



## Selection of compost plant location by K-Means and ARAS methods in TR83 region

Sinan Dündar\*

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Sivas Cumhuriyet University, 58040, Sivas, Türkiye

### Highlights:

- Maintaining soil quality is an important issue for sustainable agriculture
- Making compost by reuse of animal manure will increase soil fertility
- Conversion of animal waste into compost will also have positive environmental effects

### Keywords:

- Compost
- K-Means
- SWARA
- MCDM
- ARAS

### Article Info:

Research Article

Received: 08.04.2022

Accepted: 24.12.2022

### DOI:

10.17341/gazimmfd.1100386

### Correspondence:

Author: Sinan Dündar

e-mail:

sinandundar@hotmail.com

phone: +90 533 470 5501

### Graphical/Tabular Abstract



Figure A. Steps for selection of optimal compost facility location

### Purpose:

The purpose of this study is to determine the optimal establishment location for construction of a compost facility in the TR83 Region, which consists of the provinces of Samsun, Tokat, Çorum and Amasya, located in the Central-Black Sea Region of Turkey (Figure A).

### Theory and Methods:

In the study, the geographical coordinates of all livestock breeding enterprises were determined by means of the web service provided by General Directorate of Maps, and these enterprises were separated into cluster categories by K-Means clustering method. ARAS method, which is among the multi-criteria decision-making techniques, was used in order to choose the most available one among these cluster alternatives for an entrepreneur who aims to invest in compost production. The optimum number of clusters to be applied for cluster analysis has been determined by Elbow and  $f(K)$  Function methods. SWARA method was used for determination of criteria and the weights of these criteria before the optimality ranking of the cluster alternatives.

### Results:

According to Elbow and  $f(K)$  Function methods, 18 clusters were determined as optimal cluster number. After application of K-Means Cluster Analysis, the center points of the clusters were determined. Meanwhile, the number of bovine and the number of enterprises for each cluster is revealed. 6 criteria for evaluation of multi-criteria decision making is calculated and these criteria are weighted. By means of ARAS method, optimal cluster center which is the optimal facility location is determined.

### Conclusion:

According to the results obtained, it has been determined that the three most suitable locations for compost production from animal wastes in TR83 Region among 18 cluster alternatives are the Suluova district center of Amasya province, central district of Tokat province and Kuşsaray village of the Çorum center.



## TR83 bölgesinde K-Means ve ARAS yöntemiyle kompost tesisi kuruluş yeri seçimi

Sinan Dündar\*

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 58040, Merkez, Sivas, Türkiye

### ÖNEÇIKANLAR

- Toprak kalitesinin korunması, sürdürülebilir tarım için önemli bir konudur
- Hayvan gübresini yeniden kullanarak kompost üretimi toprak verimliliğini artıracaktır
- Hayvan atıklarının kompost haline dönüştürülmesinin aynı zamanda olumlu çevresel etkileri olacaktır

### Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 08.04.2022

Kabul: 24.12.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.1100386

### Anahtar Kelimeler:

Kompost,  
k-means,  
MCDM,  
ARAS,  
SWARA

### ÖZ

Tarım arazilerinde verimlilik, tartışma konusu olmaya devam ederken çevresel açıdan olumsuz etkilere neden olan hayvansal atıkların değerlendirilmesi modern çağın kaçınılmaz bir sorunudur. Hâlbuki binlerce besicilik işletmesinde oluşan bu atıklar, toprağın rehabilitasyonu amacıyla kompost üretimi için kullanılabilir niteliktedir. Bu şekilde, atıkların neden olduğu çevresel etkiler asgari düzeye çekilebilecek, ekim faaliyetinde bulunan çiftçiler daha yüksek verim alabilecek ve her durumda bu kaynaktan ekonomik getiri sağlanabilecektir. Bu gerekçelerle Samsun, Tokat, Çorum ve Amasya illerinde faaliyet gösteren 123.123 adet besicilik işletmesinden çıkan atıkların kompost olarak değerlendirilmesine yönelik uygun kuruluş yeri seçimi amacıyla bu çalışma yapılmıştır. Tüm besicilik işletmelerinin coğrafi koordinatları belirlenerek bu işletmeler K-Means kümeleme yöntemi ile 18 küme kategorisine ayrılmıştır. Kompost üretimine yatırım yapmayı hedefleyen bir girişimcinin bu küme alternatiflerinden en uygun olanını seçmesine yardımcı olmak amacıyla çok kriterli karar verme teknikleri arasında yer alan ARAS yöntemi kullanılmıştır. Kümeleme analizi için uygulanacak optimum 18 küme sayısı Elbow (Dirsek) ve f(K) Fonksiyon yöntemleri ile belirlenmiştir. Küme alternatiflerinin optimallik sıralamasından önce belirlenen 6 kriterin ve bu kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi için SWARA yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre TR83 Bölgesinde 18 küme alternatifi içerisinde hayvansal atıklardan kompost üretimi için en uygun üç lokasyonun Amasya ili Suluova ilçe merkezi, Tokat ili Merkez ilçesi ve Çorum Merkez ilçesine bağlı Kuşsaray köyü olduğu belirlenmiştir.

