹ Öğr. Gör. Pamukkale Üniversitesi, Rektörlük, Bilgi İşlem Daire Başkanlığı. gkilig@pau.edu.tr, Yazar ORCID bilgisi: <https://orcid.org/0000-0003-2236-7535>

² Dr. Öğrencisi, Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü. ibrahimbudak04@gmail.com, Yazar ORCID bilgisi: <https://orcid.org/0000-0001-7762-6114>

³ Doç. Dr. Pamukkale Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü. aorgan@pau.edu.tr, Yazar ORCID bilgisi: <https://orcid.org/0000-0002-2400-4343>

Belediyelerde ve Büyükşehir Belediyelerinde çevre sağlığının korunması, katı atık toplamak ve imha etmek, su ve kanalizasyon hizmetlerinin sağlanması, sağlıklı ve planlı kentleşmeyi denetlemek gibi görevler çevresel görevler arasında sayılabilir (Zengin, 2009: 119).

Çevresel görevlerin belediyelerce ne oranda gerçekleştirildiğini araştıran bir çalışmada, İçme suyu, Arıtma Tesisi, Toplanan Tehlikeli Atık Miktarı, Toplanan Akü Miktarı gibi çevresel hizmetleri temsil eden göstergeler belirlenmiş ve bu göstergeler ile belediyeleri kümelendiği (Zülfi-kar ve Beken 2014: 84). Bu çalışmada, daha önceki yapılan çalışmadan farklı olarak Atık Bertaraf Yöntemine Göre Atık Miktarı Bertaraf Edilen Atık Miktarı (%), Atık Hizmeti Verilen Belediye Nüfusunun Toplam Belediye Nüfusuna Oranı (%), Atık su Arıtma Tesisi ile Hizmet Verilen Belediye Nüfusunun Toplam Belediye Nüfusuna Oranı(%), Kanalizasyon Şebekesi ile Hizmet Verilen Belediye Nüfusunun Toplam Belediye Nüfusuna Oranı (%), İçme ve Kullanma Suyu Arıtma Tesisi ile Hizmet Verilen Belediye Nüfusunun Toplam Belediye Nüfusuna Oranı (%) ve İçme ve Kullanma Suyu Şebekesi ile Hizmet Verilen Belediye Nüfusunun Toplam Belediye Nüfusuna Oranı (%) olmak üzere altı kriter belirlenmiştir.

Türkiye’de bulunan 81 il belediyesine ait veriler TÜİK’ten alınmış ve 2001 -2016 yılları arasında illerin durumu değerlendirilmiştir. Belirlenen altı kriterin ağırlıklandırılmasında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinde sıkça kullanılan yöntemlerden olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kullanılmıştır. Belediyelerin her bir yıla ait çevrecilik değerleri, olması gereken değerden uzaklıkları ile o kritere ait ağırlıklar çarpılmış, elde edilen değerler toplanarak ağırlıklandırılmış toplam çevrecilik hata değerleri bulunmuştur. İlgili yıllarda, illerin Türkiye sıralamaları bu değere göre belirlenmiştir. Toplam çevrecilik hata değerleri, 2001-2016 yılları arasındaki her bir yıl için kümeleme analizi ile gruplanmıştır. Kümeleme yöntemi olarak, kümeleme problemlerinde sıkça kullanılan ‘K-ortalamlar yöntemi’ seçilmiştir. K-ortalamlar yönteminde en uygun küme sayısı Elbow yöntemi ile belirlenmiştir. İllerin yıllar içinde hangi kümeye ait olduğu ve hangi kümeye geçiş yaptığına bakılmıştır. Küme merkezlerinin yıllara göre değişimi ise çalışmanın diğer bir sonucudur.

2. Literatür Analizi

Kümeleme analizi, Elbow Yöntemi ve AHP ile ilgili literatür çalışmalarından bazıları aşağıdaki gibidir.

Cieszynska ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada, Baltık Denizi'nin güney kıyısında, Gdansk Belediyesinin yer aldığı bölgede 8 yıllık bir izleme programına dayanarak su kalitesi değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışmada, 8 su sahasında 15 farklı bölgedeki yüzey suyu incelenmiştir. Su kalitesinin belirlenmesi için 8 parametre belirlenmiştir. Araştırma sırasında elde edilen geniş veri seti için kümeleme analizi kullanılmıştır. Çalışma, kullanılan parametreler ile arazi kullanımının su kalitesi üzerinde bir etkisi olduğunu göstermektedir (Cieszynskavd., 2012: 2017–2029).

Bholowalia ve Kumar (2014) tarafından yapılan çalışmada, Kümeleme analizi ile yüz binlerce küçük ve uygun maliyetli sensör düğümünden oluşan WSN'nin sensör düğümlerinin sanal alt grupları belirlenmeye çalışılmıştır. Kümeleme analizi yapılırken optimum “K” sayısını belirlemek için Elbow yöntemini kullanılmıştır. Elbow yönteminin “K” sayısını belirlemede etkili ve hızlı olduğu vurgulanmıştır (Bholowalia ve Kumar, 2014: 17-24).

Syakur ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada, en iyi müşteri kümesinin belirlenmesinde kümeleme analizi ve Elbow yöntemi kullanılmıştır. Mal üretimi, satış analizi ve satış politikası için müşteri profili gruplandırılmıştır. Optimum küme sayısını bulmak için toplam karesel

hatanın düşük olduğu Elbow yöntemi kullanılmıştır. Bu şekilde “k” sayısı üç olarak belirlenmiştir (Syakur vd., 2018: 1-6).

Nydick ve Hill (1992) tarafından yapılan çalışmada, tedarikçi seçim problemi ele alınmıştır. Bir tedarikçi seçiminde yaygın ve etkili kriterlerden bazıları kalite, fiyat, teslimat ve hizmettir. Bu kriterlerin önem derecelerini belirlemek için Analitik Hiyerarşi Süreci kullanılmıştır. Kriterlerden önem derecesi en yüksek olan kalite iken önem derecesi en düşük olan kriter teslimattır. Ayrıca bu kriterlerin satın alma fonksiyonları için önemli olduğu vurgulanmıştır (Nydick ve Hill, 1992: 31-36).

Mustafa ve Al-Bahar (1991) tarafından yapılan çalışmada, AHP ile proje risk değerlendirmesi yapılmıştır. Bir inşaat projesinin teklif aşamasında proje risklerini analiz etmek ve değerlendirmek müteahhitler için önemlidir. Bu yönüyle AHP, karar vericiye bir problemi mantıklı ve rasyonel bir şekilde formüle etmede yardımcı olmak için esnek, kolay anlaşılır bir yol sağlamaktadır. Bu çalışmada, ele alınan projenin genel olarak düşük riskli bir proje olduğu gösterilmiştir (Mustafa ve Al-Bahar, 1991: 46-52).

Ramanathan (2001) tarafından yapılan çalışmada, çevresel etki değerlendirmesi için AHP kullanılmıştır. Yapılan sosyo-ekonomik değerlendirmede çeşitli uzman görüşlerinden faydalanılmıştır. Çalışmada kullanılan fiyat, konum ve yaş kriteri, AHP yöntemi ile analiz edilerek kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir. Önem derecesi en yüksek kriter fiyat iken en düşük kriter yaş olarak belirtilmiştir. Çalışmanın çevre etki değerlendirmesinde AHP yönteminin avantajlı olduğu vurgulanmıştır (Ramanathan, 2001: 27-35). Ayrıca, bu çalışmaların yanı sıra, Belediye Hizmet Kalitesinin değerlendirilmesi, güzergâh seçimi, toplu ulaşım sistemlerinin performansı (Bostancı, 2016: 110-130; Hamurcu ve Eren, 2015: 410-419; Güner, 2017: 33-48) gibi çalışmalar da vardır.

3. Kümeleme Analizi

Küme analizi gruplanmamış verileri alır ve bu verileri gruplara koymak için otomatik teknikler kullanır. Kümeleme, denetlenmez ve bir öğrenme seti gerektirmez. Sınıflandırma ile ortak bir metodolojik temeli paylaşır. Başka bir deyişle, sınıflandırma ile ilgili matematiksel modellerin çoğu, küme analizine de uygulanabilir (Olson ve Delen, 2008: 16).

Kümeleme teknikleri, tahmin edilecek bir sınıf olmadığında uygulanır, örnekler doğal gruplara bölünür. Tanımlanan gruplar sınırlı olduğu durumda olabilir; böylece herhangi bir örnek yalnızca bir gruba ait olur. Bununla birlikte bir örnek birkaç gruba düşebilecek şekilde üst üste gelebilir. Bir örnek her bir gruba belli olasılık ile dâhil olduğu durum da olabilir. Kümelemenin hiyerarşik olduğu durumlar da bulunmaktadır. Hiyerarşik kümelerde üst düzeyde gruplama yapılır ve bu grupların her biri daha ileri düzeyde - belki de bireysel örnekler kadar alt kümelere bölünür. Hangi kümeleme yönteminin yapılacağı, genellikle mevcut kümeleme araçları tarafından belirlenir. Sayısal alanlarda kümeler oluşturan, örnekleri ayrık kümelere bölen algoritmalar geliştirilmiştir. Yenilemeli mesafeye dayalı klasik kümeleme tekniği ise, K- ortalamalar kümeleme tekniğidir (Witten vd., 2016: 137).

Kümeleme teknikleri, metin dosyaları ve topluluk tespiti gibi doğada birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Kümeleme, bir kümenin içindeki nesnelerin benzer olması veya farklı kümelerdeki nesnelerin önceden belirlenmiş kriterlere göre farklı gruplara ayrılmasını amaçlayan denetimsiz bir sınıflandırma tekniğidir. Kümeleme algoritmaları, bölümlenme yöntemleri, hiyerarşik yöntemler, yoğunluk temelli yöntemler, grid tabanlı yöntemler ve model tabanlı yöntemler olarak özetlenebilir. Pek çok araştırmacı, farklı türlerde ağırlıklandırma yöntemleriyle K-ortalama algoritmalarını genişletmiş ve kullanmıştır (Huang vd., 2014: 293).

