



Stokastik çok kriterli kabul edilebilirlik analizi ile bitkisel atık yağ toplama kutuları için yer seçimi

Site selection for waste vegetable oil collection boxes using stochastic multicriteria acceptability analysis

Aslı Çalış Boyacı^{1,*} 

¹ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 55139, Samsun, Türkiye

Özet

Teknolojideki gelişmeler ve sanayileşme ile birlikte ortaya çıkan hızlı kentleşme ve nüfus artışı, tüm dünyada insan faaliyetlerini hızla artırmaktadır. Artan tüketim eğilimi sonucu oluşan atıklar, çevre ve insan sağlığını tehdit eder hale gelmiştir. Bitkisel atık yağlar, ekotoksik özellikleri nedeniyle çevre ile uyumlu olarak yönetilmesi gereken atıklar arasında yer almaktadır. Bu çalışmada, Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi-2 (SMAA-2) yöntemi ile bitkisel atık yağların geri kazanımını artırmak üzere tasarlanan bitkisel atık yağ toplama kutuları için Samsun iline bağlı Atakum ilçesinde yer seçimi hedeflenmektedir. Nüfus yoğunluğu, tramvay istasyonlarına yakınlık, okullara yakınlık, parklara yakınlık gibi kriterlerin uzmanlar tarafından önem derecelerine göre sıralandığı çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımlarından ArcGIS ile belirlenen 11 alternatif yer SMAA-2 yöntemi ile sıralanmaktadır.

Anahtar kelimeler: Bitkisel atık yağ, ÇKKV, SMAA-2

Abstract

Rapid urbanization and population growth that have resulted from technological development and industrialization are increasing human activities all over the world. The waste generated as a result of the increasing consumption trend has become threatening to the environment and human health. Waste vegetable oil is among the waste that must be managed in harmony with the environment due to its ecotoxic properties. In this study, it is aimed to determine suitable locations in Atakum district of Samsun province for waste vegetable oil collection boxes designed to increase the recovery of waste vegetable oils with the Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis-2 (SMAA-2) method. In the study, criteria such as population density, proximity to tram stops, proximity to schools, and proximity to parks are ranked by experts according to their degree of importance. 11 alternative locations determined by ArcGIS, one of the Geographic Information Systems (GIS) software, are ranked using the SMAA-2 method.

Keywords: Waste vegetable oil, MCDM, SMAA-2

1 Giriş

Teknolojik gelişmeler ve sanayileşme kaynaklı hızlı kentleşme ve nüfus artışı, tüm dünyada insan faaliyetlerini hızla artırmaktadır. Bu süreçte, artan tüketim eğilimine bağlı olarak oluşan atıklar çevreyi ve insan sağlığını tehdit etmektedir [1, 2]. Günümüzde çevre teknolojileri ve uygulamaları ile çeşitli faaliyetler sonucunda oluşan atıkların maddi değeri olan ürünlere dönüştürülebilmesi mümkündür. Yağ sektörü atıkları, hammadde geri kazanım potansiyelleri ve kalorifik değerlerinden ötürü geri dönüşüme uygun olan en önemli atık gruplarından biri olarak ifade edilmektedir [3].

Dünyada gıda olarak tüketilen yağlar büyük oranda bitkisel kökenli olup ülkemizde de bitkisel yağ tüketimi dünyadaki gelişmelere paralel olarak artış göstermektedir [4, 5]. Ülkemizde yıllık yaklaşık 1.7 milyon ton bitkisel yağ tüketilmekte olup 2017 yılında 32 bin ton bitkisel atık yağ geri kazanılmak üzere toplanmıştır [6, 7]. Bitkisel atık yağların evsel atıklarla birlikte atılması, kanalizasyon sistemine verilmesi veya kontrolsüz bir şekilde açık alanlara bırakılması oldukça sakıncalıdır. Bu alanlara dökülen atık yağlar kanalizasyon sistemi gibi kolektör sistemlerini tıkayabilmekte, yeraltı sularını kirleterek arıtma tesisi maliyetlerini artırabilmektedir [6]. Aksin vd. kanalizasyona dökülen yalnızca bir litre atık yağın bir milyon litre suyu kirletmeye yeterli olduğunu belirtmiştir [8].

