



Optimal Ranking of Compost Facilities that Can Be Established in Çorum with COPRAS and MAIRCA Methods[#]

Sinan Dünder^{1,a,*}, Hüdaverdi Bircan^{2,b}, Hasan Eleroğlu^{3,c}

¹Central Anatolia Development Agency, Sivas Investment Support Office, 58040 Sivas, Turkey

²Business Administration, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Sivas Cumhuriyet University, 58140 Sivas, Turkey

³Plant and Animal Production, Sivas Technical Sciences Vocational School, Sivas Cumhuriyet University, 58140 Sivas, Turkey

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>[#]This study was presented as an online presentation at the 2nd International Journal of Agriculture - Food Science and Technology (TURJAF 2021) Gazimağusa/Cyprus</p> <p>Research Article</p> <p>Received : 30/11/2021 Accepted : 31/12/2021</p> <p>Keywords: COPRAS MAIRCA Compost Multi-Criteria Decision MCDM</p>	<p>The compost product, which is a biologically active substance, emerges as a result of microbial decomposition of organic materials under controlled conditions. This product, which is used for the improvement of soil structure and the development of agricultural products, also offers opportunities in terms of minimizing the damage caused by organic wastes to the environment. It is important to encourage efforts for compost production, especially in terms of both disposal and economic evaluation of wastes generated in animal production farms. Determining the most suitable location of a facility for the utilization of animal wastes as compost, which will be obtained from livestock enterprises scattered in different geographical areas, will be an essential study in terms of minimizing operating costs. For such a facility, it would be an appropriate approach to use multi-criteria decision making methods to choose among predetermined facility location alternatives. In this study, a total of 17 facility location alternatives with 83,163 cattle potential in Çorum province were ranked according to the criteria determined and weighted by means of SWARA method. The optimal ranking of 17 alternatives determined by K-Means clustering analysis was carried out by COPRAS and MAIRCA methods. According to the ranking results obtained from both methods, it was determined that cluster number 6 was in the first rank, cluster number 4 was in the second rank, and cluster number 3 was in the third rank.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 9(sp): 2523-2531, 2021

COPRAS ve MAIRCA Yöntemleriyle Çorum İlinde Kurulabilecek Kompost Tesislerinin Optimallik Sıralaması

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p>Araştırma Makalesi</p> <p>Geliş : 30/11/2021 Kabul : 31/12/2021</p> <p>Anahtar Kelimeler: COPRAS MAIRCA Kompost Çok Kriterli Karar ÇKKV</p>	<p>Biyolojik açıdan aktif bir madde olan kompost ürünü, organik maddelerin kontrollü koşullar altında mikrobiyal ayrışması sonucu ortaya çıkmaktadır. Toprak yapısının iyileştirilmesi ve tarımsal ürünlerin gelişimine yönelik kullanılan bu ürün, organik atıkların çevreye verdiği zararları asgariye indirme açısından da fırsatlar sunmaktadır. Özellikle hayvansal üretim yapan çiftliklerde ortaya çıkan atıkların hem bertaraf edilmesi hem de ekonomik açıdan değerlendirilmesi açısından, kompost üretimine yönelik çabaların teşvik edilmesi önemli bir husustur. Farklı coğrafi alanlara dağılmış durumdaki hayvancılık işletmelerinden temin edilecek hayvansal atıkların kompost olarak değerlendirilmesine yönelik bir tesis için en uygun konumun belirlenmesi, işletme maliyetlerinin asgariye indirilmesi açısından gerekli bir çalışma olacaktır. Bu tarz bir tesis için önceden belirlenmiş kuruluş yeri alternatifleri arasından seçim yapmaya yönelik olarak çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanılması uygun bir yaklaşım olacaktır. Bu çalışmada, Çorum ilinde 83.163 büyükbaş hayvan potansiyeline sahip toplam 17 yatırım yeri alternatifinin, SWARA yöntemine göre belirlenen ve ağırlıklandırılan kriterler doğrultusunda optimallik sıralaması yapılmıştır. K-Means kümeleme analizi ile tespit edilmiş olan 17 alternatifin optimallik sıralaması COPRAS ve MAIRCA yöntemleriyle gerçekleştirilmiştir. Her iki yöntemden elde edilen sıralama sonuçlarına göre 6 numaralı kümenin ilk sırada, 4 numaralı kümenin ikinci sırada, 3 numaralı kümenin ise üçüncü sırada olduğu tespit edilmiştir.</p>

^a sinandundar@hotmail.com

^b <https://orcid.org/0000-0001-8061-3322>

^c hbircan@gmail.com

^d <https://orcid.org/0000-0002-1868-1161>

^e eleroglu@cumhuriyet.edu.tr

^f <https://orcid.org/0000-0002-1032-9833>



Giriş

Kompostlama sıcak, nemli, havalandırılmış bir ortamda karışık bir mikroorganizma popülasyonu (mikroplar) tarafından organik atık maddelerin ayrıştırılması veya parçalanmasıdır. Atıklar, bir yığın halinde bir araya getirilir ve bu şekilde, süreç içerisinde oluşan ısı korunabilmektedir. Sonuç olarak, yığının sıcaklığı yükselir ve böylece toprak yüzeyine düşen organik atıklarda normal şartlarda yavaş biçimde meydana gelen temel bozunma sürecini hızlandırır (Dalzell, 1987).

Atıktan elde edilen bir organik gübre olan kompostun rolü, günümüzde tarımsal uygulamalarda aşırı pestisit ve kimyasal gübre kullanımıyla gölgelenmiş durumdadır. Çiftlik alanlarında kullanılan kompostun eksikliği ve kimyasal gübrelere olan bağımlılık, kötüleşen toprak koşulları, yetersiz veya aşırı besin maddeleri, böcek istilası ve katılaşmış toprak bu tarz problemlerden birkaçıdır. Ancak günlük yaşamda üretilen organik atıklar kompost üretmek için kullanıldığı takdirde toprak verimliliğinin geri kazanılmasına yardımcı olabilecektir (Kawai ve ark. 2020).

Kompost kullanımıyla çevresel ve tarımsal açıdan sağlanan faydalar; organik atıkların değerlendirilmesi, toprak yapısının iyileştirilmesi, toprağın havalanmasının sağlanması, bitkilerin ihtiyacı olan besinin temin edilmesi, topraktaki toksinlerin etkisizleştirilmesi, bitkide büyümenin hızlandırılması ve bitkinin güçlendirilmesi şeklinde sıralanabilmektedir (Rona 2017: 20).