3.1. K-ortalamlar

Klasik kümeleme tekniğine, K-ortalamlar denir. Bu teknikte, k sayısı önceden belirlenir. Daha sonra, küme merkezleri olarak rastgele noktalar seçilir. Tüm örnekler, normal öklid uzaklık metriğine göre en yakın küme merkezlerine atanır. Bundan sonra, her kümedeki örneklerin merkezi hesaplanır. Hesaplanan merkezler, kendi kümeleri için yeni merkez değerleri olarak alınır. Son olarak, tüm süreç yeni küme merkezleriyle tekrarlanır. Yineleme, küme merkezlerinin sabitlendiği ve sonsuza dek aynı kalacağı ardışık turlarda her kümeye noktalar atanana kadar devam eder. Bu kümeleme yöntemi basit ve etkilidir. Küme merkezini merkez olarak seçmenin, küme noktalarının her birinden merkeze olan toplam kare mesafesini en aza indirdiğini kanıtlamak kolaydır. Yineleme sabitlendikten sonra, her nokta en yakın küme merkezine atanır. Bu sayede, tüm noktaların içinde bulunduğu küme merkezlerine olan uzaklıklarının toplamı en aza indirilmektedir. Her bir küme için toplam mesafenin az olduğu durumda, bütün kümelere toplam mesafenin en düşük olduğu kesin değildir. İlk küme merkezi seçimine çok bağımlı olduğu bu durumda farklı küme merkezleri seçilerek toplam hatanın azaltılması sağlanmaya çalışılır. K-ortalamlar yönteminde kümeleme işlemi hızlandırmak için kümelenecek düzlemler önceden belirlenirse sistem daha hızlı çalışır ama kümeleme performansı düşer (Witten vd., 2016: 137-138).

K-ortalama yönteminde k=2 sayısı ile kümelemeyi başlatarak kümelemeyi önce 2 ye bölerek hiyerarşik bir yapı gibi kullanılabilir. k sayısını tespit etmek için kesin bir yöntem olmamakla birlikte 2 den başlayarak her seferinde bir arttırarak en uygun küme sayısını tespit etmeye çalışan yöntemler de vardır (Witten vd., 2016: 139).

K-ortalama, genel kümeleme için çok popüler bir yöntemdir (Zha vd., 2002: 1057). K-ortalamlar algoritması birçok çalışmada kullanılmıştır. K-ortalamlar yöntemindeki en uygun küme sayısını araştıran bir çalışmada, küme içi ve kümeler arası mesafeler ile küme sayısı belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada, küme içi uzaklıklar küme merkezleri arasındaki uzaklıklara bölünmüş ve bu bölümün en küçük olduğu durumda kümelemenin en iyi olacağı ifade edilmiştir. Uygun küme sayısı renkli resim bölümlendirilmesine uygulanmıştır (Ray ve Turi, 1999: 137-143).

K-ortalamlar formülasyonu ile Eşitlik (3.1) 'de gösterilen amaç fonksiyonu f minimize edilmeye çalışılır (Tucker vd., 2010: 600).

$$f = \sum_{j=1}^k \sum_{x_i \in S_j} \|x_i - c_j\|^2 \quad (3.1)$$

S_j = Bir veri noktaları kümesidir.

c_j = Bir S_j kümesinin merkezidir.

x_i = Bir kümeye ait bir veri noktasını temsil eder.

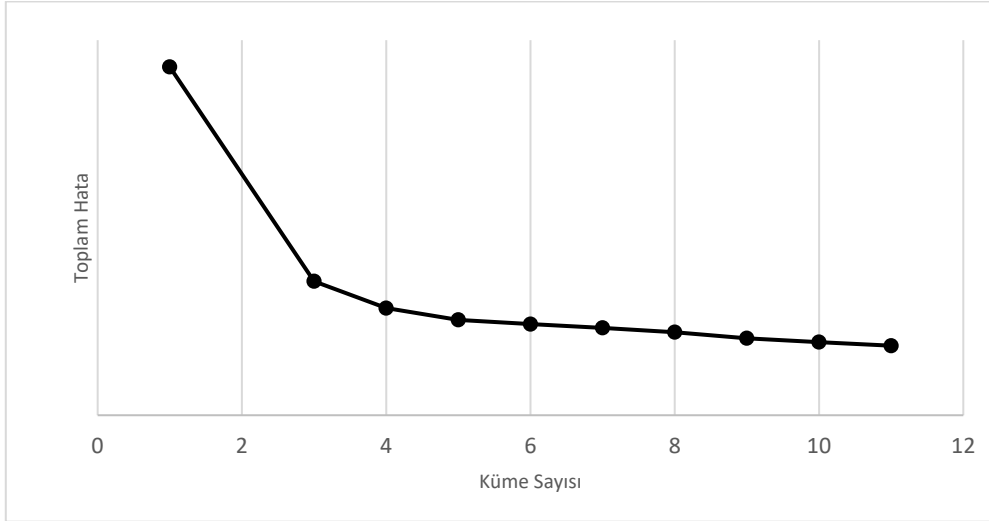
k = Kullanıcı tarafından önceden belirtilen küme sayısı.

3.2. Elbow Yöntemi

Literatürde, K-ortalamlar kümeleme analizinde en uygun k sayısını belirleyen yöntemler önerilmiştir. Bu yöntemlere, Başparmak Kuralı, Elbow Yöntemi, Bilgi Ölçütü Yaklaşımı, Bilgi Teorik Bir Yaklaşım, Silueti Kullanarak k Seçme ve Çapraz Doğrulama örnek olarak verilebilir (Kodinariya ve Makwana, 2013: 91).

Bu çalışmada, en uygun küme sayısını belirlemede seçilen yöntem, en eski yöntemden biri olan Elbow yöntemidir. Yöntem, görsel bir yöntemdir. Şöyle ki, k = 2 ile başlanarak küme sayısı, her adımda 1 yükselttilerek kümeler ve eğitim hatası hesaplanır. k için bir birimlik değişimle

maliyet çarpıcı bir şekilde düştüğü nokta tespit edilir. Küme sayısı değiştirmeye devam edilir ve bundan sonraki değişimde hata aynı doğrultuda devam eder veya artar ise bulunan bu değer istenen k değeridir (Kodinariya ve Makwana, 2013: 92). Elbow yönteminin küme sayısının 3 olduğu gösterimi Şekil 3'te verilmiştir (Kodinariya ve Makwana, 2013: 92).



Şekil 1: Elbow Yöntemi ile k Sayısının Belirlenmesi

4. Analitik Hiyerarşi Süreci

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ikili karşılaştırmalar yoluyla bir ölçüm teorisi ve kriterleri ağırlıklarını belirlemek için uzmanların kararlarına dayanmaktadır. Karşılaştırmalar, bir elemanın verilen öznelik bakımından diğerine ne kadar baskın olduğunu temsil eden ölçek kullanılarak yapılmaktadır (Saaty, 2008: 83). AHP, Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden birisidir. Nicel ve nitel performansın ölçümü için sayısal bir ölçekli bir yöntem sunmaktadır. Ölçek, 'en az verilen' değer için 1/9, 'eşit' değer için 1 ve 'kesinlikle daha önemli' değer için 9 değeri arasında değişmektedir. AHP yönteminde uygulanması gereken temel adımlar aşağıdaki gibidir (Vaidya ve Kumar, 2006: 2):

1. Problem belirlemek,
2. Bütün kriterleri, alternatifleri ve sonuçları göz önünde bulundurmak,
3. Çalışmayı etkileyen kriterleri tanımlamak,
4. Problemi, amaç, kriterler, alt kriterler ve alternatifler hiyerarşisine göre yapılandırmak,
5. Her bir elemana karşılık gelen değerleri sayısal ölçekle belirlemek. Bu, $n(n-1)/2$ adet karşılaştırma gerekir; burada n, unsur sayıdır ve her bir unsur kendisi hariç diğer unsurlar ile kıyaslanmalıdır.
6. Her bir kriter/alternatif için maksimum karşılaştırma değeri, tutarlılık indeksi (CI), tutarlılık oranı (CR) ve normalize edilmiş değerleri bulmak için hesaplamalar yapmak,
7. Maksimum karşılaştırma değeri, CI ve CR yeterliyse, normalize edilmiş değerlere dayalı olarak karar verilir. Aksi halde, bu değerler istenilen aralıkta oluncaya kadar işlemi tekrarlamak.

5. Uygulama

Çalışmanın uygulama kısmı iki alt bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, belediyelerin çevrecilik performansları ağırlıklandırılmış toplam hata ile değerlendirilmiştir. İkinci bölümde ise belediyeler, birinci bölümde elde edilen hata değerleri kullanılarak tek boyutlu kümeleme analizi ile değerlendirilmiştir.

5.1 Belediyelerin Çevrecilik Hatalarının Değerlendirilmesi

Belediyelerin çevresel hizmetlerine göre performanslarının ölçümünü açıklamadan önce bu ölçüm için belirlenen kriterleri açıklamak gerekmektedir. Çalışmada daha önce belirtilen altı kriter şunlardır.

Atığın Bertaraf Edilme Oranı (k1): Belediyede toplanan atıkların bertaraf edilme şekilleri şunlardır: Belediye veya büyükşehir belediye çöplüğünde depolama, başka belediye çöplüğünde depolama, açıkta yakma, gömme, düzenli depolama, kompost tesisine gönderilme ve diğer bertaraf işlemleri. Bir belediye toplanan atığın hepsini bertaraf etmelidir. Bertaraf edilen miktar (ton/yıl) toplanan atığa (ton/yıl) bölünerek her bir yıl için yüzdesel değerler elde edilmiştir.

Atık Hizmeti Verilen Belediye Nüfusunun Oranı (k2) : Belediyeler hizmet verdiği belediye nüfusunun tamamına atık toplama hizmeti veremeyebilir. Bu kriterde ilgili yılda yüzdesel olarak belediyelerin hizmet atık hizmeti verdiği nüfusun toplam belediye nüfusa oranı bilgisi vardır.

Atık Su Arıtma Tesisi ile Hizmet Verilen Belediye Nüfusunun Oranı (k3) : Belediyeler hizmet verdiği belediye nüfusunun tamamına atık su arıtma tesisi ile hizmet veremeyebilir. Bu kriterde ilgili yılda belediyelerin atık su arıtma tesisi ile hizmet verdiği nüfusunun toplam belediye nüfusa oranı bilgisi vardır.

Kanalizasyon Şebekesi ile Hizmet Verilen Belediye Nüfusunun Oranı (k4) : Belediyeler hizmet verdiği belediye nüfusunun tamamına kanalizasyon şebekesi ile hizmet veremeyebilir. Bu kriterde ilgili yılda belediyelerin kanalizasyon şebekesi ile hizmet verdiği nüfusun toplam belediye nüfusa oranı bilgisi vardır.

İçme Suyu Arıtma Tesisi ile Hizmet Verilen Belediye Nüfusunun Oranı (k5) : Belediyeler hizmet verdiği belediye nüfusunun tamamına içme suyu arıtma tesisi ile hizmet veremeyebilir. Bu kriterde ilgili yılda belediyelerin içme suyu arıtma tesisi ile hizmet verdiği nüfusun toplam belediye nüfusa oranı bilgisi vardır.

İçme ve Kullanma Suyu Şebekesi ile Hizmet Verilen Belediye Nüfusunun Oranı (K6) : Belediyeler hizmet verdiği belediye nüfusunun tamamına içme ve kullanma suyu şebekesi ile hizmet veremeyebilir. Bu kriterde ilgili yılda belediyelerin içme ve kullanma suyu şebekesi ile hizmet verdiği nüfusun toplam belediye nüfusa oranı bilgisi vardır.