Bitkisel atık yağlar, ekotoksik özellikleri nedeniyle çevre ile uyumlu olarak yönetilmesi gereken atıklar arasında yer almaktadır. Bu bağlamda, bitkisel atık yağların üretiminden bertarafına kadar çevreye zarar verecek biçimde doğrudan veya dolaylı olarak alıcı ortama verilmesini önlemek, bu atık yağların yönetiminde gerekli teknik ve idari standartları oluşturmak, geçici depolama, geri kazanım ve bertaraf tesislerini çevreyle uyumlu yönetmek amacıyla "Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği" Nisan 2005'te Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir [6, 9]. Yönetmeliğe göre bitkisel atık yağların toplanması, toplama lisanslı geri kazanım tesisleri ile geçici depolama iznine sahip toplayıcılar tarafından gerçekleştirilmekte olup toplanan atık yağlar endüstride kullanılmak üzere külçe sabun, stearin gibi yarı mamul ürünlerin ve sabun, biyodizel gibi nihai ürünlerin üretiminde kullanılmak suretiyle geri kazanılmaktadır [6].

Bu çalışmada, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi-2 (SMAA-2) yöntemi ile bitkisel atık yağların geri kazanımını artırmak üzere tasarlanan bitkisel atık yağ toplama kutuları için Samsun iline bağlı Atakum ilçesinde yer seçimi hedeflenmektedir. 2019 yılında nüfusu 215633 olan Atakum, son 5 yılda yıllık %6.4 büyüme ile Samsun ilinin en yüksek nüfus artış hızına sahip ilçesidir [10]. Nüfus artışına bağlı olarak son yıllarda Atakum'da oluşan atık

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: asli.calis@omu.edu.tr (A. Çalış Boyacı)
Geliş / Recieved: 15.10.2020 Kabul / Accepted: 14.11.2020 Yayımlanma / Published: 15.01.2021
doi: 10.28948/ngumuh.811240

miktarı hızla artmaktadır. Atık yağların geri kazanımı için mevcut durumda bitkisel atık yağ toplama kutuları, halktan gelen talep doğrultusunda belirlenen noktalara konulmaktadır. Bu çalışmada, uzman görüşleri doğrultusunda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımlarından ArcGIS ile belirlenen alternatif yerlerin, nüfus yoğunluğu, tramvay istasyonlarına yakınlık, okullara yakınlık, parklara yakınlık gibi kriterlere göre SMAA-2 yöntemi ile sıralanması söz konusudur. SMAA-2 yöntemi, kriter ağırlıklarının deterministik olarak belirlenemediği yada karar vericilerin kriter ağırlıkları üzerine ortak bir değerde uzlaşmadığı durumlar için aralık değerler girilmesine veya kriterlerin önem derecelerine göre sıralanmasına müsaade etmektedir. Bu yönüyle önerilen yöntemin, bu çalışmada ele alınan problemin yapısı ile uyumlu olduğunu söylemek mümkündür.

SMAA-2 yöntemi literatürde, liman yeri seçimi [11], elektrik dağıtıcısı için stratejik karar verme [12], makineli tüfek seçimi [13], afet lojistiği kapsamında dağıtım merkezi için yer seçimi [14], bilimsel araştırma konusu seçimi [15], imalat sanayi sektörlerinin değerlendirilmesi [16], bakım/onarım alternatiflerinin değerlendirilmesi [17], tersine lojistik opsiyon seçimi [18], zihinsel iş yükünün değerlendirilmesi [19], tedarikçi seçimi [20], eğitim göstergeleri açısından bölgelerin değerlendirilmesi [21], akrobasi uçağı seçimi [22], feribot taşımacılığında alternatif teknolojilerin değerlendirilmesi [23], sismik şiddet ölçüm alternatiflerinin değerlendirilmesi [24] gibi farklı alanlardaki birçok problemin çözümünde kullanılmıştır. Ancak bilindiği kadarıyla, SMAA-2 yöntemi bitkisel atık yağ toplama kutuluları için yer seçimi amacıyla literatürde ilk kez bu çalışmada kullanılmaktadır.

2 SMAA-2 yöntemi

SMAA, temeli ağırlık uzayını keşfetmeye dayanan çok kriterli bir karar destek tekniği olarak Lahdelma vd. tarafından 1998 yılında geliştirilmiştir [25]. SMAA, karar vericilerden alternatiflerin kriterler bazındaki değerlerinin ve/veya kriter ağırlıkları temin edilemediği, eksik ya da belirsiz olduğu kesikli ÇKKV problemlerinin çözümüne olanak sağlamaktadır [11]. Bu tür problemlerin üstesinden gelmek için SMAA yöntemi, ters ağırlık uzayı yaklaşımını kullanmaktadır [26, 27].

SMAA yönteminde, kabul edilebilirlik indisi, merkezi ağırlık vektörü ve güvenilirlik faktörü olmak üzere üç ölçek tanımlanmaktadır [11, 28]. SMAA yöntemindeki kabul edilebilirlik indisi, alternatifleri sıralama amaçlı düzenleme, sınıflandırır. Bu eksikliğin üstesinden gelmek için Lahdelma ve Salminen, 2001 yılında SMAA yöntemini, alternatiflerin en iyiden en kötüye her bir sıralaması için ağırlık vektörü kümelerine genişleterek SMAA-2 yöntemini geliştirmişlerdir [11]. SMAA-2, tüm alternatifleri sıralarken aynı zamanda en iyi alternatifini de ortaya çıkardığı için uygulamalarda öne çıkmaktadır.