Bu yaklaşımlardan yola çıkarak, Çorum ilinde hayvancılık sektöründe ortaya konan ilerlemelere paralel olarak, hayvansal atıkların değerlendirilmesi amacıyla kurulması muhtemel bir kompost tesisi için en uygun kuruluş yerinin belirlenmesi konusu, bu çalışmanın ana amacını oluşturmaktadır.

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri için geçmiş yıllarda yapılan bazı çalışmaları şu şekilde özetlemek mümkündür. Zavadskas ve ark. (2007), verimlilik düzeyi, uzun ömürlülük, yapım maliyeti, çevresel koruma faktörleri, ekonomik geçerlilik, inşaat süresi gibi çok sayıda faktöre bağlı olan yol inşaatı yapımında söz konusu alternatiflerin değerlendirilmesine yönelik olarak COPRAS metodundan yararlanmışlardır.

Arslan ve ark. (2018), ARAS ve COPRAS yöntemleriyle hayvansal kaynaklı atıkların değerlendirilmesine yönelik olarak Yozgat ilinde kurulabilecek biyogaz, kompost, vermikompost tesislerinin optimallik sıralamasını gerçekleştirmişlerdir.

Bircan ve ark. (2018), büyükbaş ve kanatlı hayvan atıklarının değerlendirilmesi ve tarımsal alanda kullanılması amacıyla, Yozgat ilinde kurulması muhtemel on bir adet kompost kümesinin optimallik sıralamasını MOORA yöntemiyle gerçekleştirmişlerdir.

Castro ve Silva Parreiras (2018), otomotiv mühendisliğinde enerji verimliliğine yönelik olarak çok kriterli karar verme yöntemleri üzerine incelemeler gerçekleştirmiş ve incelenen çok sayıda yöntemden enerji verimliliği açısından uygun olanların derleme çalışması sağlanmıştır.

Salabun ve ark. (2020), çok kriterli karar verme yöntemlerinin birbirleri arasında kıyaslanabilir olup olmadığını ölçmeye yönelik olarak TOPSIS, VIKOR, COPRAS ve PROMETHEE II yöntemlerinden elde sonuçlara yönelik çalışma gerçekleştirmişlerdir.

Materyal ve Yöntem

17 adet kompost kümesi Dündar (2021) tarafından hazırlanan “Kümeleme Yöntemi ile TR83 Bölgesinde Hayvansal Atıkların Değerlendirilmesinde Optimal Tesis Yerlerinin Belirlenmesi” konulu tez çalışması ile tespit edilmiştir. Bu doktora çalışması kapsamında Çorum Tarım ve Orman İl Müdürlüğü’nden talep edilen büyükbaş hayvancılık işletmelerinin listesi doğrultusunda işletmelerin coğrafi koordinatları köy/mahalle düzeyinde belirlenmiş, bu işletmelerin koordinatlarından ve büyükbaş hayvan sayılarından yararlanılarak kompost üretimine yönelik alternatif kümeler ortaya çıkarılmıştır.

Bu çalışmada ise kompost tesisi kümeleri için tespit edilen işletme sayısı, büyükbaş hayvan sayısı, küme merkezine olan ortalama uzaklık, bağlı olduğu ilçe merkezine olan uzaklık, bağlı olduğu il merkezine olan uzaklık ve bağlı olduğu ilçede bulunan çalışma aralığındaki nüfus kriterleri SWARA yöntemine göre belirlenmiş ve ağırlıklandırılmıştır. Alternatiflerin optimallik sıralaması içinse çok kriterli karar verme yöntemlerinden COPRAS ve MAIRCA yöntemleri tercih edilmiştir.

SWARA (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis)

Ağırlıklandırma işlemi, kriterlere verilen önem derecelerinden ibarettir. Kriterlere verilen ağırlık değerleri [0,1] aralığında değer almaktadır ve bu değerlerin toplamı 1 olmalıdır. Karar verme sürecinde dikkate alınacak olan kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi, kriter ağırlıklandırma yöntemi kullanılarak yapılmaktadır. Kriter ağırlıklandırma yöntemleri, çok kriterli karar verme problemlerinde karar sürecinden önce yapılması gereken işlemler olarak karşımıza çıkmaktadır (Bardakçı, 2020). Literatürde bilinen bazı ağırlık değerlendirme yaklaşımları arasında analitik hiyerarşi süreci (AHP), analitik ağ süreci (ANP), ENTROPY, FARE, SWARA, CILOS, IDOCRIW, DEMATEL, SIMOS, CRITIC, LBWA, SMART, SMARTS, SMARTER ve ROC gibi yöntemler yer almaktadır. Bu yöntemler arasında SWARA yöntemi en yeni olanlardan birisidir (Bircan, 2020; Zolfani and Şaparauskas, 2013).

2010 yılında Kersulienė, Zavadskas ve Turskis tarafından ortaya konulan Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA) yönteminde her bir kriter için alternatiflerin görece önemi ve ilk önceliklendirilmesi, karar vericinin görüşü doğrultusunda belirlenir ve ardından her kriterin görece ağırlığı tespit edilir (Alinezhad and Khalili, 2019).

Yöntem 5 adımdan oluşmaktadır (Stanujkic ve ark. 2015: 182);

Adım 1: Kriterlerin Önem Derecesine Göre Sınıflandırılması

Kriterler önem sırası dikkate alınmak suretiyle en önemliden en önemsiz doğru sıralanır.

Adım 2: Kriterlerin Göreceli Önem Düzeyinin Belirlenmesi

İkinci kriterden başlamak suretiyle bir önceki kriter ile yüzdesel olarak önem derecesi kıyaslaması yapılır. Bu şekilde, ortalama değer karşılaştırmalı önemi olan S_j değeri elde edilir.