Çalışmada belirlenen bütün kriterler yüzdesel olarak tutulmaktadır. Bütün kriterler fayda kriteri olduğundan çevre hizmetleri açısından belediyelerin başarılı olması için bu değerlerin 100 ya da 100'e yakın olması beklenmektedir. İstanbul ili 2012 yılında bütün değerlerde 100'ü yakalamış ve çalışmadaki belirlenen kriterlere göre çevrecilik hizmetleri açısından hatasız bir yıl geçirmiştir.

Tablo 1'de TÜİK'ten alınan veriler ile oluşturulan 2016 yılı karar matrisi görülmektedir. 2001-2016 yılları arasında tüm illerin çevrecilik değerlerine (TÜİK, 2019) adresinden ulaşılabilir.

Tablo 1: TÜİK Belediye Çevrecilik Matrisi

İller	Yıl	k1	k2	k3	k4	k5	k6
Adana	2016	94,13	100,00	95,00	95,00	86,00	98,00
Adıyaman	2016	100,00	98,00	60,80	96,00	1,00	100,00
Afyonkarahisar	2016	99,72	99,00	77,80	96,00	42,00	97,00
Ağrı	2016	100,00	100,00	0,00	86,00	58,00	94,00
Aksaray	2016	87,67	97,00	15,10	89,00	66,00	98,00
Amasya	2016	100,00	100,00	35,20	99,00	0,00	99,00
Ankara	2016	46,73	100,00	96,00	96,00	97,00	100,00
Antalya	2016	88,18	98,00	80,00	80,00	0,00	100,00
Ardahan	2016	99,97	98,00	0,00	76,00	0,00	98,00
Artvin	2016	97,68	100,00	0,00	91,00	25,00	97,00
Aydın	2016	95,15	97,00	75,00	75,00	19,00	97,00
Balıkesir	2016	95,05	99,00	69,90	85,00	44,00	99,00
Bartın	2016	96,07	99,00	7,80	97,00	72,00	99,00
Batman	2016	98,65	97,00	84,30	95,00	4,00	97,00
Bayburt	2016	100,00	99,00	78,90	95,00	0,00	100,00
Bilecik	2016	96,10	100,00	8,30	98,00	0,00	98,00
Bingöl	2016	99,31	98,00	63,20	96,00	0,00	97,00
Bitlis	2016	100,00	99,00	36,20	87,00	1,00	99,00
Bolu	2016	93,17	95,00	88,20	100,00	75,00	100,00
Burdur	2016	89,55	100,00	79,20	90,00	0,00	100,00
Bursa	2016	90,83	100,00	98,00	98,00	67,00	100,00
Çanakkale	2016	92,15	100,00	84,90	96,00	46,00	99,00
Çankırı	2016	100,00	98,00	5,70	97,00	73,00	99,00
Çorum	2016	95,03	99,00	81,70	98,00	55,00	100,00
Denizli	2016	93,79	100,00	70,00	70,00	0,00	99,00
Diyarbakır	2016	97,68	98,00	95,00	95,00	91,00	97,00
Düzce	2016	100,00	100,00	75,00	90,00	80,00	99,00
Edirne	2016	95,84	100,00	10,00	95,00	47,00	97,00
Elazığ	2016	99,57	98,00	64,80	89,00	1,00	99,00
Erzincan	2016	100,00	100,00	2,70	93,00	0,00	100,00
Erzurum	2016	100,00	90,00	77,30	80,00	68,00	100,00
Eskişehir	2016	93,05	99,00	98,00	98,00	78,00	100,00
Gaziantep	2016	95,87	100,00	85,80	95,00	65,00	100,00
Giresun	2016	99,96	96,00	30,60	81,00	2,00	93,00
Gümüşhane	2016	100,00	93,00	53,40	95,00	6,00	96,00
Hakkari	2016	100,00	99,00	0,00	25,00	0,00	91,00
Hatay	2016	98,97	99,00	31,40	75,00	1,00	97,00
İğdır	2016	100,00	100,00	0,00	77,00	0,00	92,00
Isparta	2016	90,44	100,00	82,00	99,00	52,00	100,00
İstanbul	2016	93,23	100,00	98,70	100,00	97,00	100,00
İzmir	2016	91,66	100,00	100,00	100,00	86,00	100,00
Kahramanmaraş	2016	98,93	98,00	9,00	65,00	1,00	98,00
Karabük	2016	99,38	100,00	86,90	98,00	46,00	100,00
Karaman	2016	89,82	100,00	85,40	89,00	0,00	100,00
Kars	2016	100,00	100,00	11,50	90,00	43,00	97,00
Kastamonu	2016	96,48	98,00	24,00	92,00	39,00	96,00
Kayseri	2016	97,61	99,00	86,50	94,00	0,00	99,00
Kırıkkale	2016	100,00	100,00	78,10	98,00	91,00	100,00
Kırklareli	2016	96,79	100,00	81,90	97,00	28,00	99,00
Kırşehir	2016	99,34	98,00	86,70	95,00	0,00	100,00
Kilis	2016	91,17	100,00	71,40	100,00	89,00	100,00
Kocaeli	2016	91,19	100,00	99,00	99,00	93,00	100,00
Konya	2016	96,40	100,00	55,20	70,00	14,00	99,00
Kütahya	2016	98,89	100,00	66,50	97,00	19,00	100,00
Malatya	2016	96,82	98,00	73,20	88,00	0,00	100,00

Manisa	2016	95,57	99,00	26,00	87,00	39,00	96,00
Mardin	2016	94,95	89,00	1,30	80,00	0,00	76,00
Mersin	2016	93,41	99,00	73,10	82,00	69,00	99,00
Muğla	2016	90,38	99,00	77,00	77,00	38,00	100,00
Muş	2016	100,00	97,00	0,00	73,00	0,00	97,00
Nevşehir	2016	97,43	99,00	71,90	92,00	37,00	98,00
Niğde	2016	97,43	97,00	50,60	81,00	14,00	98,00
Ordu	2016	90,85	87,00	79,00	79,00	46,00	73,00
Osmaniye	2016	99,55	96,00	50,20	77,00	0,00	96,00
Rize	2016	98,20	98,00	60,30	81,00	60,00	90,00
Sakarya	2016	91,98	99,00	49,90	60,00	63,00	100,00
Samsun	2016	72,46	83,00	77,80	78,00	86,00	95,00
Siirt	2016	99,66	99,00	64,40	96,00	54,00	98,00
Sinop	2016	88,09	96,00	0,00	98,00	30,00	100,00
Sivas	2016	97,35	100,00	74,90	98,00	50,00	100,00
Şanlıurfa	2016	99,59	97,00	6,90	60,00	68,00	95,00
Şırnak	2016	100,00	99,00	0,00	87,00	0,00	87,00
Tekirdağ	2016	94,26	100,00	43,90	86,00	9,00	100,00
Tokat	2016	99,88	99,00	50,00	95,00	1,00	98,00
Trabzon	2016	93,30	100,00	59,10	80,00	69,00	85,00
Tunceli	2016	100,00	97,00	57,50	92,00	0,00	98,00
Uşak	2016	89,30	100,00	75,70	96,00	38,00	96,00
Van	2016	96,04	97,00	36,40	80,00	16,00	98,00
Yalova	2016	92,92	100,00	93,20	95,00	89,00	100,00
Yozgat	2016	99,97	99,00	45,90	95,00	6,00	100,00
Zonguldak	2016	97,31	99,00	53,40	88,00	69,00	99,00

Kaynak: TÜİK, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr> (Erişim Tarihi: 03.01.2019)

Tablo 1 'de boş olan alanlar '0' değeri yazılarak, analiz için sayısallaştırılmıştır. Veri seti, 2001-2016 yılları arasında benzer 10 adet tablodan oluşmaktadır. 2001-2004 arası her yıl yayınlanan veriler 2004 ten sonra çift yıllarda yayınlanmıştır. Veriye erişim tarihinde 2018 verileri henüz yayınlanmadığından veri setinin en güncel yılı (2016) örnek olarak verilmiştir. Belediyelerin çevresel hizmetlerini ölçebilmek için bu karar matrislerinin yanı sıra, hizmet ölçümünde kullanılan kriterlerin önem dereceleri belirlenmelidir. Bu bağlamda, alanında uzman akademisyenler ile görüşülüp AHP ile kriterlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Uzman kişilerin görüşlerinin geometrik ortalamaları alınarak Tablo 2'deki karar matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 2: Çevresel Hizmet Kriterleri için AHP İkili Karşılaştırma Matrisi

Kriter	k1	k2	k3	k4	k5	k6
k1	1,00	0,33	1,00	2,08	0,30	0,38
k2	3,00	1,00	1,26	1,59	0,63	0,63
k3	1,00	0,79	1,00	1,44	0,79	0,79
k4	0,48	0,63	0,69	1,00	0,55	0,79
k5	3,30	1,59	1,26	1,82	1,00	2,00
k6	2,62	1,59	1,26	1,26	0,50	1,00

Tablo 2'deki verilere göre AHP adımları uygulanmıştır. Uygulanan adımlara göre uzman görüşlerinin tutarlılığı hesaplanmıştır (CR=0,052). Tutarlılık değeri 0,1 den küçük olduğu için verilen cevaplar anlamlıdır. Kriterlerin AHP ile belirlenen ağırlıkları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: Kriterlerin AHP ile Belirlenen Ağırlıkları

k1	k2	k3	k4	k5	k6
0,112189	0,179734	0,147481	0,108632	0,261931	0,190034

Tablo 3 incelendiğinde k5 kriterinin diğerlerine göre daha önemli olduğu, en az öneme sahip olan kriterin ise k4 olduğu görülmektedir. Kriterlerin ağırlıklarının farklı çıkması çevrecilik hizmetleri değerlendirilirken uzman görüşünden yararlanmasına olanak vermiştir. Belirlenen kriter ağırlıkları belediyenin toplam ağırlıklandırılmış hatasını hesaplamak için kullanılmıştır. Belediyelerin Tablo 1 deki ölçümlerin referans değerden (100) uzaklıkları bir hata değeri olarak kabul edilmiştir. Bu hata değerleri kriterlerin ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklandırılmış hata değerleri elde edilmiştir. Ağırlıklandırılmış hatalar toplanmış her bir il için ilgili yılın toplam hatası hesaplanmış ve sıralamalar bu toplam hata değerine göre yapılmıştır. Tablo 4'te ilgili yıllarda tüm illerin ağırlıklandırılmış toplam hataları görülebilir.