SMAA-2, SMAA'yı tüm sıralamaları dikkate alacak şekilde genişletirken, beş yeni tanımlayıcı ölçü ortaya çıkarmaktadır. Bunlar; sıra kabul edilebilirlik indisi, üç en iyi sıra tipi ölçüğü ve tümleşik kabul edilebilirlik indisidir. SMAA-2 yönteminde, her alternatifin sıralaması en iyi

(=1)'den en kötü (=m)'ye Denklem (1)'de verilen sıralama fonksiyonu ile tanımlanır [11, 28].

$$\text{rank}(\xi_i, w) = 1 + \sum_k \rho(u(\xi_k, w) > u(\xi_i, w)) \quad (1)$$

Bu fonksiyonda $\rho(\text{true}) = 1$ ve $\rho(\text{false}) = 0$ kuralı geçerlidir. SMAA-2 yöntemi, uygun sıra ağırlıkları kümelerinin analizini temel alır. Uygun sıra ağırlıkları $W_i^r(\xi)$, Denklem (2)'deki gibi tanımlanır.

$$W_i^r(\xi) = \{w \in W : \text{rank}(\xi_i, w) = r\} \quad (2)$$

Burada, bir $w \in W_i^r(\xi)$ ağırlığı faydaları alternatiflere öyle bir şekilde tahsis eder ki alternatif x_i , r sırasını alır [11].

Sıra kabul edilebilirlik indisi: Sıra kabul edilebilirlik indisi b_i^r , x_i alternatifine r sırasını veren farklı ağırlıkların bir ölçüsüdür. Başka bir ifade ile alternatifleri, belirli bir sıra için kabul edilebilir kılan tüm uygun ağırlıkların payı olup genellikle yüzde cinsinden ifade edilir. Sıra kabul edilebilirlik indisi, kriter dağılımları ve uygun sıra ağırlıkları üzerinde çok boyutlu integrallerle Denklem (3)'teki gibi hesaplanır [11, 29].

$$b_i^r = \int_X f(\xi) \int_{W_i^r(\xi)} f(w) dw d\xi \quad (3)$$

Sıra kabul edilebilirlik indisi [0,1] aralığında olup 0, alternatifin hiçbir zaman verilen sıralamayı sağlamayacağını, 1 ise seçilen herhangi bir ağırlık için verilen sıralamanın her zaman sağlanacağını gösterir [28, 29].

k-en iyi sıra indisleri: Sıra kabul edilebilirlik indisleri, alternatiflerin performansı için temel göstergelerdir. Alternatiflerin sayısı fazla olduğunda, karar verme sürecinin erken safhasında alternatifleri *k-en iyi sıra (kbr) kabul edilebilirlikleri* şeklinde Denklem (4)'teki gibi toplamak uygun olur [28].

$$a_i^k = \sum_{r=1}^k b_i^r \quad (4)$$

Uygun ağırlık uzayının beklenen ağırlık merkezi olarak tanımlanan *merkezi ağırlık vektörü* (w_i^c) de benzer bir şekilde *merkezi kbr ağırlık vektörü* (w_i^k)'ne Denklem (5)'teki gibi genişletilebilir. kbr ağırlık vektörü, bir alternatifin k-en iyiler arasında olduğunu düşünen bir karar vericinin tercihlerini tanımlar [28].

$$w_i^k = \frac{1}{a_i} \int_{\xi \in X} f_X(\xi) \sum_{r=1}^k \int_{w \in W_r^f(\xi)} f_W(w) w dw d\xi \quad (5)$$

Bir alternatifin, merkezi ağırlık vektörü ile ifade edilen tercihlerle, tercih edilen alternatif olma ihtimali olarak tanımlanan *güvenilirlik faktörü* (p_i^c), benzer bir şekilde *kbr güvenilirlik faktörü* (p_i^k)'ne **Denklem (6)**'daki gibi genişletilebilir [28].

$$P_i^k = \int_{\xi \in X: \text{rank}(i, \xi, w_i^k) \leq k} f_X(\xi) d\xi \quad (6)$$

Tümleşik kabul edilebilirlik indisi: Her alternatif için sıra kabul edilebilirlik indislerinin birleştirilmesi ile tümleşik kabul edilebilirlik indisleri (a_i^h), **Denklem (7)**'deki gibi elde edilmektedir.

$$a_i^h = \sum_r a^r b_i^r \quad (7)$$

Burada, a^r meta ağırlık olarak ifade edilmekte olup, meta ağırlıkları seçmenin birçok yolu mevcuttur. Meta ağırlık negatif olmamalı, normalize edilmiş olmalı ve sıra değerindeki artışla artmamalıdır ($a^1 \geq a^2 \geq \dots \geq a^m \geq 0$) [11].