Adım 3: k_j Katsayısının Hesaplanması

k_j katsayısının hesaplanmasına yönelik süreç (1) numaralı denklem ile ifade edilmiştir,

$$k_j = \begin{cases} 1, & j = 1 \\ S_j + 1, & j > 1 \end{cases} \quad (1)$$

Adım 4: q_j Değişkeninin Hesaplanması

q_j katsayısının hesaplanmasına yönelik süreç (2) numaralı denklem ile ifade edilmiştir,

$$q_j = \begin{cases} 1, & j = 1 \\ \frac{q_{j-1}}{k_j}, & j > 1 \end{cases} \quad (2)$$

Adım 5: Göreceli Ağırlıkların Hesaplanması

Göreceli ağırlıkların hesaplanmasına yönelik süreç (3) numaralı denklem ile ifade edilmiştir,

$$\omega_j = \frac{q_j}{\sum_{k=1}^n q_k} \quad (3)$$

COPRAS (COmplex PROportional ASsessment) Yöntemi

Complex Proportional Assessment (COPRAS) yaklaşımı, incelenen değişkenlerin öneminin, karar değişkenlerini yeterli düzeyde açıklayan bir kriter sistemi ve ayrıca, kriterlerin değerleri ve ağırlıkları ile doğrudan ve orantılı bir ilişkisini varsaymaktadır. Bu yöntem, ortaya konulan alternatifleri göreceli önemlerine yani ağırlıklarına göre sıralar. Nihai sıralama, olumlu ve olumsuz ideal çözümlerden yola çıkarak gerçekleştirilmektedir (Salabun ve ark., 2020, s. 11)

Yöntemde izlenen adımlar şu şekildedir (Zavadskas ve ark., 2007, ss. 199-200);

Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması

COPRAS yönteminde karar matrisinin oluşturulmasına yönelik süreç (4) numaralı denklemle ifade edilmiştir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

Adım 2: Karar Matrisinin Normalize Edilmesi

Bu yöntemde fayda-maliyet ayrımı yapmadan normalizasyon gerçekleştirilmektedir. (5) numaralı denklemle normalizasyon işlemi gerçekleştirilerek (6) numaralı denklemde ifade edilen normalize karar matrisi elde edilir.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (5)$$

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} \bar{x}_{11} & \bar{x}_{12} & \dots & \bar{x}_{1n} \\ \bar{x}_{21} & \bar{x}_{22} & \dots & \bar{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \bar{x}_{m1} & \bar{x}_{m2} & \dots & \bar{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

Adım 3: Normalize Matrisin Ağırlıklandırılması

Normalize edilen matrisinin kriter ağırlıkları çerçevesinde ağırlıklandırılması adımı (7) numaralı denklemle gerçekleştirilerek, (8) numaralı denklemle ifade edilen ağırlıklandırılmış karar matrisi elde edilir.

$$\hat{x}_{ij} = \bar{x}_{ij} \cdot \omega_j \quad (7)$$

$$\hat{X} = \begin{bmatrix} \hat{x}_{11} & \hat{x}_{12} & \dots & \hat{x}_{1n} \\ \hat{x}_{21} & \hat{x}_{22} & \dots & \hat{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \hat{x}_{m1} & \hat{x}_{m2} & \dots & \hat{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

Adım 4: S_{+i} ve S_{-i} Değerlerinin Hesaplanması

Fayda kriterleri toplamını ifade eden S_{+i} değeri ve maliyet kriterleri toplamını ifade eden S_{-i} değeri, sırasıyla (9) ve (10) numaralı denklemler yardımıyla elde edilir.

$$S_{+i} = \sum_{j=1}^k \hat{x}_{+ij} ; i = 1, 2, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

$$S_{-i} = \sum_{j=k+1}^n \hat{x}_{-ij} ; i = 1, 2, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

Adım 5: Göreceli Önem Değerlerinin Hesaplanması

i . alternatifiin göreceli önem değerini ifade eden Q_i değeri, (11) numaralı denklem yardımıyla elde edilir.

$$Q_i = S_{+i} + \frac{S_{-min} \cdot \sum_{i=1}^m S_{-i}}{S_{-i} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{S_{-min}}{S_{-i}}} \quad (11)$$

Adım 6: Performans İndeksi Değerlerinin Hesaplanması ve Sıralama

Her bir alternatife ait Q_i değerinin en büyük Q_i değerine bölünmesiyle elde edilen ve P_i olarak ifade edilen performans indeksi değeri, (12) numaralı denklem yardımıyla elde edilir.

$$P_i = \left[\frac{Q_i}{Q_{max}} \right] \cdot 100\% \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

Hesaplanan P_i değeri, büyükten küçüğe doğru sıralamaya tabi tutulur.

MAIRCA (Multi-Attributive Ideal-Real Comparative Analysis) Yöntemi

Multi-Attributive Ideal-Real Comparative Analysis (MAIRCA) yöntemin temel prensibini, ideal sıralamalar ve ampirik sıralamalar arasındaki farkları tanımlamak olarak ifade etmek mümkündür. Her bir kritere göre farkların toplanması, her alternatif için toplam farkı oluşturmaktadır. Alternatiflerin sıralanması, sürecin sonunda elde edilmektedir ki burada en iyi sıralama, en düşük farkı değerine sahip olan alternatif olarak ortaya çıkmaktadır. En düşük toplam fark değerine sahip alternatif, kriterlerin çoğuna göre ideal sıralamada en yakın değerlere sahip alternatif olarak değerlendirilmektedir (Pamucar ve ark., 2018).

Yöntemde izlenen adımlar şu şekildedir (Pamucar ve ark., 2018, ss. 115-119);

Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması

MAIRCA yönteminde karar matrisinin oluşturulmasına yönelik süreç (13) numaralı denklemle ifade edilmiştir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

Adım 2: Alternatiflerin Tercih Değerlerinin Belirlenmesi

m ; toplam alternatif sayısını göstermek üzere, alternatiflerin tercih değerlerinin belirlenmesi (14) numaralı denklem yardımıyla elde edilir.

$$P_{A_1} = \frac{1}{m}; \sum_{i=1}^m P_{A_1} = 1; i = 1, 2, \dots, m \quad (14)$$

Öncelik olasılıkların sahip olduğu bir karar verme analizinde her alternatifin seçim olasılığı bulunmak istenirse, alternatiflerin seçimi için tüm tercihler eşit olup (15) numaralı denklemde ifade edildiği şekildedir.

$$P_{A_1} = P_{A_2} = \dots = P_{A_m} \quad (15)$$

Adım 3: Teorik Değerlendirme Matrisinin Elde Edilmesi

n kriter sayısını ifade etmek üzere, T_p olarak ifade edilen teorik değerlendirme matrisi (16) numaralı denklem yardımıyla elde edilir.