Tablo 4: İllerin Yıllara Göre Ağırlıklandırılmış Toplam Çevrecilik Hataları

İller	2001	2002	2003	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016
Adana	42,29	39,17	30,01	19,60	12,49	6,58	7,68	7,86	10,34	5,99
Adıyaman	45,31	43,14	42,75	42,31	40,56	42,45	42,50	42,03	42,31	32,51
Afyonkarahisar	41,88	41,30	41,50	40,04	39,23	37,71	32,11	26,48	20,88	19,68
Ağrı	51,11	46,97	47,23	45,93	41,02	39,34	43,46	42,31	35,27	28,41
Aksaray	40,89	38,11	43,74	41,37	29,57	34,83	38,44	31,96	25,80	24,92
Amasya	44,49	46,34	44,70	41,56	41,45	40,40	40,81	40,96	41,09	36,05
Ankara	7,06	7,46	5,49	6,11	5,47	4,31	2,67	2,00	2,88	7,79
Antalya	45,51	44,54	43,44	43,34	41,16	39,44	36,99	31,32	31,88	33,00
Ardahan	51,04	48,58	47,68	47,72	49,63	45,08	45,79	46,11	44,45	44,29
Artvin	47,33	46,33	42,60	40,97	35,43	33,37	34,69	34,02	32,73	36,20
Aydın	36,27	36,82	36,58	35,03	35,24	32,38	31,42	27,38	27,58	29,27
Balıkesir	41,50	39,64	35,25	28,31	22,93	22,21	24,21	21,48	22,31	21,66
Bartın	44,26	44,05	40,85	41,30	42,14	29,94	29,66	23,79	22,34	22,07
Batman	46,19	43,92	43,19	42,98	42,72	42,55	42,23	30,06	31,94	29,27
Bayburt	41,46	41,65	41,35	41,43	41,05	40,69	40,60	40,55	40,01	30,03
Bilecik	41,78	41,67	41,74	41,16	40,79	40,66	41,21	41,16	41,54	40,75
Bingöl	50,05	49,83	44,87	44,27	42,99	42,62	43,55	42,99	33,25	33,06
Bitlis	48,37	48,50	47,59	45,55	45,78	44,04	45,33	42,77	38,28	37,12
Bolu	40,11	39,74	39,03	38,79	40,11	38,97	18,62	11,53	10,25	9,95
Burdur	44,95	43,90	42,45	42,34	42,75	42,68	40,55	37,23	31,46	31,52
Bursa	22,18	16,89	15,06	15,18	12,13	10,73	10,52	6,81	7,07	10,19
Çanakkale	34,70	33,98	34,33	34,75	33,48	32,52	30,99	28,77	23,14	17,88
Çankırı	46,83	45,04	44,44	44,44	42,43	40,45	40,14	22,15	25,58	21,85
Çorum	34,19	30,00	24,93	24,82	21,92	26,40	22,34	20,99	19,73	15,44
Denizli	44,87	43,46	43,17	42,87	42,19	37,36	33,02	32,26	33,71	34,76
Diyarbakır	45,06	30,55	27,51	18,75	20,55	19,56	14,36	14,31	8,95	4,83
Düzce	23,09	17,68	18,98	17,05	10,61	17,54	13,22	9,80	10,21	10,20
Edirne	29,98	30,75	31,16	27,91	30,18	27,30	31,09	25,46	24,63	28,74
Elazığ	35,00	34,19	33,61	33,58	30,74	31,59	31,56	30,51	32,48	32,92
Erzincan	38,87	38,00	37,59	37,41	36,30	35,04	33,54	32,18	31,74	41,30
Erzurum	43,26	42,69	42,21	42,02	41,66	39,88	23,07	22,56	25,51	15,70
Eskişehir	12,22	12,43	10,65	15,50	11,20	11,00	8,39	6,07	6,64	7,23
Gaziantep	19,77	22,00	22,27	20,20	12,98	15,72	10,20	17,63	12,33	12,27
Giresun	51,12	50,44	49,10	50,35	48,07	48,04	41,93	41,01	39,57	40,02
Gümüşhane	45,08	43,89	43,81	42,88	43,67	43,85	43,44	43,36	40,25	34,06
Hakkari	55,69	52,07	51,30	49,59	52,45	49,81	53,36	51,64	51,15	50,98
Hatay	46,28	48,33	45,55	44,61	42,16	40,89	39,74	39,29	38,93	39,63
İğdır	45,88	43,32	39,12	38,96	39,37	40,17	46,16	47,13	48,19	44,96
İsparta	27,40	27,57	27,19	26,60	23,08	20,91	20,44	19,85	15,49	16,41

İstanbul	10,02	8,11	8,67	5,04	3,95	4,68	5,71	0,00	0,32	1,74
İzmir	26,40	24,33	24,20	23,64	23,13	20,93	9,59	17,14	8,52	4,60
Kahramanmaraş	47,49	46,50	45,19	45,37	43,84	43,72	43,45	43,05	45,15	44,01
Karabük	37,18	32,98	29,17	26,99	28,02	25,43	24,34	14,16	21,08	16,36
Karaman	42,62	40,42	40,06	39,29	39,96	34,08	33,18	32,40	30,31	30,68
Kars	46,26	45,10	43,33	43,11	40,64	41,10	38,39	32,30	31,05	29,64
Kastamonu	38,46	38,30	39,08	38,10	37,91	34,86	33,11	32,79	31,21	29,57
Kayseri	44,72	44,07	34,10	33,53	29,41	29,88	28,46	28,09	28,79	29,47
Kırıkkale	24,40	23,56	22,57	20,70	18,45	18,61	18,17	18,13	17,68	5,80
Kırklareli	41,15	40,98	39,93	39,82	35,67	35,07	35,25	35,39	25,56	22,40
Kırşehir	47,24	46,03	45,43	45,04	43,51	44,05	36,79	34,91	32,41	29,13
Kilis	43,01	42,65	41,88	41,88	42,13	26,20	16,90	18,55	6,24	8,09
Kocaeli	21,72	22,74	22,71	6,37	12,94	3,56	4,13	3,02	2,35	3,08
Konya	42,01	39,76	38,68	38,85	39,50	37,31	30,66	25,98	29,41	32,99
Kütahya	34,37	33,32	32,71	32,65	31,63	30,37	28,98	29,32	27,13	26,61
Malatya	44,72	43,97	43,30	34,46	31,19	31,40	31,35	31,22	35,20	32,17
Manisa	36,81	37,44	36,71	37,56	35,19	31,74	30,31	28,75	37,12	29,74
Mardin	49,67	45,93	47,30	46,38	45,80	44,71	43,73	42,90	47,09	50,03
Mersin	30,37	31,34	31,46	29,13	25,13	20,44	20,09	15,53	16,12	15,15
Muğla	44,90	43,35	41,44	38,08	38,10	37,77	36,23	31,37	30,89	23,39
Muş	56,40	52,93	52,85	52,83	50,64	49,22	49,33	47,01	45,35	44,98
Neşehir	42,91	42,12	41,92	41,50	40,47	39,11	34,23	26,51	22,40	22,36
Niğde	44,65	43,45	43,35	44,97	38,38	37,46	39,88	36,79	37,85	33,08
Ordu	52,40	50,94	48,69	45,30	37,58	42,19	40,92	36,48	34,34	28,02
Osmaniye	47,42	45,50	39,46	39,08	37,56	35,90	35,35	35,83	37,01	37,57
Rize	55,55	43,76	43,39	38,23	30,06	28,80	27,97	27,53	27,11	20,86
Sakarya	32,52	31,70	27,66	17,69	16,90	10,01	12,28	18,89	18,58	22,50
Samsun	28,32	28,61	27,21	24,93	23,72	26,30	23,77	22,50	27,63	16,43
Siirt	43,33	43,35	43,20	41,91	42,56	41,83	36,24	29,01	11,41	18,33
Sinop	42,02	40,32	40,50	40,49	40,53	39,88	43,04	42,03	33,10	35,36
Sivas	43,83	43,06	42,75	42,20	42,41	32,38	21,18	18,82	17,47	17,31
Şanlıurfa	38,68	37,20	27,05	25,70	28,40	27,22	28,12	28,17	34,29	27,99
Şırnak	51,38	50,54	49,22	45,84	43,73	44,58	44,08	44,22	43,54	45,00
Tekeiradağ	41,57	38,55	37,84	37,24	40,60	40,78	40,71	37,61	25,67	34,27
Tokat	44,89	44,20	43,35	42,31	41,76	39,66	36,74	34,77	34,49	34,42
Trabzon	39,95	37,72	37,87	36,03	34,23	31,36	23,94	21,50	22,67	19,93
Tunceli	43,68	42,27	43,36	42,61	42,48	42,43	42,53	42,43	34,02	34,25
Uşak	43,35	42,57	42,53	42,35	37,89	33,79	33,95	23,62	21,12	22,22
Van	42,62	42,71	42,35	39,91	39,36	32,79	40,53	38,43	37,02	34,92
Yalova	19,45	20,05	11,53	10,20	7,17	15,18	12,47	2,08	2,40	5,22
Yozgat	46,83	44,82	43,96	44,63	40,29	41,19	39,67	37,33	35,61	33,33
Zonguldak	28,48	31,57	27,21	24,97	23,79	25,07	25,26	23,69	21,95	16,97

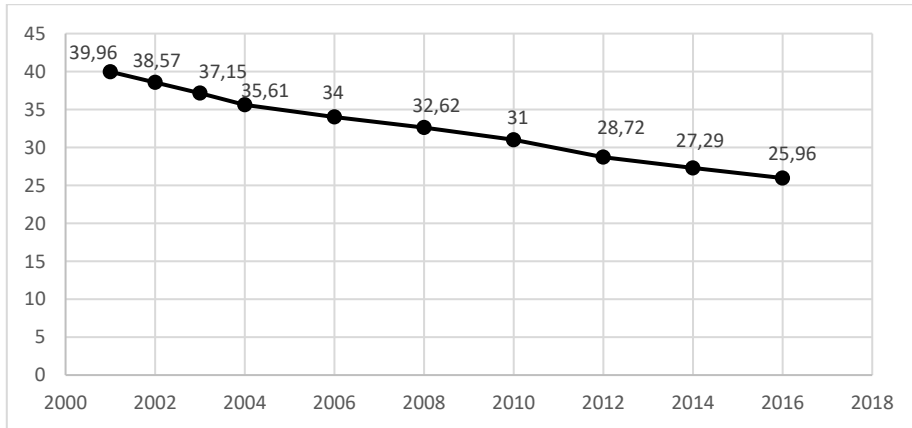
Tablo 4 incelendiğinde belediyelerin çevrecilik performanslarının yıllara göre değişimi görülmektedir. Hatanın değerinin bir önceki yıla göre düşmesi belediyenin bir önceki yıla göre daha iyi çevrecilik değerleri elde ettiği anlamına gelmektedir. Çalışma toplam çevrecilik hatası açısından, Diyarbakır, Adana, Kilis, Rize ve Bolu illerinin 2001 yılından 2016 yılına kadar sayısal anlamda en çok gelişme gösteren ilk 5 olduğu görülmektedir. Erzincan, Mardin illerinin, 2016 yılındaki verilerinin 2001 yılından daha geride olduğu ortaya çıkmaktadır. Her bir yıla göre kendi arasında sıralandığında illerin ilgili yıllardaki Türkiye sıralamalarının bulunduğu Tablo 5 elde edilir.