3 Uygulama

3.1 Problemin tanımı

Bu çalışmada, SMAA-2 yöntemi ile Atakum'da bitkisel atık yağ toplama kutuları için yer seçimi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda öncelikle üç kişiden oluşan uzman ekip tarafından yer seçimine ilişkin altı kriter belirlenmiştir. Kriterlere ilişkin detaylar aşağıdaki gibidir.

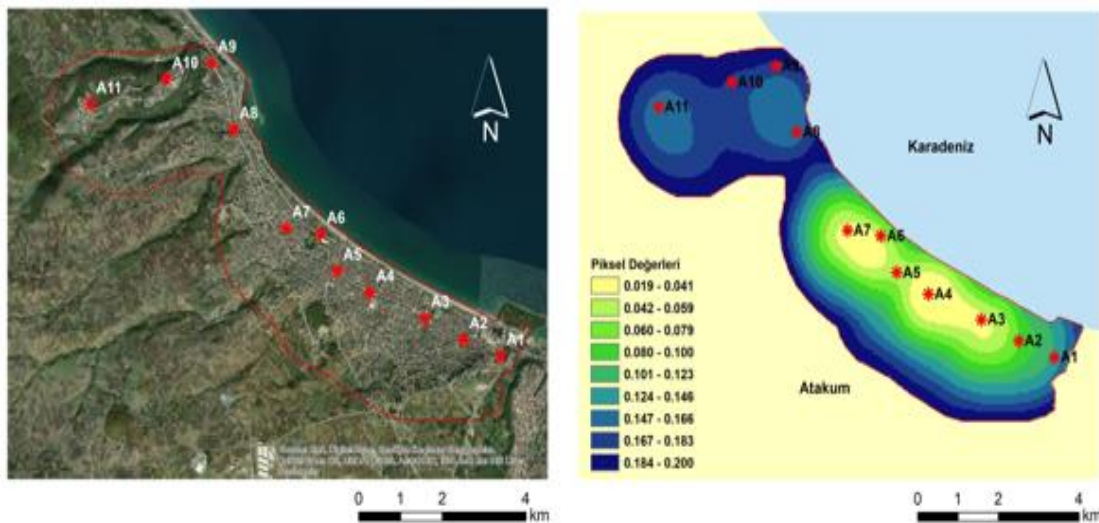
- Kriter 1 (K1): Nüfus yoğunluğu
- Kriter 2 (K2): Alışveriş merkezlerine yakınlık
- Kriter 3 (K3): Tramvay istasyonlarına yakınlık
- Kriter 4 (K4): Okullara yakınlık
- Kriter 5 (K5): Parklara yakınlık
- Kriter 6 (K6): Kamu kurumlarına yakınlık

Burada, K1 fayda yönlü iken diğer kriterler maliyet yönlüdür. Yukarıdaki bilgiler ışığında, bitkisel atık yağ toplama kutuları için uzmanlar tarafından belirlenen 11 alternatif yer **Şekil 1**'de gösterilmektedir. ArcGIS yazılımı kullanılarak gerçekleştirilen Öklidyen Mesafe Analizi ve Kernel Yoğunluk Analizi sonucu bu alternatiflere ilişkin normalize edilmiş piksel değerleri ile oluşturulan karar matrisi **Tablo 1**'de sunulmaktadır.

3.2 Alternatiflerin SMAA-2 ile sıralanması

SMAA-2 yönteminin el ile çözümü oldukça zor olup çözüm için çoğunlukla açık kaynaklı JSMAA yazılımı kullanılmaktadır [30]. SMAA-2, JSMAA'nın basit ara yüzleri ve nesne kütüphaneleri sayesinde kolaylıkla uygulanabilmektedir. Çalışmada JSMAA'nın 1.0.3 versiyonu kullanılmıştır [31].