$$T_p = \begin{bmatrix} \omega_1 \cdot P_{A_1} & \omega_2 \cdot P_{A_1} & \dots & \omega_n \cdot P_{A_1} \\ \omega_1 \cdot P_{A_2} & \omega_2 \cdot P_{A_2} & \dots & \omega_n \cdot P_{A_2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \omega_1 \cdot P_{A_m} & \omega_2 \cdot P_{A_m} & \dots & \omega_n \cdot P_{A_m} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_{p11} & t_{p12} & \dots & t_{p1n} \\ t_{p21} & t_{p22} & \dots & t_{p2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{pm1} & t_{pm2} & \dots & t_{pmn} \end{bmatrix} \quad (16)$$

Adım 4: Gerçek Değerlendirme Matrisinin Elde Edilmesi

Kriterin fayda temelli olması halinde (17) numaralı denklemle, maliyet temelli olması halinde (18) numaralı denklemle standartlaştırılmış matris elde edildikten sonra, (19) numaralı denklem yardımıyla gerçek değerlendirme matrisi elde edilir.

$$t_{rij} = t_{pij} \cdot \left(\frac{x_{ij} - x_i^-}{x_i^+ + x_i^-} \right) \quad (17)$$

$$t_{rij} = t_{pij} \cdot \left(\frac{x_i^+ - x_{ij}}{x_i^+ + x_i^-} \right) \quad (18)$$

$$T_r = \begin{bmatrix} P_{A_1} & t_{r11} & t_{r12} & \dots & t_{r1n} \\ P_{A_2} & t_{r21} & t_{r22} & \dots & t_{r2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{A_m} & t_{rm1} & t_{rm2} & \dots & t_{rmn} \end{bmatrix} \quad (19)$$

Adım 5: Fark (Boşluk) Matrisinin Elde Edilmesi

Teorik değerlendirme matrisinden gerçek değerlendirme matrisi çıkarılarak (20) numaralı denklem yardımıyla fark matrisi elde edilir.

$$G = T_p - T_r = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & \dots & g_{1n} \\ g_{21} & g_{22} & \dots & g_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{m1} & g_{m2} & \dots & g_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_{p11} - t_{r11} & t_{p12} - t_{r12} & \dots & t_{p1n} - t_{r1n} \\ t_{p21} - t_{r21} & t_{p22} - t_{r22} & \dots & t_{p2n} - t_{r2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{pm1} - t_{rm1} & t_{pm2} - t_{rm2} & \dots & t_{pmn} - t_{rmn} \end{bmatrix} \quad (20)$$

Adım 6: Alternatiflere İlişkin Kriter Fonksiyonu Değerlerinin Hesaplanması ve Sıralamaların Elde Edilmesi

Her bir alternatif için ayrı ayrı olmak üzere, 5. adımda bulunan fark değerlerinin toplamının (21) nolu denklem yardımıyla bulunmasıyla elde edilir.

$$Q_i = \sum_{j=1}^n g_{ij} \quad (21)$$

Hesaplanan Q_i değeri, küçükten büyüğe doğru sıralamaya tabi tutulur.

Bulgular

Kriterlerin ve Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Karar vericilerin konuyla ilgili bilgi ve deneyimlerini yansıtmasına imkân vermesi bakımından SWARA yöntemi, Çorum ilinde kurulması muhtemel bir kompost tesisi için mevcut alternatifler arasında seçim yapma süreci esnasında kriterlerin belirlenmesi ve ağırlıklandırılması amacıyla tercih edilen yöntem olmuştur. SWARA yöntemine göre birinci karar verici (KV₁), ikinci karar verici (KV₂) ve üçüncü karar vericinin (KV₃) değerlendirmesi sonucunda ortaya çıkan kriterlerle birlikte (1) ve (2) numaralı formüllerin uygulanmasıyla ortaya çıkan hesaplama adımları Tablo 1’deki gibi gerçekleşmiştir. (3) numaralı formülün uygulanmasıyla bu kriterlerin nihai ağırlıkları ve sıralamaları ise Tablo 2’deki gibi ortaya çıkmıştır.

Tablo 1. Kompost Tesisi Kriterleri ve Ağırlık Belirleme Adımları
Table 1. Compost Plant Criteria and Weight Determination Steps

Ölçüt Adı	KV ₁	S _i	k _i	q _i	ω _i
K2-Hayvan Sayısı	1		1,000	1,000	0,369
K3-Küme Merkezine Uzaklık	2	0,80	1,800	0,556	0,205
K1-İşletme Sayısı	3	0,70	1,700	0,327	0,121
K4-İlçe Merkezine Uzaklık	4	0,10	1,100	0,297	0,110
K6-İlçe Nüfusu	5	0,10	1,100	0,270	0,100
K5-İl Merkezine Uzaklık	6	0,05	1,050	0,257	0,095
K2-Hayvan Sayısı	1		1,000	1,000	0,370
K3-Küme Merkezine Uzaklık	2	0,75	1,750	0,571	0,212
K1-İşletme Sayısı	3	0,75	1,750	0,327	0,121
K6-İlçe Nüfusu	4	0,10	1,100	0,297	0,110
K4-İlçe Merkezine Uzaklık	5	0,10	1,100	0,270	0,100
K5-İl Merkezine Uzaklık	6	0,15	1,150	0,235	0,087
K2-Hayvan Sayısı	1		1,000	1,000	0,387
K3-Küme Merkezine Uzaklık	2	0,85	1,850	0,541	0,209
K1-İşletme Sayısı	3	0,75	1,750	0,309	0,120
K4-İlçe Merkezine Uzaklık	4	0,15	1,150	0,269	0,104
K6-İlçe Nüfusu	5	0,10	1,100	0,244	0,094
K5-İl Merkezine Uzaklık	6	0,10	1,100	0,222	0,086

Tablo 2. SWARA Yöntemi ile Belirlenen Kriter Ağırlıkları ve Sıralamaları
Table 2. Criterion Weights and Rankings Determined by SWARA Method