Tablo 5: illerin Yıllar İçinde Türkiye Sıralaması

İller	2001	2002	2003	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016
Adana	38	31	19	10	7	4	4	7	12	7
Adıyaman	59	48	52	57	51	68	68	68	74	53
Afyonkarahisar	35	38	43	43	42	47	38	31	21	25
Ağrı	75	72	73	76	55	51	73	70	61	40
Aksaray	29	28	64	48	23	39	54	46	35	36
Amasya	49	70	68	51	58	57	63	65	72	67
Ankara	1	1	1	2	2	2	1	2	4	9
Antalya	60	62	63	65	57	52	52	44	48	56
Ardahan	74	75	76	78	79	78	78	78	76	76
Artvin	68	69	51	45	33	36	45	52	52	68
Aydın	21	23	27	28	32	33	36	33	38	44
Balıkesir	32	32	26	21	14	16	23	21	25	28
Bartın	48	59	40	47	62	26	30	28	26	30
Batman	62	57	55	63	69	69	67	41	49	43
Bayburt	31	39	41	49	56	60	61	64	70	49
Bilecik	34	40	44	46	54	59	65	67	73	73
Bingöl	73	76	69	66	71	70	74	74	54	57
Bitlis	71	74	75	74	76	74	77	72	67	69
Bolu	28	33	33	36	47	49	15	9	11	11
Burdur	56	56	49	58	70	71	60	59	46	51
Bursa	7	4	5	5	6	6	8	6	7	12
Çanakkale	19	21	25	27	29	34	33	38	29	23
Çankırı	65	64	67	67	66	58	58	23	33	29
Çorum	17	13	11	14	13	21	19	20	20	16
Denizli	53	53	54	61	64	45	39	48	55	64
Diyarbakır	57	14	16	9	12	12	12	11	9	4
Düzce	8	5	6	7	4	10	11	8	10	13
Edirne	14	15	20	20	25	23	34	29	30	41
Elazığ	20	22	23	25	26	30	37	42	51	54
Erzincan	26	27	29	31	35	41	42	47	47	74
Erzurum	43	45	47	54	59	54	20	25	31	17
Eskişehir	3	3	3	6	5	7	5	5	6	8
Gaziantep	5	7	7	11	9	9	7	14	14	14
Giresun	76	77	78	80	78	79	66	66	69	72
Gümüşhane	58	55	65	62	73	73	71	76	71	60
Hakkari	80	80	80	79	81	81	81	81	81	81
Hatay	64	73	72	68	63	62	56	63	68	71
İğdır	61	49	35	38	44	56	79	80	80	77
İsparta	11	11	13	18	15	14	17	19	15	19
İstanbul	2	2	2	1	1	3	3	1	1	1
İzmir	10	10	10	13	16	15	6	13	8	3
Kahramanmaraş	70	71	70	73	75	72	72	75	77	75
Karabük	23	19	18	19	20	18	24	10	22	18
Karaman	39	36	38	40	46	38	41	50	42	50
Kars	63	65	58	64	53	63	53	49	44	47
Kastamonu	24	29	34	34	39	40	40	51	45	46
Kayseri	52	60	24	24	22	25	28	35	40	45
Kırıkkale	9	9	8	12	11	11	14	15	18	6
Kırklareli	30	37	37	41	34	42	46	55	32	33
Kırşehir	67	68	71	71	72	75	51	54	50	42
Kilis	42	44	45	52	61	19	13	16	5	10
Kocaeli	6	8	9	3	8	1	2	4	2	2
Konya	36	34	32	37	45	44	32	30	41	55
Kütahya	18	20	22	23	28	27	29	40	37	37
Malatya	51	58	57	26	27	29	35	43	60	52

Manisa	22	25	28	32	31	31	31	37	65	48
Mardin	72	67	74	77	77	77	75	73	79	80
Mersin	15	16	21	22	19	13	16	12	16	15
Muğla	55	51	42	33	40	48	48	45	43	35
Muş	81	81	81	81	80	80	80	79	78	78
Nevşehir	41	41	46	50	49	50	44	32	27	32
Niğde	50	52	60	70	41	46	57	58	66	58
Ordu	78	79	77	72	37	66	64	57	58	39
Osmaniye	69	66	36	39	36	43	47	56	63	70
Rize	79	54	62	35	24	24	26	34	36	27
Sakarya	16	18	17	8	10	5	9	18	19	34
Samsun	12	12	15	15	17	20	21	24	39	20
Siirt	44	50	56	53	68	65	49	39	13	24
Sinop	37	35	39	44	50	55	70	68	53	66
Sivas	47	47	53	55	65	32	18	17	17	22
Şanlıurfa	25	24	12	17	21	22	27	36	57	38
Şırnak	77	78	79	75	74	76	76	77	75	79
Tekirdağ	33	30	30	30	52	61	62	61	34	62
Tokat	54	61	59	56	60	53	50	53	59	63
Trabzon	27	26	31	29	30	28	22	22	28	26
Tunceli	46	42	61	60	67	67	69	71	56	61
Uşak	45	43	50	59	38	37	43	26	23	31
Van	40	46	48	42	43	35	59	62	64	65
Yalova	4	6	4	4	3	8	10	3	3	5
Yozgat	66	63	66	69	48	64	55	60	62	59
Zonguldak	13	17	14	16	18	17	25	27	24	21

Tablo 5'te bütün yıllardaki sıralamalar bir arada değerlendirildiğinde; İstanbul, Ankara, Kocaeli, Yalova, Eskişehir en iyi beş il olarak görülmektedir. Hakkâri, Muş, Ardahan, Şırnak, Mardin son 5 sıradaki iller olarak göze çarpmaktadır. Tablo 5 yardımı ile Türkiye'de 2001 – 2016 yılları arasındaki il belediyelerin çevrecilik performansına bakılabilir. İl bazında yıllar içinde artışlar ve düşüşler gözlenmiştir. Türkiye'de belediyelerin çevrecilik verileri bir arada değerlendirildiğinde yıllara göre ortalamalarının toplam çevrecilik hatalarının düştüğü tespit edilmiştir. Yıllara göre değişim Şekil 2' de verilmiştir.



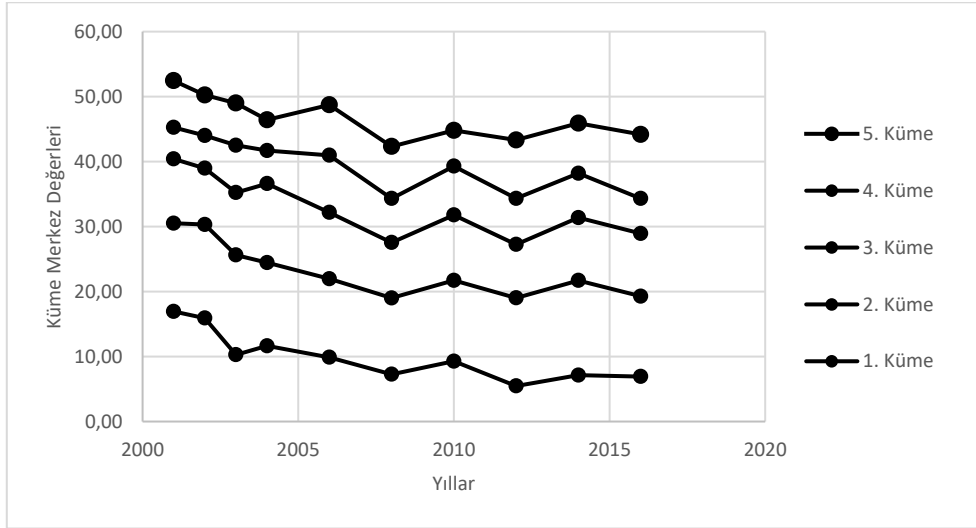
Şekil 2: Ortalama Toplam Hatanın Yıllara Göre Değişimi

Şekil 2 incelendiğinde, Türkiye genelinde belediye çevre hizmetlerinin yıllar geçtikçe bir önceki yıla göre daha iyiye gitmiştir. Bir önceki veri noktasına göre en yüksek gelişme (% ~7,36) ile 2012 yılında olmuştur.

5.2. Kümeleme Analizi ile Belediyelerin Çevrecilik Hatalarının Değerlendirilmesi

Kümeleme analizi, benzer verileri gruplamaya yarar. Her bir ilin benzer çevrecilik verilerinden oluşan toplam çevrecilik hataları, her yıl için tek boyutlu kümeleme analizi ile kümelenmiştir. Bu sayede, kümeleme analizi performans ölçümü için kullanılmıştır.

Kümeleme analizinde daha önce açıklanan ve kümeleme problemlerinde sıkça kullanılan K-ortalamar algoritması kullanılmıştır. K-ortalamar kümeleme analizinde kullanılacak olan en uygun 'k' sayısını belirlemek için Elbow yöntemi kullanılmıştır. Elbow yöntemi ile her bir yıl içinde toplam çevrecilik hatalarının 5 kümeye bölünmesi gerektiği tespit edilmiştir. Yılların toplam çevrecilik hata değerlerine kümelerin merkezlerinin değişimi Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3: Küme Merkezlerinin Yıllara Göre Değişimi

Şekil 3 incelendiğinde, ilgili yıllardaki küme merkezleri genelde yıllara göre azalmaktadır. Kümeleme analizi ile çalışılan yıllarda illerin dâhil olduğu kümeler tespit edilmiştir. En iyiden en kötü kümeye doğru sıralaması 1,2,3,4,5 şeklindedir. İllerin o yılda dâhil olduğu kümeler, Tablo 7' de verilmiştir.