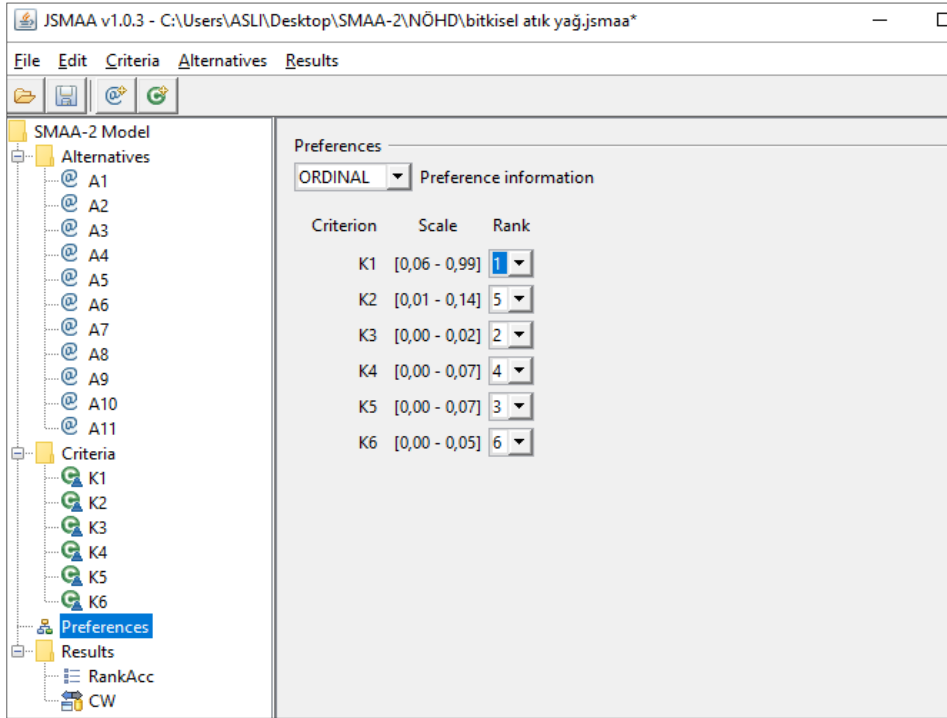
JSMAA yazılımında alternatif ve kriterlere ilişkin değerler girildikten sonra tercih (Preference) türü seçilmelidir. Yazılımda 'Missing', 'Ordinal' ve 'Cardinal' olmak üzere üç farklı tercih türü mevcuttur. 'Missing' tercihi kriterlere ilişkin herhangi bir ağırlık değeri ya da sıralamanın olmadığı durumda, 'Cardinal' tercihi ağırlık bilgisinin var olduğu durumda ve 'Ordinal' tercihi ise karar verici tarafından belirlenen bir sıralamanın mevcut olduğu durumda kullanılmaktadır. Bu çalışmada kriterler, uzman ekip tarafından önem derecelerine göre $K1 > K3 > K5 > K4 > K2 > K6$ şeklinde sıralandığı için tercih türü olarak 'Ordinal' ifadesi seçilmiştir (**Şekil 2**). Ayrıca, kriterlerin fayda ya da maliyet yönlü olma durumlarına göre tercih durumlarının (Ascending/Descending) belirtilmesi gerekmektedir. Çalışmada, K1 fayda yönlü kriter olduğu için sadece bu kriterle ilişkin veri girişi yapılırken 'Ascending' ifadesindeki onay kaldırılmamıştır.



Şekil 1. Bitkisel atık yağ toplama kutuları için belirlenen alternatif yerler

Tablo 1. Karar matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1	0.335	0.068	0.009	0.009	0.013	0.017
A2	0.631	0.034	0.004	0.003	0.020	0.028
A3	0.836	0.023	0.006	0.021	0.007	0.005
A4	0.992	0.021	0.002	0.013	0.022	0.054
A5	0.799	0.046	0.003	0.008	0.019	0.037
A6	0.846	0.071	0.020	0.023	0.010	0.002
A7	0.978	0.103	0.003	0.004	0.041	0.033
A8	0.293	0.141	0.006	0.008	0.040	0.050
A9	0.138	0.122	0.006	0.016	0.032	0.012
A10	0.059	0.080	0.004	0.037	0.003	0.005
A11	0.217	0.005	0.002	0.066	0.074	0.014



Şekil 2. JSMAA yazılımında tercih bilgisi girişi

Alternatiflere ve kriterlere ilişkin veri girişleri tamamlandıktan sonra, 'Results' sekmesinden sonuçlar elde edilmektedir. Burada karşımıza sıra kabul edilebilirlik indisleri, güvenilirlik faktörleri ve merkezi ağırlık vektörlerine ilişkin değerler çıkmaktadır. Probleme ilişkin sıra kabul edilebilirlik indisleri Şekil 3'te sunulmaktadır. Sıra kabul edilebilirlik indisi, girilen tercih değerlerine göre alternatifleri sıralamaktadır. Şekil 3'teki sütun ve satırların birlikte değerlendirilmesiyle alternatiflere ilişkin genel sıralamanın elde edilmesi mümkündür. Birinci sütun incelendiğinde, alternatiflerden A4'ün %97 ve A3'ün %3 olasılıkla birinci sırada tercih edilebileceği görülmektedir. Diğer alternatiflerin birinci sırada tercih edilme olasılıkları