Kriter	Puan	Sıralama
K01 - Kümeye Dâhil Olan İşletme Sayısı (adet)	0,120	3
K02 - Büyükbaş Hayvan Sayısı (adet)	0,376	1
K03 - Küme Merkezine Ortalama Uzaklık (km)	0,209	2
K04 - Bağlı Olduğu İlçe Merkezine Uzaklık (km)	0,105	4
K05 - Bağlı Olduğu İl Merkezine Uzaklık (km)	0,089	6
K06 - İlçedeki 15-64 Yaş Arası Nüfus	0,101	5

Tablo 3. Çorum İli Kompost Tesisi Kurmaya Uygun Kümele
Table 3. Clusters Suitable for Establishing a Compost Facility in Çorum

İlçe	Küme No	Küme Merkezi (X)	Küme Merkezi (Y)
Alaca	2	40,09306	35,08018
Merkez	3	40,42817	34,81690
Merkez	4	40,62088	35,12092
Merkez	6	40,45508	35,02484
Uğurludağ	7	40,52976	34,57781
Mecitözü	9	40,54167	35,30916
İskilip	13	40,74475	34,41586
Sungurlu	14	40,25906	34,54093
Sungurlu	15	40,07201	34,37720
Bayat	16	40,59579	34,19870
Osmancık	17	40,93857	34,81150
Osmancık	18	41,08341	34,77349
Lâçin	21	40,73187	34,95918
Alaca	23	40,18160	34,84623
Sungurlu	24	40,45644	34,38251
Sungurlu	26	40,23817	34,27829
Boğazkale	27	40,05802	34,61546

Elde edilen sonuçlara göre, kriterlerin önem sırası; büyükbaş hayvan sayısı, küme merkezine ortalama uzaklık, kümeye dâhil olan işletme sayısı, bağlı olduğu ilçe merkezine uzaklık, ilçedeki 15-64 yaş arası nüfus ve bağlı olduğu il merkezine uzaklık şeklinde gerçekleşmiştir.

Kümelere Optimallik Sıralaması

K-Means kümeleme yöntemiyle Çorum ili için tespit edilmiş olan on yedi adet kompost tesisi kümesi Tablo 3'te yer almaktadır. Bu küme merkezlerinin harita üzerindeki

gösterimi ise Şekil 1'deki gibidir. Çorum ili için kümeleme yöntemiyle tespit edilen on yedi adet kompost tesisi kümesinin sıralanmasına yönelik her bir yöntemin ilk adımında kullanılacak olan başlangıç matrisi Tablo 4'teki gibi şekillenmiştir. COPRAS yöntemine göre ilgili adımlarda yer alan (4) - (12) numaralı formüllerin uygulanmasıyla ortaya çıkan hesaplama sonuçları Tablo 5'te, performans değerleri ve optimallik sıralaması ise Tablo 6'da ifade edilmiştir.

Tablo 4. Kompost Tesisi Kümeleri İçin Başlangıç Matrisi

Table 4. Initial Matrix for Compost Plant Clusters

Küme No	Kümeye Dâhil Olan İşletme Sayısı	Büyükbaş Hayvan Sayısı	Küme Merkezine Ortalama Uzaklık (km)	Bağlı Olduğu İlçe Merkezine Uzaklık (km)	Bağlı Olduğu İl Merkezine Uzaklık (km)	İlçedeki 15-64 Yaş Arası Nüfus
2	42	2.489	6,91	24,3	77,8	19.596
3	87	6.808	7,16	22,9	22,9	202.584
4	86	5.777	6,05	15,9	15,9	202.584
6	90	7.571	6,76	16,4	16,4	202.584
7	66	4.368	8,92	20,8	42,3	4.078
9	65	4.522	4,18	2,9	38,4	9.364
13	48	3.911	8,08	5,5	61,1	20.365
14	66	4.735	8,00	21,0	68,9	29.990
15	126	9.012	8,12	16,3	90,3	29.990
16	78	4.774	8,07	11,7	91,5	9.631
17	64	4.143	5,20	6,4	57,0	27.140
18	33	2.010	4,74	39,9	99,9	27.140
21	49	3.192	6,95	16,2	25,4	2.903
23	77	6.400	6,33	2,6	55,0	19.596
24	75	4.468	7,99	52,9	67,3	29.990
26	53	4.590	9,12	15,6	90,9	29.990
27	71	4.393	6,72	5,1	87,8	2.277

Tablo 5. COPRAS Yöntemine Göre Normalize Edilmiş ve Ağırlıklandırılmış Matris

Table 5. Normalized and Weighted Matrix According to the COPRAS Method

Küme No	Kümeye Dâhil Olan İşletme Sayısı	Büyükbaş Hayvan Sayısı	Küme Merkezine Ortalama Uzaklık (km)	Bağlı Olduğu İlçe Merkezine Uzaklık (km)	Bağlı Olduğu İl Merkezine Uzaklık (km)	İlçedeki 15-64 Yaş Arası Nüfus
w	0,120	0,376	0,209	0,105	0,089	0,101
2	0,0043	0,0112	0,0121	0,0086	0,0069	0,0023
3	0,0089	0,0308	0,0125	0,0081	0,0020	0,0236
4	0,0088	0,0261	0,0106	0,0056	0,0014	0,0236
6	0,0092	0,0342	0,0118	0,0058	0,0015	0,0236
7	0,0068	0,0197	0,0156	0,0073	0,0037	0,0005
9	0,0067	0,0204	0,0073	0,0010	0,0034	0,0011
13	0,0049	0,0177	0,0141	0,0019	0,0054	0,0024
14	0,0068	0,0214	0,0140	0,0074	0,0061	0,0035
15	0,0129	0,0407	0,0142	0,0057	0,0080	0,0035
16	0,0080	0,0216	0,0141	0,0041	0,0081	0,0011
17	0,0066	0,0187	0,0091	0,0023	0,0050	0,0032
18	0,0034	0,0091	0,0083	0,0141	0,0088	0,0032
21	0,0050	0,0144	0,0122	0,0057	0,0022	0,0003
23	0,0079	0,0289	0,0111	0,0009	0,0049	0,0023
24	0,0077	0,0202	0,0140	0,0187	0,0060	0,0035
26	0,0054	0,0207	0,0160	0,0055	0,0080	0,0035
27	0,0073	0,0198	0,0118	0,0018	0,0078	0,0003