Tablo 7: İllerin Yıllara Göre Dâhil Olduğu Kümeler

Coğrafi Bölge	İller	2001	2002	2003	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016
Akdeniz	Adana	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1
Güneydoğu Anadolu	Adıyaman	4	4	4	4	4	5	5	5	5	4
Ege	Afyonkarahisar	3	3	4	4	4	4	3	3	2	2
Doğu Anadolu	Ağrı	5	4	5	5	4	5	5	5	4	3
İç Anadolu	Aksaray	3	3	4	4	3	4	4	4	2	3
Karadeniz	Amasya	4	4	4	4	4	5	4	5	4	4
İç Anadolu	Ankara	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Akdeniz	Antalya	4	4	4	4	4	5	4	4	3	4
Doğu Anadolu	Ardahan	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Karadeniz	Artvin	4	4	4	4	3	4	3	4	3	4
Ege	Aydın	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3
Marmara	Balıkesir	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
Karadeniz	Bartın	4	4	4	4	4	3	3	3	2	2
Güneydoğu Anadolu	Batman	4	4	4	4	4	5	5	3	3	3
Karadeniz	Bayburt	3	4	4	4	4	5	4	5	4	3

Marmara	Bilecik	3	4	4	4	4	5	4	5	4	5
Doğu Anadolu	Bingöl	5	5	4	5	4	5	5	5	3	4
Doğu Anadolu	Bitlis	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4
Karadeniz	Bolu	3	3	4	3	4	5	2	1	1	1
Akdeniz	Burdur	4	4	4	4	4	5	4	4	3	3
Marmara	Bursa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Marmara	Çanakkale	2	2	3	3	3	4	3	3	2	2
İç Anadolu	Çankırı	4	4	4	5	4	5	4	2	2	2
Karadeniz	Çorum	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2
Ege	Denizli	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4
Güneydoğu Anadolu	Diyarbakır	4	2	2	2	2	2	1	2	1	1
Karadeniz	Düzce	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1
Marmara	Edirne	2	2	3	2	3	3	3	3	2	3
Doğu Anadolu	Elazığ	2	2	3	3	3	4	3	3	3	4
Doğu Anadolu	Erzincan	3	3	3	3	3	4	3	4	3	5
Doğu Anadolu	Erzurum	4	4	4	4	4	5	2	2	2	2
İç Anadolu	Eskişehir	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Güneydoğu Anadolu	Gaziantep	1	1	2	2	1	2	1	2	1	1
Karadeniz	Giresun	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5
Karadeniz	Gümüşhane	4	4	4	4	4	5	5	5	4	4
Doğu Anadolu	Hakkari	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Akdeniz	Hatay	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5
Doğu Anadolu	İğdir	4	4	4	3	4	5	5	5	5	5
Akdeniz	Isparta	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Marmara	İstanbul	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ege	İzmir	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1
Akdeniz	Kahramanmaraş	4	4	4	5	4	5	5	5	5	5
Karadeniz	Karabük	3	2	2	2	3	3	2	2	2	2
İç Anadolu	Karaman	3	3	4	4	4	4	3	4	3	3
Doğu Anadolu	Kars	4	4	4	4	4	5	4	4	3	3
Karadeniz	Kastamonu	3	3	4	3	4	4	3	4	3	3
İç Anadolu	Kayseri	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3
İç Anadolu	Kırıkkale	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
Marmara	Kırklareli	3	3	4	4	3	4	3	4	2	2
İç Anadolu	Kırşehir	4	4	4	5	4	5	4	4	3	3
Güneydoğu Anadolu	Kilis	4	4	4	4	4	3	2	2	1	1
Marmara	Kocaeli	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
İç Anadolu	Konya	3	3	3	3	4	4	3	3	3	4
Ege	Kütahya	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3
Doğu Anadolu	Malatya	4	4	4	3	3	4	3	4	4	4
Ege	Manisa	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3
Güneydoğu Anadolu	Mardin	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5
Akdeniz	Mersin	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2
Ege	Muğla	4	4	4	3	4	4	4	4	3	2
Doğu Anadolu	Muş	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
İç Anadolu	Nevşehir	4	4	4	4	4	5	3	3	2	2
İç Anadolu	Niğde	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4
Karadeniz	Ordu	5	5	5	5	4	5	4	4	3	3
Akdeniz	Osmaniye	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4
Karadeniz	Rize	5	4	4	3	3	3	3	3	3	2
Marmara	Sakarya	2	2	2	1	2	1	1	2	2	2
Karadeniz	Samsun	2	2	2	2	2	3	2	2	3	2
Güneydoğu Anadolu	Siirt	4	4	4	4	4	5	4	3	1	2
Karadeniz	Sinop	3	3	4	4	4	5	5	5	3	4
İç Anadolu	Sivas	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2
Güneydoğu Anadolu	Şanlıurfa	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3
Güneydoğu Anadolu	Şırnak	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5

Marmara	Tekirdağ	3	3	3	3	4	5	4	4	2	4
Karadeniz	Tokat	4	4	4	4	4	5	4	4	3	4
Karadeniz	Trabzon	3	3	3	3	3	4	2	2	2	2
Doğu Anadolu	Tunceli	4	4	4	4	4	5	5	5	3	4
Ege	Uşak	4	4	4	4	4	4	3	3	2	2
Doğu Anadolu	Van	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Marmara	Yalova	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
İç Anadolu	Yozgat	4	4	4	5	4	5	4	4	4	4
Karadeniz	Zonguldak	2	2	2	2	2	3	2	3	2	2

Tablo 7 incelendiğinde, gelişme göstererek daha iyi kümeye geçen veya gerileyerek daha kötü kümeye geçen iller gözlenebilir. Çalışmada, İstanbul, Ankara, Bursa ve Eskişehir her yıl birinci kümede olmayı başarmışlardır. Bu illerden sonra gelen en başarılı beş il ise Kocaeli, Yalova, Düzce, Gaziantep ve Adana'dır. Ardahan, Hakkâri, Muş illeri ise sürekli 5. Kümede yer alarak analiz edilen yıllarda daha iyi bir kümeye geçme başarısı gösterememişlerdir. Bu illeri takip eden Şırnak, Mardin, Giresun, Bitlis, Kahramanmaraş, Hatay, Bingöl ve Ağrı illeri de kümeleme analizi açısından başarısız bulunmuş iller olarak sıralanmaktadır. Coğrafi bölgeler olarak incelendiğinde, Marmara bölgesinin kümeleme analizinde en başarılı bölge olduğu görülmektedir. Marmara bölgesini İç Anadolu, Ege, Karadeniz, Akdeniz, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu bölgeleri takip etmektedir.

Tablo 7'de ağırlıklandırılmış toplam çevrecilik hatalarına göre tek boyutlu kümeleme yapılmıştır. Ağırlıklandırılmış çevrecilik hataları toplanmadan altı kriter bir arada değerlendirilerek kümeleme analizi de yapılabilir. Örnek olarak, Tablo 8'de 2016 yılı için ağırlıklandırılmış çevrecilik hata matrisi görülmektedir.

Tablo 8: 2016 Yılı Ağırlıklandırılmış Çevrecilik Hata Matrisi

İller	Yıl	k1	k2	k3	k4	k5	k6
Adana	2016	0,66	0,00	0,74	0,54	3,67	0,38
Adıyaman	2016	0,00	0,36	5,78	0,43	25,93	0,00
Afyonkarahisar	2016	0,03	0,18	3,27	0,43	15,19	0,57
Ağrı	2016	1,38	0,54	12,52	1,19	8,91	0,38
Aksaray	2016	0,00	0,00	9,56	0,11	26,19	0,19
Amasya	2016	5,98	0,00	0,59	0,43	0,79	0,00
Ankara	2016	1,33	0,36	2,95	2,17	26,19	0,00
Antalya	2016	0,00	0,36	14,75	2,61	26,19	0,38
Ardahan	2016	0,26	0,00	14,75	0,98	19,64	0,57
Artvin	2016	0,54	0,54	3,69	2,72	21,22	0,57
Aydın	2016	0,00	0,00	14,75	1,52	11,00	1,14
Balıkesir	2016	0,56	0,18	4,44	1,63	14,67	0,19
Bartın	2016	0,44	0,18	13,60	0,33	7,33	0,19
Batman	2016	0,15	0,54	2,32	0,54	25,15	0,57
Bayburt	2016	0,00	0,18	3,11	0,54	26,19	0,00
Bilecik	2016	0,44	0,00	13,52	0,22	26,19	0,38
Bingöl	2016	0,08	0,36	5,43	0,43	26,19	0,57
Bitlis	2016	0,00	0,18	9,41	1,41	25,93	0,19
Bolu	2016	0,77	0,90	1,74	0,00	6,55	0,00
Burdur	2016	1,17	0,00	3,07	1,09	26,19	0,00
Bursa	2016	1,03	0,00	0,29	0,22	8,64	0,00
Çanakkale	2016	0,70	0,00	4,42	3,26	26,19	0,19
Çankırı	2016	0,26	0,36	0,74	0,54	2,36	0,57
Çorum	2016	0,00	0,00	3,69	1,09	5,24	0,19
Denizli	2016	0,47	0,00	13,27	0,54	13,88	0,57
Diyarbakır	2016	0,05	0,36	5,19	1,19	25,93	0,19
Düzce	2016	0,00	0,00	14,35	0,76	26,19	0,00

Edirne	2016	0,00	1,80	3,35	2,17	8,38	0,00
Elazığ	2016	0,78	0,18	0,29	0,22	5,76	0,00
Erzincan	2016	0,46	0,00	2,09	0,54	9,17	0,00
Erzurum	2016	0,00	0,72	10,24	2,06	25,67	1,33
Eskişehir	2016	0,00	1,26	6,87	0,54	24,62	0,76
Gaziantep	2016	0,00	0,18	14,75	8,15	26,19	1,71
Giresun	2016	0,12	0,18	10,12	2,72	25,93	0,57
Gümüşhane	2016	1,07	0,00	2,65	0,11	12,57	0,00
Hakkari	2016	0,00	0,00	14,75	2,50	26,19	1,52
Hatay	2016	0,12	0,36	13,42	3,80	25,93	0,38
Iğdır	2016	0,07	0,00	1,93	0,22	14,14	0,00
Isparta	2016	1,14	0,00	2,15	1,19	26,19	0,00
İstanbul	2016	0,00	0,00	13,05	1,09	14,93	0,57
İzmir	2016	0,40	0,36	11,21	0,87	15,98	0,76
Kahramanmaraş	2016	0,27	0,18	1,99	0,65	26,19	0,19
Karabük	2016	0,99	0,00	4,22	0,00	2,88	0,00
Karaman	2016	0,99	0,00	0,15	0,11	1,83	0,00
Kars	2016	0,40	0,00	6,61	3,26	22,53	0,19
Kastamonu	2016	0,12	0,00	4,94	0,33	21,22	0,00
Kayseri	2016	0,36	0,00	2,67	0,33	18,86	0,19
Kırıkkale	2016	0,00	0,00	3,23	0,22	2,36	0,00
Kırklareli	2016	0,07	0,36	1,96	0,54	26,19	0,00
Kırşehir	2016	0,36	0,36	3,95	1,30	26,19	0,00
Kilis	2016	0,50	0,18	10,91	1,41	15,98	0,76
Kocaeli	2016	0,57	1,98	14,56	2,17	26,19	4,56
Konya	2016	0,74	0,18	3,97	1,96	8,12	0,19
Kütahya	2016	1,08	0,18	3,39	2,50	16,24	0,00
Malatya	2016	0,00	0,54	14,75	2,93	26,19	0,57
Manisa	2016	0,29	0,18	4,14	0,87	16,50	0,38
Mardin	2016	0,29	0,54	7,29	2,06	22,53	0,38
Mersin	2016	1,03	2,34	3,10	2,28	14,14	5,13
Muğla	2016	0,05	0,72	7,34	2,50	26,19	0,76
Muş	2016	0,20	0,36	5,85	2,06	10,48	1,90
Nevşehir	2016	0,90	0,18	7,39	4,35	9,69	0,00
Niğde	2016	3,09	3,06	3,27	2,39	3,67	0,95
Ordu	2016	0,04	0,18	5,25	0,43	12,05	0,38
Osmaniye	2016	1,34	0,72	14,75	0,22	18,34	0,00
Rize	2016	0,30	0,00	3,70	0,22	13,10	0,00
Sakarya	2016	0,64	0,00	8,27	1,52	23,84	0,00
Samsun	2016	0,01	0,18	7,37	0,54	25,93	0,38
Siirt	2016	0,75	0,00	6,03	2,17	8,12	2,85
Sinop	2016	0,00	0,54	6,27	0,87	26,19	0,38
Sivas	2016	1,20	0,00	3,58	0,43	16,24	0,76
Şanlıurfa	2016	0,44	0,54	9,38	2,17	22,00	0,38
Şırnak	2016	0,79	0,00	1,00	0,54	2,88	0,00
Tekirdağ	2016	0,00	0,18	7,98	0,54	24,62	0,00
Tokat	2016	0,30	0,18	6,87	1,30	8,12	0,19
Trabzon	2016	0,88	0,00	2,23	0,43	14,14	0,19
Tunceli	2016	0,00	0,36	13,91	0,33	7,07	0,19
Uşak	2016	0,56	0,18	2,70	0,22	11,79	0,00
Van	2016	0,76	0,00	0,19	0,00	0,79	0,00
Yalova	2016	0,94	0,00	0,00	0,00	3,67	0,00
Yozgat	2016	0,05	0,54	13,73	4,35	8,38	0,95
Zonguldak	2016	0,00	0,18	14,75	1,41	26,19	2,47