0'dır. Benzer şekilde son sütun incelendiğinde, A11'in %74, A9'un %19, A10'un %4, A8'in %3 ve diğer alternatiflerin 0 olasılıkla son sırada tercih edilebileceği görülmektedir. İlk sırada tercih edilme olasılığı en yüksek olan A4'ün yer aldığı satır incelendiğinde, bu alternatifin %97 olasılıkla birinci ve %3 olasılıkla ikinci sırada tercih edilebileceği görülmektedir. A4'ün diğer sıralarda yer alma olasılığı ise 0'dır. Tüm sütun ve satırlar birlikte değerlendirildiğinde, bitkisel atık yağ toplama kutuları için alternatif yerlerin aşağıdaki şekilde sıralanabileceğini söylemek mümkündür:

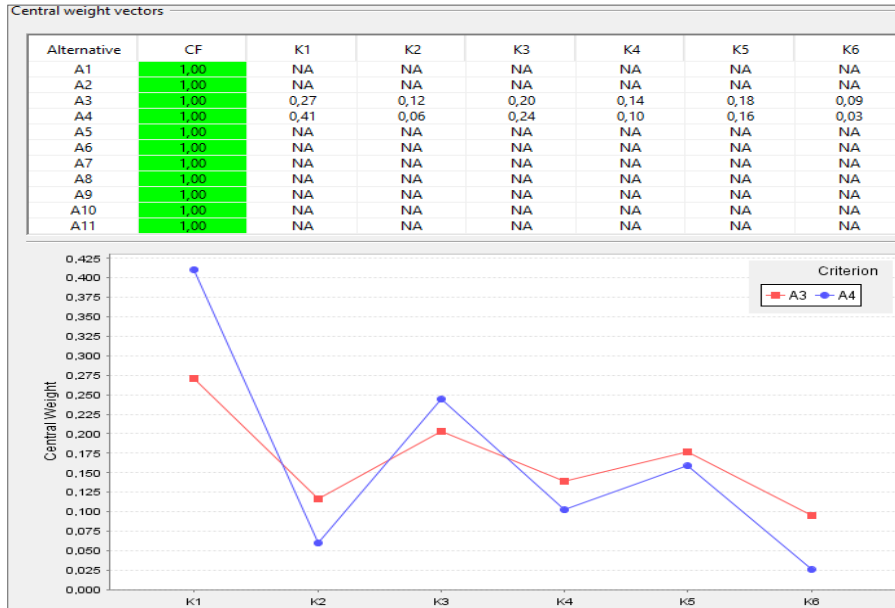
$$A4>A7>A5>A3>A2>A6>A1>A10>A8>A9>A11$$



Şekil 3. Sıra kabul edilebilirlik indisleri

Güvenilirlik faktörleri ve merkezi ağırlık vektörlerine ilişkin değerler Şekil 4'te sunulmaktadır. Güvenilirlik faktörü, alternatifleri ayırt etmede kullanılan kriter ölçümlerinin yeterli oranda doğru olup olmadığını göstermektedir. Şekil 4 incelendiğinde, tüm alternatiflere ilişkin güvenilirlik faktörü değerlerinin '1' olduğu görülmektedir. Bu durumda, ilgili çözümün güvenilir olduğunu söylemek mümkündür. Başka bir ifadeyle, A4'ün %97 olasılıkla ilk sırada tercih edilme durumunun güvenilirlik oranı %100'dür. Benzer şekilde A3'ün %3 olasılıkla birinci sırada tercih edilme durumunun güvenilirlik oranı da %100'dür. Merkezi ağırlık vektörü,

alternatiflerin seçilme olasılığının kriterler tarafından ne derece etkilendiğini göstermektedir. Şekil 4 incelendiğinde, A4'ün birinci sırada tercih edilmesinde 0,41 oranında K1'in, 0,24 oranında K3'ün, 0,16 oranında K5'in, 0,10 oranında K4'ün, 0,06 oranında K2'nin ve 0,03 oranında K6'nın etkili olduğu görülmektedir. A3 ve A4 dışındaki alternatiflerin birinci sırada tercih edilme olasılıkları 0 olduğu için bu alternatiflere ilişkin merkezi ağırlık vektörleri hesaplanmamaktadır. Şekil 4'te ilgili alternatiflere ait satırlarda görülen NA (Not Applicable) kısaltması bu durumu belirtmektedir.