Tablo 6. Performans Değerleri ve Optimallik Sıralaması

Table 6. Performance Values and Ranking of Optimality

Küme No	S_{+i}	S_{-i}	S_{-i}/\min	S_{+i} Toplam	$S_{-i}/\min/S_{+i}$	$S_{-i}/\min/S_{+i}$ Toplam	Q_i	P_i	Sıra
2	0,018	0,028	0,012	0,403	0,426	9,127	0,037	0,389	16
3	0,063	0,023			0,519		0,086	0,915	3
4	0,059	0,018			0,667		0,088	0,934	2
6	0,067	0,019			0,616		0,094	1,000	1
7	0,027	0,027			0,440		0,046	0,492	13
9	0,028	0,012			1,000		0,072	0,767	5
13	0,025	0,021			0,546		0,049	0,521	11
14	0,032	0,028			0,427		0,050	0,536	9
15	0,057	0,028			0,420		0,076	0,803	4
16	0,031	0,026			0,445		0,050	0,534	10
17	0,028	0,016			0,716		0,060	0,637	7
18	0,016	0,031			0,376		0,032	0,342	17
21	0,020	0,020			0,583		0,045	0,483	14
23	0,039	0,017			0,696		0,070	0,741	6
24	0,031	0,039			0,304		0,045	0,475	15
26	0,030	0,030			0,398		0,047	0,501	12
27	0,027	0,021			0,550		0,052	0,548	8

Tablo 7. Teorik Değerlendirme Matrisi

Table 7. Theoretical Evaluation Matrix

Küme No	Kümeye Dâhil Olan İşletme Sayısı	Büyükbaş Hayvan Sayısı	Küme Merkezine Ortalama Uzaklık (km)	Bağlı Olduğu İlçe Merkezine Uzaklık (km)	Bağlı Olduğu İl Merkezine Uzaklık (km)	İlçedeki 15-64 Yaş Arası Nüfus
2	0,0071	0,0221	0,0123	0,0062	0,0053	0,0060
3	0,0071	0,0221	0,0123	0,0062	0,0053	0,0060
4	0,0071	0,0221	0,0123	0,0062	0,0053	0,0060
6	0,0071	0,0221	0,0123	0,0062	0,0053	0,0060
7	0,0071	0,0221	0,0123	0,0062	0,0053	0,0060
9	0,0071	0,0221	0,0123	0,0062	0,0053	0,0060
13	0,0071	0,0221	0,0123	0,0062	0,0053	0,0060
14	0,0071	0,0221	0,0123	0,0062	0,0053	0,0060
15	0,0071	0,0221	0,0123	0,0062	0,0053	0,0060
16	0,0071	0,0221	0,0123	0,0062	0,0053	0,0060
17	0,0071	0,0221	0,0123	0,0062	0,0053	0,0060
18	0,0071	0,0221	0,0123	0,0062	0,0053	0,0060
21	0,0071	0,0221	0,0123	0,0062	0,0053	0,0060
23	0,0071	0,0221	0,0123	0,0062	0,0053	0,0060
24	0,0071	0,0221	0,0123	0,0062	0,0053	0,0060
26	0,0071	0,0221	0,0123	0,0062	0,0053	0,0060
27	0,0071	0,0221	0,0123	0,0062	0,0053	0,0060

Tablo 8. Standartlaştırılmış Matris

Table 8. Standardized Matrix

Küme No	Kümeye Dâhil Olan İşletme Sayısı	Büyükbaş Hayvan Sayısı	Küme Merkezine Ortalama Uzaklık (km)	Bağlı Olduğu İlçe Merkezine Uzaklık (km)	Bağlı Olduğu İl Merkezine Uzaklık (km)	İlçedeki 15-64 Yaş Arası Nüfus
2	0,0968	0,0684	0,4474	0,5686	0,2631	0,0865
3	0,5806	0,6852	0,3968	0,5964	0,9167	1,0000
4	0,5699	0,5380	0,6215	0,7356	1,0000	1,0000
6	0,6129	0,7942	0,4777	0,7256	0,9940	1,0000
7	0,3548	0,3368	0,0405	0,6382	0,6857	0,0090
9	0,3441	0,3588	1,0000	0,9940	0,7321	0,0354
13	0,1613	0,2715	0,2105	0,9423	0,4619	0,0903
14	0,3548	0,3892	0,2267	0,6342	0,3690	0,1384
15	1,0000	1,0000	0,2024	0,7276	0,1143	0,1384
16	0,4839	0,3947	0,2126	0,8191	0,1000	0,0367
17	0,3333	0,3046	0,7935	0,9245	0,5107	0,1241
18	0,0000	0,0000	0,8866	0,2584	0,0000	0,1241
21	0,1720	0,1688	0,4393	0,7296	0,8869	0,0031
23	0,4731	0,6270	0,5648	1,0000	0,5345	0,0865
24	0,4516	0,3510	0,2287	0,0000	0,3881	0,1384
26	0,2151	0,3685	0,0000	0,7416	0,1071	0,1384
27	0,4086	0,3403	0,4858	0,9503	0,1440	0,0000