Çalışmaya konu olan yıllara ait Tablo 8'e benzer 10 adet çevrecilik hata matrisi bulunmaktadır. Her bir yıl kendi içinde kümeleme analizine tabi tutulmuş ve illerin her bir yıldaki 6 kriterin

birlikte değerlendirildiği kümeleme sonuçları elde edilmiştir Yapılan analizde küme sayısı tek boyutlu kümeleme analizindeki gibi 5 olarak alınmıştır. Kümelemeler sıralanırken, kümelerdeki toplam hataların küme elemanlarına bölümü ile elde edilen ortalama küme puanları kullanılmıştır. Çalışmanın daha önceki kısmına benzer şekilde en iyi küme 1 en kötü 5 olarak alınmıştır. Sonuçlar Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9: Kriterlerin Birlikte Değerlendirildiğinde İllerin Yıllara Göre Dâhil Olduğu Kümeler

Coğrafi Bölge	İller	2001	2002	2003	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016
Akdeniz	Adana	3	5	2	1	1	1	1	1	1	1
Güneydoğu Anadolu	Adıyaman	3	5	5	5	5	4	4	4	5	5
Ege	Afyonkarahisar	3	5	5	5	4	3	3	2	2	3
Doğu Anadolu	Ağrı	4	5	5	5	5	4	4	4	3	4
İç Anadolu	Aksaray	2	2	4	3	2	2	5	2	3	4
Karadeniz	Amasya	3	5	5	5	5	4	4	4	5	5
İç Anadolu	Ankara	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Akdeniz	Antalya	4	4	3	4	4	3	3	3	4	5
Doğu Anadolu	Ardahan	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Karadeniz	Artvin	3	5	5	5	2	2	4	2	3	4
Ege	Aydın	2	4	3	4	4	3	3	3	4	3
Marmara	Balıkesir	3	5	4	3	2	2	1	2	2	3
Karadeniz	Bartın	3	5	5	5	5	2	1	2	3	4
Güneydoğu Anadolu	Batman	3	5	5	5	5	4	4	3	4	5
Karadeniz	Bayburt	3	5	5	5	5	4	4	4	5	5
Marmara	Bilecik	3	5	5	5	5	4	4	4	5	5
Doğu Anadolu	Bingöl	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5
Doğu Anadolu	Bitlis	4	5	5	5	5	4	5	4	5	5
Karadeniz	Bolu	3	5	5	5	5	4	1	1	1	1
Akdeniz	Burdur	3	5	5	5	5	4	4	3	4	5
Marmara	Bursa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Marmara	Çanakkale	1	3	4	3	2	2	4	2	2	3
İç Anadolu	Çankırı	3	5	5	5	5	4	4	2	3	4
Karadeniz	Çorum	2	2	2	3	2	3	1	2	2	2
Ege	Denizli	3	5	5	5	5	3	2	3	4	5
Güneydoğu Anadolu	Diyarbakır	3	3	2	1	2	2	1	1	1	1
Karadeniz	Düzce	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Marmara	Edirne	1	3	2	3	2	2	4	2	3	4
Doğu Anadolu	Elazığ	2	4	3	2	3	3	2	3	4	5
Doğu Anadolu	Erzincan	2	4	3	4	4	3	2	3	4	5
Doğu Anadolu	Erzurum	3	5	5	5	5	4	1	2	3	2
İç Anadolu	Eskişehir	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Güneydoğu Anadolu	Gaziantep	1	2	3	2	1	1	1	1	1	2
Karadeniz	Giresun	5	5	5	5	5	5	3	4	5	5
Karadeniz	Gümüşhane	3	5	5	5	5	4	4	4	5	5
Doğu Anadolu	Hakkâri	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Akdeniz	Hatay	4	5	5	4	4	3	3	4	5	5
Doğu Anadolu	İğdir	4	4	3	4	4	3	5	5	5	5
Akdeniz	Isparta	1	2	2	3	2	2	1	2	2	2
Marmara	İstanbul	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ege	İzmir	2	2	3	2	3	3	1	1	1	1
Akdeniz	Kahramanmaraş	3	5	5	5	5	4	4	4	5	5
Karadeniz	Karabük	3	4	3	2	3	3	2	1	2	3
İç Anadolu	Karaman	2	4	3	4	4	3	2	3	4	5
Doğu Anadolu	Kars	3	5	5	5	5	4	4	2	3	4
Karadeniz	Kastamonu	3	5	4	5	5	2	4	2	3	4
İç Anadolu	Kayseri	3	5	3	2	3	3	2	3	4	5
İç Anadolu	Kırıkkale	1	3	2	1	1	1	1	2	3	1

Marmara	Kırklareli	3	5	5	5	5	4	4	4	2	3
İç Anadolu	Kırşehir	4	5	5	5	5	5	3	3	4	5
Güneydoğu Anadolu	Kilis	3	5	5	5	5	2	1	2	1	1
Marmara	Kocaeli	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1
İç Anadolu	Konya	3	5	4	5	5	4	3	3	4	5
Ege	Kütahya	2	4	3	2	3	3	3	3	4	3
Doğu Anadolu	Malatya	3	5	5	2	3	3	2	3	4	5
Ege	Manisa	2	4	3	4	4	3	3	2	5	4
Güneydoğu Anadolu	Mardin	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5
Akdeniz	Mersin	1	3	2	3	2	1	1	1	1	2
Ege	Muğla	4	4	3	4	4	3	3	3	2	3
Doğu Anadolu	Muş	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
İç Anadolu	Nevşehir	3	5	5	5	5	4	3	3	2	3
İç Anadolu	Niğde	2	4	3	4	4	3	3	3	4	5
Karadeniz	Ordu	5	5	4	3	2	2	5	2	3	3
Akdeniz	Osmaniye	4	5	3	4	4	3	3	3	4	5
Karadeniz	Rize	5	3	4	3	2	2	1	2	3	2
Marmara	Sakarya	1	3	2	1	2	1	1	1	1	2
Karadeniz	Samsun	1	3	2	3	2	2	1	2	3	1
Güneydoğu Anadolu	Siirt	3	5	5	5	5	4	3	3	1	2
Karadeniz	Sinop	3	5	5	5	5	4	4	4	3	4
İç Anadolu	Sivas	3	5	5	5	5	2	1	2	2	2
Güneydoğu Anadolu	Şanlıurfa	2	4	2	3	2	2	1	2	3	4
Güneydoğu Anadolu	Şırnak	4	5	5	5	5	4	4	4	5	5
Marmara	Tekirdağ	3	5	5	5	5	4	4	4	3	5
Karadeniz	Tokat	3	5	5	5	5	4	3	3	4	5
Karadeniz	Trabzon	2	2	4	3	2	2	1	2	3	2
Doğu Anadolu	Tunceli	3	5	5	5	5	4	4	4	4	5
Ege	Uşak	3	5	5	5	4	3	3	3	2	3
Doğu Anadolu	Van	2	4	3	4	4	3	3	3	4	5
Marmara	Yalova	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
İç Anadolu	Yozgat	3	5	5	5	5	4	4	4	5	5
Karadeniz	Zonguldak	1	3	2	3	2	2	1	2	2	2

Tablo 9, Tablo 7'ye benzer şekilde illerin yıllara ait kümeleme analizine göre değişimini göstermektedir. Tablo 7'de 6 kriterin çevrecilik hataları toplanmış ve tek boyutlu kümeleme analizi sonuçları verilmiştir. Tablo 9'da ise 6 kriterin birlikte değerlendirildiği çevrecilik hatalarına göre illerin kümeleri görülmektedir.

Tablo 9 ve Tablo 7'de aynı yıllara ait sıralamalara spearman korelasyon testi uygulandığında, yıllara ait korelasyon sonuçları Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10: Korelasyon Sonuçları

	2001	2002	2003	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016	Ortalama
Korelasyon Sonuçları	0,90	0,83	0,85	0,83	0,89	0,86	0,87	0,89	0,92	0,90	0,87

Tablo 10 incelendiğinde tek boyutlu kümeleme analizi ile çok boyutlu kümeleme analizinin sonuçları arasındaki benzerlik bulunduğu görülmüştür. Bütün yılların kümeleme sıralamaları arasındaki korelasyonların ortalaması 0,87 bulunmuştur. Çok kriterin birlikte değerlendirildiği kümeleme analizi ve tek boyutlu kümeleme analizi arasında pozitif yönde güçlü bir ilişki olduğu söylenebilir.

6. Sonuç

Verilen hizmetler açısından kurumları değerlendirmek için Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerine ve uzman görüşlerine sıkça başvurulmaktadır. Ayrıca benzer hizmet veren kurumlar belirli özelliklerine göre kümeleme analizi ile gruplanmaktadır. Bu çalışmada, belediyelerin çevresel

hizmetleri ele alınmış ve çevresel hizmetleri ölçmek için altı kriter belirlenmiştir. Belirlenen altı kriterin AHP ile önem dereceleri belirlenmiştir. Bu önem dereceleri Türkiye'deki 81 il belediyesinin çevrecilik ölçüm değerleri ile birlikte değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda belediyelerin yıllar içinde Türkiye sıralamaları elde edilmiştir. Bu çalışmada da tek boyutlu kümeleme analizi ile belediyelerin sıralanmasında kullanılan değerler ile gruplandırılmıştır. En uygun küme sayısı, Elbow yöntemi ile '5' olarak bulunmuştur. En iyi kümenin 1 en kötü kümenin 5 olduğu durumda kümeleme analizi performans ölçüm aracı olarak kullanılmıştır. Çalışmada ele alınan yıllarda en iyi kümede İstanbul, Ankara, Bursa ve Eskişehir şehirleri; en kötü kümede ise Ardahan, Hakkâri, Muş şehirleri bulunmaktadır. Bu çalışmada kümeleme analizi gruplandırmanın yanı sıra performans ölçüm aracı olarak kullanılmıştır. Çalışmada illerin yanı sıra coğrafi bölgelerin de kümeleme analizi ile performansı değerlendirilmiştir. Marmara bölgesi en başarılı bölge olarak ortaya çıkmıştır.