Şekil 4. Güvenilirlik faktörleri ve merkezi ağırlık vektörleri

4 Sonuçlar

Bitkisel atık yağ toplama kutuları için Atakum'da yer seçiminin hedeflendiği bu çalışmada öncelikle uzman görüşleri doğrultusunda altı kriter belirlenmiştir. Nüfus yoğunluğu (K1), alışveriş merkezlerine yakınlık (K2), tramvay istasyonlarına yakınlık (K3), okullara yakınlık (K4), parklara yakınlık (K5) ve kamu kurumlarına yakınlık (K6) kriterlerinin dikkate alındığı çalışmada, uzmanların görüşleri doğrultusunda kriterler önem derecelerine göre $K1 > K3 > K5 > K4 > K2 > K6$ şeklinde sıralanmıştır. ArcGIS yazılımı kullanılarak belirlenen on bir alternatifte ilişkin normalize edilmiş piksel değerleri Öklidyen Mesafe Analizi ve Kernel Yoğunluk Analizi ile elde edilerek karar matrisi oluşturulmuştur. Ardından, kriter ağırlıklarının deterministik olarak belirlenemediği durumlarda, kriterlerin önem derecelerine göre sıralanmasına imkân tanıyan SMAA-2 yöntemi ile alternatifler değerlendirilmiştir. SMAA-2 yöntemi, A4'ün %97 olasılıkla birinci sırada; A11'in %74 olasılıkla son sırada tercih edilebileceğini göstermiştir. A4'ün %97 olasılıkla ilk sırada tercih edilmesindeki güvenilirlik oranı %100 olup, A4'ün birinci sırada tercih edilmesinde 0.41 oranında K1'in etkili olduğu görülmüştür. Bitkisel atık yağ toplama kutuları için alternatif yerler $A4 > A7 > A5 > A3 > A2 > A6 > A1 > A10 > A8 > A9 > A11$ şeklinde sıralanmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda ilgili çözümlerin güvenilir olduğunu söylemek mümkündür.

İleriki çalışmalar için farklı ÇKKV yöntemleri kullanılarak sonuçlar karşılaştırılabilir. Ayrıca farklı kriterler de dikkate alınarak Samsun'un diğer ilçelerinde veya farklı şehirlerde bitkisel atık yağ toplama kutuları için uygun yerler değerlendirilebilir.

Çıkar çatışması

Yazar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Benzerlik oranı (iThenticate): %18

Kaynaklar

- [1] A. A. Gündüzalp ve S. Güven, Atık, çeşitleri, atık yönetimi, geri dönüşüm ve tüketici: Çankaya Belediyesi ve semt tüketicileri örneği. Hacettepe Üniversitesi Sosyolojik Araştırmalar E-Dergisi, 1-19, 2016.
- [2] M. Ripa, G. Fiorentino, V. Vacca and S. Ulgiati, The relevance of site-specific data in Life Cycle Assessment (LCA). The case of the municipal solid waste management in the metropolitan city of Naples (Italy). J. Clean. Prod., 142, 445-60, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.149>
- [3] D. Bolat, E. Can-Güven, K. Gedik ve P. B. Kurt-Karakuş, Yağ sektörü ürün ve atıklarının yakılmasının potansiyel etkileri. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 21 (1), 22-44, 2016. <https://doi.org/10.17482/uujfe.00346>
- [4] V. Gül, E. Öztürk ve T. Polat, Günümüz Türkiye'sinde bitkisel yağ açığı kapatmada ayçiçeğinin önemi. Alnteri Zirai Bilimler Dergisi, 30 (1), 70-6, 2016.
- [5] T.C. Ticaret Bakanlığı, Esnaf, Sanatkârlar ve Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü, 2018 yılı ayçiçeği raporu, 2019.
- [6] T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Bitkisel atık yağların yönetimi, 2010.
- [7] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Erişim 10 Eylül 2020, <https://csb.gov.tr/2017-ekim-ayi-itibari-ile-32-bin-ton-bitkisel-atik-yag-toplandi-bakanlik-faaliyetleri-22039>.
- [8] D. Aksen, O. Kaya, F. S. Salman and Y. Akça, Selective and periodic inventory routing problem for waste vegetable oil collection. Optim. Lett., 6, 1063-80, 2012. <https://doi.org/10.1007/s11590-012-0444-1>
- [9] TCA, Turkish Court of Accounts, Waste management in Turkey: National regulations and evaluation of implementation results. Performance Audit Report, Ankara 1-76, 2007.
- [10] TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, Erişim 17 Eylül 2020. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>,
- [11] R. Lahdelma and P. Salminen, SMAA-2: Stochastic multicriteria acceptability analysis for group decision making. Operations Research, 49 (3), 444-54, 2001. <https://doi.org/10.1287/opre.49.3.444.11220>
- [12] R. Lahdelma, S. Makkonen and P. Salminen, Two ways to handle dependent uncertainties in multi-criteria decision problems. Omega, 37, 79-92, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2006.08.005>
- [13] D. Okul, C. Gencer and E. Kızılkaya Aydoğan, A method based on SMAA-TOPSIS for stochastic multicriteria decision making and a real-world application. International Journal of Information Technology & Decision Making, 13 (5), 957-78, 2014. <https://doi.org/10.1142/S0219622014500175>
- [14] M. Ağdaş, Ö. Bali ve H. Ballı, Afet lojistiği kapsamında dağıtım merkezi için yer seçimi: SMAA-2 tekniği ile bir uygulama. Beykoz Akademi Dergisi, 2 (1), 75-95, 2014.
- [15] A. Çalış, İ. Keskin ve C. Gencer, AHP ve SMAA-2 yöntemleri ile mühendislik alanında bilimsel araştırma konularının seçimi. Savunma Bilimleri Dergisi, 15 (1), 257-80, 2016.
- [16] A. Çalış, G. Özçelik ve C. Gencer, Türkiye'deki imalat sanayi sektörlerinin PROMETHEE MULTIMOORA ve SMAA-2 yöntemleriyle sıralanması. Endüstri Mühendisliği Dergisi, 27 (2), 28-44, 2016.
- [17] Ö. Eroğlu and C. Gencer, Integrating fuzzy DEMATEL and SMAA-2 for maintenance expenses. International Journal of Engineering Science Invention, 6 (2), 60-71, 2017.
- [18] E. Kızılkaya Aydoğan and M. Özmen, The stochastic VIKOR method and its use in reverse logistic option selection problem. RAIRO-Operations Research, 51, 375-89, 2017. <https://doi.org/10.1051/ro/2016027>
- [19] E. Kılıç Delice and G. F. Can, An integrated mental workload assessment approach based on NASA-TLX and SMAA-2: A case study. The Journal of Engineering and Architecture Faculty of Eskisehir