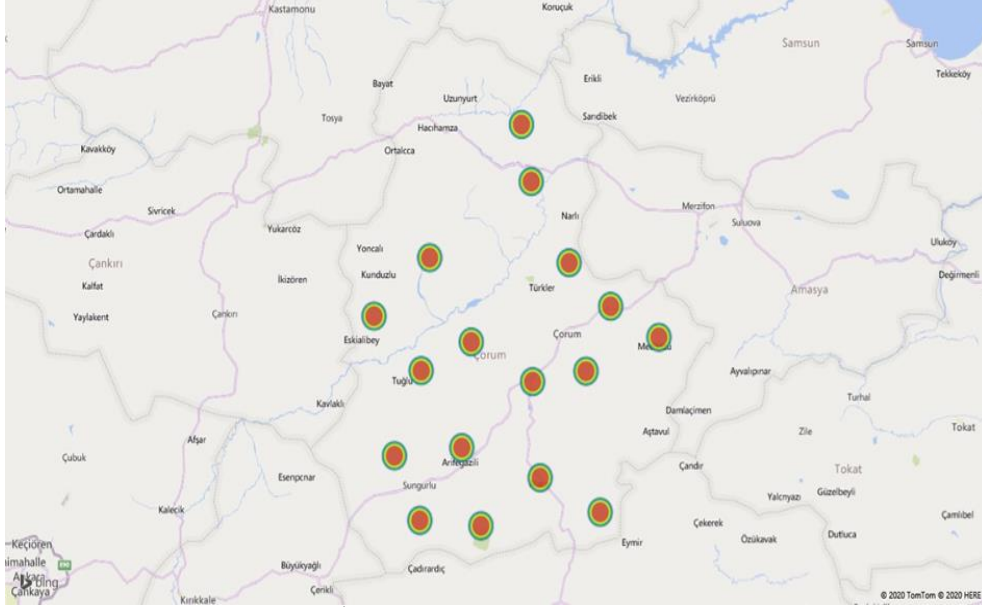
Tablo 9. Gerçek Değerlendirme Matrisi

Table 9. Actual Evaluation Matrix

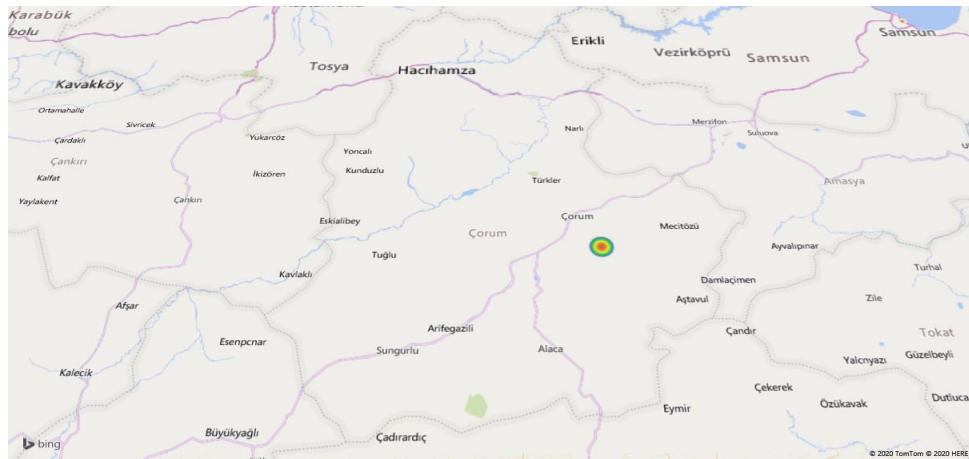
Küme No	Kümeye Dâhil Olan İşletme Sayısı	Büyükbaş Hayvan Sayısı	Küme Merkezine Ortalama Uzaklık (km)	Bağlı Olduğu İlçe Merkezine Uzaklık (km)	Bağlı Olduğu İl Merkezine Uzaklık (km)	İlçedeki 15-64 Yaş Arası Nüfus
2	0,0007	0,0015	0,0055	0,0035	0,0014	0,0005
3	0,0041	0,0151	0,0049	0,0037	0,0048	0,0060
4	0,0040	0,0119	0,0076	0,0045	0,0053	0,0060
6	0,0043	0,0175	0,0059	0,0045	0,0052	0,0060
7	0,0025	0,0074	0,0005	0,0039	0,0036	0,0001
9	0,0024	0,0079	0,0123	0,0061	0,0038	0,0002
13	0,0011	0,0060	0,0026	0,0058	0,0024	0,0005
14	0,0025	0,0086	0,0028	0,0039	0,0019	0,0008
15	0,0071	0,0221	0,0025	0,0045	0,0006	0,0008
16	0,0034	0,0087	0,0026	0,0050	0,0005	0,0002
17	0,0024	0,0067	0,0097	0,0057	0,0027	0,0007
18	0,0000	0,0000	0,0109	0,0016	0,0000	0,0007
21	0,0012	0,0037	0,0054	0,0045	0,0047	0,0000
23	0,0034	0,0139	0,0069	0,0062	0,0028	0,0005
24	0,0032	0,0078	0,0028	0,0000	0,0020	0,0008
26	0,0015	0,0081	0,0000	0,0046	0,0006	0,0008
27	0,0029	0,0075	0,0060	0,0058	0,0008	0,0000

Tablo 10. Fark Matrisi ve Optimallik Sıralaması
Table 10. Difference Matrix and Optimal Ranking

Küme No	Kümeye Dâhil Olan İşletme Sayısı	Büyükbaş Hayvan Sayısı	Küme Merkezine Ortalama Uzaklık (km)	Bağlı Olduğu İlçe Merkezine Uzaklık (km)	Bağlı Olduğu İl Merkezine Uzaklık (km)	İlçedeki 15-64 Yaş Arası Nüfus	Qi	Sıralama
2	0,0064	0,0206	0,0068	0,0027	0,0039	0,0054	0,0457	17
3	0,0030	0,0070	0,0074	0,0025	0,0004	0,0000	0,0203	3
4	0,0030	0,0102	0,0046	0,0016	0,0000	0,0000	0,0195	2
6	0,0027	0,0045	0,0064	0,0017	0,0000	0,0000	0,0154	1
7	0,0046	0,0147	0,0118	0,0022	0,0017	0,0059	0,0408	13
9	0,0046	0,0142	0,0000	0,0000	0,0014	0,0058	0,0260	6
13	0,0059	0,0161	0,0097	0,0004	0,0028	0,0054	0,0403	12
14	0,0046	0,0135	0,0095	0,0022	0,0033	0,0051	0,0383	9
15	0,0000	0,0000	0,0098	0,0017	0,0047	0,0051	0,0213	4
16	0,0037	0,0134	0,0097	0,0011	0,0047	0,0057	0,0383	10
17	0,0047	0,0154	0,0025	0,0005	0,0026	0,0052	0,0309	7
18	0,0071	0,0221	0,0014	0,0046	0,0053	0,0052	0,0456	16
21	0,0059	0,0184	0,0069	0,0017	0,0006	0,0059	0,0393	11
23	0,0037	0,0082	0,0053	0,0000	0,0024	0,0054	0,0252	5
24	0,0039	0,0143	0,0095	0,0062	0,0032	0,0051	0,0422	14
26	0,0056	0,0140	0,0123	0,0016	0,0047	0,0051	0,0432	15
27	0,0042	0,0146	0,0063	0,0003	0,0045	0,0060	0,0358	8



Şekil 1. Çorum İli Kompost Tesisi Kurmaya Uygun Kümeler
Figure 1. Clusters Suitable for Establishing a Compost Facility in Çorum



Şekil 2. Çorum Kompost Tesisi Optimal Kurulum Noktası
Figure 2. Compost Plant Optimal Establishment Point in Çorum

Tablo 6 verilerine göre, COPRAS yöntemi uygulandığında optimallik sıralamasında ilk üç sırayı 6, 4 ve 3 numaralı kümeler almaktadır.