İllerin yıllar içinde çevrecilik performansı, belediyelerin çevreci hizmetlerinin kalitesini de gösterdiği söylenebilir. Yıllar içinde değişen yönetimlerin veya belediye başkanlarının etkisine bakılarak yerel yönetimde belediye ve belediye başkanları performanslarına siyasi bir yorum getirilebilir. Büyükşehir belediyelerinin diğer şehir belediyelerine göre performansları incelenerek, büyükşehir olmanın etkisi ölçülebilir. Siyasi parti değişimin belediyeler üzerindeki etkisini ölçmek için yıllar içindeki parti değişimlerine bakılabilir. Belediye başkanının değişmesine göre performansına bakarak belediye başkanları hakkında fikir sahibi olunabilir. Bu çalışmada uzmanlar tarafından belirlenen kriterlerin ağırlıkları, aynı kriterleri kullanacak benzer çalışmalarda kullanılabilir.

Kaynaklar

- Bholowalia, Purnima; Kumar, Arvind (2014) "EBK-means: A Clustering Technique Based on Elbow Method and K-Means in WSN", *International Journal of Computer Applications*, 105(9), 17-24.
- Bostancı, Bülent (2016), "Belediye Hizmet Kalitesinin Bulanık AHS Ağırlıkları ile Nominal Değerlemesi", *Electronic Journal of Map Technologies*, 8(2), 110-130.
- Cieszynska, Monika; Wesolowski, Marek; Bartoszewicz, Maria; Michalska, Malgorzata; Nowacki, Jacek (2012), "Application of Physicochemical Data for Water-Quality Assessment of Watercourses in the Gdansk Municipality (South Baltic coast)", *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(4), 2017-2029.
- Güner, Samet (2017), "Toplu Ulaşım Sistemlerinde Operasyonel Etkinlik ve Hizmet Kalitesi Analizi", *Journal of Transportation and Logistics*, 2(2), 33-48.
- Güven, Ahmet; Şimşek, Gül (2018), "Yerel Yönetimlerin Sosyo Ekonomik Gelişimi ve Tanıtımı Açısından Film Platolarının Önemi: Midwood Örneği", *Journal of Turkish Court of Accounts/Sayıstay Dergisi*, (108).
- Hamurcu, Mustafa; Eren, Tamer (2015), "Ankara Büyükşehir Belediyesi'nde Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi ile Monoray Güzergâh Seçimi", *Transist*, 8, 410-419.
- Huang, Xiaohui; Ye, Yunming; Guo, Huifeng; Cai, Yi; Zhang, Haijun; Li, Yan (2014), "DSK-means: a New Kmeans-Type Approach to Discriminative Subspace Clustering", *Knowledge-Based Systems*, 70, 293-300.
- Kodinariya, Trupti M.; Makwana, Prashant R (2013), "Review on determining number of Cluster in K-Means Clustering", *International Journal*, 1(6), 90-95.
- Mustafa, Mustafa A.; Al-Bahar, Jamal F. (1991), "Project Risk Assessment Using the Analytic Hierarchy Process", *IEEE Transactions on Engineering Management*, 38(1), 46-52.
- Nydick, Robert L.; Hill, Ronald P. (1992), "Using the Analytic Hierarchy Process to Structure the Supplier Selection Procedure", *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 28(2), 31-36.
- Olson, David L.; Delen, Dursun (2008), *Advanced Data Mining Techniques*. Springer Science & Business Media.
- Ramanathan, R. (2001), "A Note on the Use of The Analytic Hierarchy Process for Environmental Impact Assessment", *Journal of Environmental Management*, 63(1), 27-35.
- Ray, Siddheswar; Turi, Rose H. (1999, December), "Determination of Number of Clusters in K-Means Clustering and Application in Colour Image Segmentation". *In Proceedings of The 4th International Conference on Advances in Pattern Recognition and Digital Techniques*, 137-143.
- Saaty, Thomas L. (2008), "Decision Making with the Analytic Hierarchy Process". *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98.
- Syakur, M. A.; Khotimah, B. K.; Rochman, E. M. S.; Satoto, B. D. (2018, April), "Integration K-Means Clustering Method and Elbow Method for Identification of the Best Customer Profile Cluster", In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, IOP Publishing, 336(1), 1-6.
- Tucker, Conrad S.; Kim, Harrison. M.; Barker, Douglas E.; Zhang, Yuanhui (2010), "A Relief Attribute Weighting and X-means Clustering Methodology for Top-Down Product Family Optimization", *Engineering Optimization*, 42(7), 593-616.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr> (Erişim Tarihi: 03.01.2019)
- Vaidya, Omkarprasad S.; Kumar, Sushil (2006), "Analytic Hierarchy Process: An Overview of Applications", *European Journal of Operational Research*, 169(1), 1-29.
- Witten, Ian H.; Frank, Eibe; Hall, Mark A. (2016), *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques*, Morgan Kaufmann.
- Zengin, Eyüp (2009), "Yerel Yönetimler ve Çevre", *Journal of Qafqaz University*, 26, 116-123.
- Zha, Hongyuan; He, Xiaofeng; Ding, Chris; Gu, Ming; Simon, Horst (2002), "Spectral Relaxation for K-Means Clustering", *In Advances in Neural Information Processing Systems*, 1057-1064.
- Zülfikar, Haluk; Beken, Nalan (2014), "Belediyeler ve Çevre Hizmetleri Üzerine Analitik Bir Bakış: Türkiye Örneği". *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi*, (66-67), 75-100.

Extended Summary

Using K-means Cluster Analysis for Assessment of Environmental Services of Municipalities

Municipalities have become important and indispensable units of public administration in all countries. While these units provide services such as cleaning, sewerage, garbage collection and transportation to meet the daily needs of the public, they also carry out many important tasks such as education, health and infrastructure, which are of great importance for the country's development. In addition to the increasing service demands of the urban population as a result of rapid urbanization, population growth and migration, new service demands of the population, which emerged through technological development, are also met by local governments. The idea of the provision of services by local and closest administrative units around the world increases the importance of local administrations (municipalities).

In this study, although municipalities have many duties and responsibilities, 81 provinces municipalities in Turkey is evaluated in terms of environmental services. In this study, Turkey Statistical Institute (TSI), published by the related municipal services between the years 2001-2016 statistics were used.

In order to measure the environmental services of municipalities; waste disposal rate, proportion of municipal population served with waste service, proportion of municipal population served by waste water treatment plant, proportion of municipal population served by sewerage network, proportion of municipal population served by drinking water treatment plant, service by drinking and utility water network the proportion of the given municipal population was determined as criteria.

Analytical Hierarchy Process (AHP), which is one of the Multi Criteria Decision Making (CCP) methods, was used to determine the weights of the criteria. The result of AHP shows that, the proportion of municipal population served by drinking water treatment plant has the highest weight, while the proportion of municipal population served by sewerage network has the lowest weight. Total environmental errors were calculated by multiplying the weights of all criteria and the values of the related years. Decreasing the error of the year comparing to previous year means that; the municipality has achieved better environmental values than the previous year.

According to calculated total environmental error; Diyarbakır, Adana, Kilis, Rize and Bolu provinces were determined to be the top 5 provinces showing the most development from year 2001 to 2016. When the rankings in all years are evaluated together, in terms of environmental performance; Istanbul, Ankara, Kocaeli, Yalova, Eskisehir are seen as the top five provinces. Hakkâri, Mus, Ardahan, Şırnak and Mardin are the last 5 provinces. According to calculated total environmental error of all Turkey municipalities, there is a decrease in the relevant years.

In this study, clustering analysis was also used to evaluate the environmental errors of municipalities. With clustering analysis, the data is divided into similar groups. Total environmental errors, which consist of similar environmental data of each province, were clustered with one-dimensional clustering analysis for each year. The K-means algorithm, which is frequently used in clustering problems, is used in this study. Elbow method was used to determine the most appropriate 'k' number in the K-means cluster analysis. It was determined that total environmental errors should be divided into 5 clusters in each year. Clustering analysis identified clusters including provinces in the years studied. We set the ranking from one to five, 1 best cluster, 5 worst cluster. According to the clustering analysis, when the clusters including the provinces are examined, it can be observed that the provinces have moved to a better cluster or a lower cluster. Istanbul, Ankara, Bursa and Eskisehir have managed to be in the first cluster each year. Şırnak, Mardin, Giresun, Bitlis, Kahramanmaraş, Hatay, Bingöl and Ağrı were also sorted to be unsuccessful in terms of cluster analysis. When the geographical regions are analyzed, it is seen that Marmara region is the most successful region in cluster analysis. Marmara region was followed by İç Anadolu, Ege, Karadeniz, Akdeniz, Güney Anadolu and Doğu Anadolu regions.

In this study, weighted environmental errors were evaluated together with six criteria and multidimensional clustering analysis was performed. Clusters including provinces were also determined by multidimensional analysis. It was observed that the analysis yielded similar results with the one-dimensional clustering analysis. The similarity was revealed by correlation results. The average of the correlations between two clustering analyzes was found (0,87). Thus, it can be said that there is a strong positive relationship between the two analyzes.

As a result, environmental services of municipalities are discussed. Six criteria have been identified to measure environmental services. With municipal statistics and AHP weights, environmentalism services in Turkey's 81 provinces are calculated. These measurements were obtained over the years as a result of municipal rankings in Turkey. In this study, the values used in the ranking of municipalities are grouped with one-dimensional clustering analysis. The best number of clusters was found to be 5 by Elbow method. Cluster analysis was used as a performance measurement tool when the best cluster named "1" and the worst cluster named "5". In this study, Istanbul, Ankara, Bursa and Eskisehir were the best cities in clustering analysis in the years discussed; Ardahan, Hakkâri and Muş are the worst cities in the

worst clusters. In the study, the performance of geographic regions was also evaluated by cluster analysis. Marmara region has emerged as the most successful region. As a result of this study, municipalities which has poor performance can take consideration in to the criteria so can improve their environmental services. Thus, managers who increase this environmental service may be more advantageous in future elections.

In the future it may be improved by adding different criteria in addition to this study. Different weighting methods can be used other than AHP. With the help of the results obtained, the performance of the provinces can be evaluated and the results can be compared. With the findings obtained, the superiority and weaknesses of the provinces against each other can be examined and decisions can be taken by the municipal administration. At the same time, political party leaders can make decisions about mayors and their administrations based on environmentalism measures.