- Osmangazi University, 26 (2), 88-99, 2018. <https://doi.org/10.31796/ogummf.384328>
- [20] K. İ. Durmaz ve C. Gencer, Tedarikçi seçiminde entegre lojistik destek yaklaşımı ve işletme uygulaması: SWARA-SMAA-2. Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 8 (2), 828-41, 2019. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.488943>
- [21] K. İ. Durmaz, A. Çalış Boyacı ve C. Gencer, Türkiye'deki düzey-1 bölgelerinin eğitim göstergeleri açısından çok kriterli karar verme yöntemleri ile değerlendirilmesi. Bilişim Teknolojileri Dergisi, 13 (1), 13-25, 2020. <https://doi.org/10.17671/gazibtd.570775>
- [22] K. İ. Durmaz and C. Gencer, A new plugin based on JSMAA: SWARA-JSMAA and aerobatic aircraft selection. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 35 (3), 1487-98, 2020. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.476610>
- [23] D. M. Aspen and M. Sparrevik, Evaluating alternative energy carriers in ferry transportation using a stochastic multi-criteria decision analysis approach. Transportation Research Part D, 86, 102383, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102383>
- [24] J. Quian and Y. Dong, Multi-criteria decision making for seismic intensity measure selection considering uncertainty. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 1-20, 2020. <https://doi.org/10.1002/eqe.3280>
- [25] R. Lahdelma, J. Hokkanen and P. Salminen, SMAA-Stochastic multiobjective acceptability analysis. European Journal of Operational Research, 106, 137-43, 1998. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(97\)00163-X](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00163-X)
- [26] S. Karabay, E. Köse ve M. Kabak, Stokastik çok kriterli kabul edilebilirlik analizi ile bir kamu kurumu için tesis yeri seçimi. Ege Akademik Bakış, 14 (3), 361-9, 2014.
- [27] M. Özmen, OECD ülkelerinin telekomünikasyon sektörü açısından SMAA-EDAS yöntemi ile değerlendirilmesi. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 9 (1), 224-37, 2020. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.611987>
- [28] T. Tervonen and J. R. Figueira, A survey on stochastic multicriteria acceptability analysis methods. Journal of Multi-Criteria Decision Analysis, 15, 1-14, 2008. <https://doi.org/10.1002/mcda.407>
- [29] T. Tervonen and R. Lahdelma, Implementing stochastic multicriteria acceptability analysis. European Journal of Operational Research, 178, 500-13, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.12.037>
- [30] T. Tervonen, JSMAA: An open source software for SMAA computations. International Journal of Systems Science, 45 (1), 69-81, 2014. <https://doi.org/10.1080/00207721.2012.659706>
- [31] JSMAA, Accessed 5 July 2020, <http://smaa.fi/jsmaa/>