MAIRCA yöntemine göre (13) – (21) numaralı formüllerin ilgili adımlarda belirtildiği şekilde uygulanmasıyla ortaya çıkan değerler Tablo 7, Tablo 8 ve Tablo 9'da, fark matrisi ve optimallik sıralaması ise Tablo 10'daki biçimde ortaya çıkmıştır.

COPRAS yöntemiyle elde edilen sıralama sonuçlarına benzer biçimde, MAIRCA yöntemiyle elde edilen sıralamada da ilk sırayı 6 numaralı küme, ikinci sırayı 4 numaralı küme, üçüncü sırayı ise 3 numaralı küme almıştır.

Sıralamada ilk sırada yer alan küme merkezinin coğrafi koordinatlarına bakıldığında ise bu lokasyonun Çorum ili, Merkez ilçesi, Karaca Köyü'ne tekabül ettiği görülmektedir. Kompost tesisi kuruluşuna yönelik bu ideal konum Şekil 2'de gösterilmektedir.

Sonuç

Çorum ilinde kompost tesisi için optimal kuruluş yerinin tespit edilmesi amacıyla yürütülen bu çalışmada işletme sayısı, büyükbaş hayvan sayısı, küme merkezine olan ortalama uzaklık, bağlı olduğu ilçe merkezine olan uzaklık, bağlı olduğu il merkezine olan uzaklık ve bağlı olduğu ilçede bulunan çalışma aralığındaki nüfus kriterleri kullanılmıştır. Daha kapsamlı bir çalışmanın yürütülmesi halinde hammaddeye, tedarikçilere ve, pazara yakınlık, işgücü kapasitesi, elektrik, yakıt, su, malzeme gibi altyapı olanakları ve maliyetleri, ulaşım-taşıma ve haberleşme olanakları ve maliyetleri, devletin teşvik politikaları, yörenin iklim koşulları, yörenin gelişme potansiyeli ve güvenlik, ekonomik, sosyal ve kültürel yapısı, çevresel etki değerlendirme düzenlemeleri ve subjektif yaklaşımlar gibi parametreler de çalışmaya dâhil edilmelidir.

Kompost tesisine hammadde kaynağı olması açısından hayvansal atıkların yanında evsel organik katı atıklar, sebze ve meyve kabukları, odun talaşı, atık kâğıtlar, yün ve pamuk kumaş parçaları, sap ve saman artıkları, yumurta kabukları gibi uygun atıklarla da tespit edilerek proses girdisi olarak değerlendirilmelidir.

Teşekkür

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında veri temini yönünden katkılarını sunan Çorum Tarım ve Orman İl Müdürlüğü'ne, danışmanlık sürecinde desteklerini esirgemeyen hocalarım Prof. Dr. Hüdaverdi Bircan'a ve Prof. Dr. Hasan Eleroğlu'na, emeği geçen tüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Kaynaklar

Alinezhad, A, Khalili J. 2019. New Methods and Applications in Multiple Attribute Decision Making (MADM) (C. 277). Springer.

- Arslan R, Bircan H, Eleroğlu H. 2018. ARAS ve COPRAS Yöntemleriyle Yozgat İlinde Kurulabilecek Biyogaz, Kompost, Vermikompost Tesislerinin Optimallik Sıralaması. Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6(12), 1844-1852. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i12.1844-1852.2319>
- Bardakçı S. 2020. SWARA Yöntemi. İçinde Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde Kriter Ağırlıklandırma Yöntemleri (1. bs, ss. 1-18). Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.
- Bircan H. 2020. Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde Kriter Ağırlıklandırma Yöntemleri (1. bs). Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.
- Bircan H, Eleroğlu H, Arslan, R. 2018. Yozgat İlinde Kurulabilecek Kompost Tesislerinin MOORA Yöntemiyle Optimallik Sıralaması. Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi, 5(12), 83-90.
- Castro D, Silva Parreiras F. 2018. A Review on Multi-Criteria Decision-Making for Energy Efficiency in Automotive Engineering. Applied Computing and Informatics, ahead-of-print. <https://doi.org/10.1016/j.aci.2018.04.004>
- Dalzell H. W. 1987. Soil management: Compost production and use in tropical and subtropical environments (C. 1). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/s8930e/s8930e.pdf>
- Dündar, S. (2021). Kümeleme Yöntemi ile TR83 Bölgesinde Hayvansal Atıkların Değerlendirilmesinde Optimal Tesis Yerlerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Kawai K, Liu C, Gamaralalage P. J. D. 2020. CCET Guideline Series on Intermediate Municipal Solid Waste Treatment Technologies: Composting. United Nations Environment Programme.
- Pamucar D, Lukovac V, Božanić D, Komazec N. 2018. Multi-criteria FUCOM-MAIRCA model for the evaluation of level crossings: Case study in the Republic of Serbia. Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications, 1(1), 108-129. <https://doi.org/10.31181/oresta190120101108p>
- Rona E. 2017. Sağlıklı Toprak ve Sağlıklı Bitkiler İçin Kompost Rehberi. Buğday Ekolojik Yaşamı Destekleme Derneği. http://www.bugday.org/portal/galeri/dosyalar/KompostRehber_SON.pdf
- Salabun W, Watrobski J, Shekhovtsov A. 2020. Are MCDA Methods Benchmarkable? A Comparative Study of TOPSIS, VIKOR, COPRAS, and PROMETHEE II Methods. Symmetry, 12(9), 1-55. <https://doi.org/10.3390/sym12091549>
- Stanujkic D, Karabasevic D, Zavadskas, E. K. 2015. A framework for the Selection of a packaging design based on the SWARA method. The Engineering Economics, 26(2), 181-187. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1350.9603>
- Zavadskas EK, Kaklauskas A, Peldschus F, Turskis Z. 2007. Multi-Attribute Assessment of Road Design Solutions By Using The COPRAS Method. The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering, 2(4), 195-203.
- Zolfani S, Šaparauskas J. 2013. New Application of SWARA Method in Prioritizing Sustainability Assessment Indicators of Energy System. Engineering Economics, 24, 408-414. <https://doi.org/10.5755/j01.ee.24.5.4526>