## Selection of compost plant location by K-Means and ARAS methods in TR83 region

### HIGHLIGHTS

- Maintaining soil quality is an important issue for sustainable agriculture
- Making compost by reuse of animal manure will increase soil fertility
- Conversion of animal waste into compost will also have positive environmental effects

### Article Info

Research Article

Received: 08.04.2022

Accepted: 24.12.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.1100386

### Keywords:

Kompost,  
k-means,  
MCDM,  
ARAS,  
SWARA

### ABSTRACT

While productivity in agricultural lands continues to be the subject of discussion, the evaluation of animal wastes that cause negative environmental effects is an inevitable problem of the modern age. However, these wastes, which are generated from thousands of livestock enterprises, can be used for compost production for the rehabilitation of the soil. The environmental effects caused by these wastes will be minimized, the farmers engaged in planting activities will be able to get higher yields and economic returns will be provided in both respects. Depending on these reasons, this study is carried out to utilize the wastes generated from 123,123 livestock breeding enterprises operating in the provinces of Samsun, Tokat, Çorum and Amasya, for compost production. Geographical coordinates of all livestock enterprises were determined and these enterprises were divided into 18 cluster categories with K-Means clustering method. ARAS method, which is among the multi-criteria decision-making techniques, was used in order to choose the most available one among these cluster alternatives for an entrepreneur who aims to invest in compost production. The optimum number of 18 clusters to be applied for cluster analysis has been determined by Elbow and f(K) Function methods. SWARA method was used for determination of 6 criteria and the weights of these criteria before the optimality ranking of the cluster alternatives. According to the results obtained, it has been determined that the three most suitable locations for compost production from animal wastes in TR83 Region among 18 cluster alternatives are the Suluova district center of Amasya province, central district of Tokat province and Kuşsaray village of the Çorum center.

\*Sorumlu Yazar/Yazarlar / Corresponding Author/Authors : \*sinandundar@hotmail.com / Tel: +90 533 470 5501

## 1. Giriş (Introduction)

Maslow'un İhtiyaçlar Hiyerarşisi Piramidinin en alt tabakasını oluşturan nefes alma, beslenme, giyinme ve su gibi fizyolojik ihtiyaçlar, insanın hayatta kalma mücadelesindeki en temel unsurlardır. Maslow'un söz konusu yaklaşımına göre, bu ihtiyaçlar karşılanmadığında kalan diğer tüm ihtiyaçlar ikincil öncelik olarak kalacaktır. İnsan, belirli bir kategorideki ihtiyaçlarını tam olarak karşılamadan bir üst kategorinin ihtiyaçlarını algılayamaz. Örneğin günlük beslenme ihtiyaçlarını karşılamaktan mahrum kalan bir kişinin, entelektüel dünyasını geliştirmek için kitap okumasına gerek kalmayacaktır. Bu açıdan bakıldığında beslenme, insanoğlunun yaşamını sürdürebilmesi için en temel ihtiyaçlardan biridir.

Dünya nüfusunun özellikle son yıllarda hızlı bir artış eğilimine girmesi, gıda arzının sürdürülebilirliği açısından birtakım sorunlar yaratmaktadır. Gıda talebindeki artışa bağlı olarak ortaya çıkabilecek arz sorununu ortadan kaldırmak için günümüzde çeşitli çözümler uygulanmaktadır. Tarımda üretimi artırmak için toprağa ve bitkilere uygulanan gübre, zirai ilaç ve böcek ilaçları gibi kimyasallar ise toprak yapısında geçici veya kalıcı bozulmalara neden olabilmektedir.

Bu açıdan bakıldığında, sürdürülebilir bir gıda arzını sağlamak için toprak kalitesinin sürekli iyileştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Toprak yapısını iyileştirmenin en akılcı yollarından biri bu işlemi mümkün olduğunca doğal yöntemlerle gerçekleştirmektir. Hayvan gübresi, evsel organik katı atıklar, sebze ve meyve kabukları, odun talaşı, atık kâğıt, yün ve pamuklu kumaş atıkları, saman ve saman artıkları, yumurta kabukları gibi atıklardan elde edilebilen hammaddeler, toprak iyileştirme için kullanılabilir kompost üretimine yönelik en uygun kaynakların başında gelmektedir.

Kompost, kontrollü şartlar altında aerobik (oksijen gerektiren) mikroplar tarafından organik bir substratın (organizmaların üzerinde büyüdüğü bir yüzey) metabolizması yoluyla üretilen bir toprak ıslah materyalidir. Kompostlama, modern tarımda hala önemli uygulamaları olan tarihi çok uzun yıllara dayanan eski bir tarım teknolojisidir. Son yıllarda, modern tarımsal üretim sistemlerine yönelik olarak kompost konusuna ilgi, yeniden canlanmaya başlamaktadır. [1]. Kompost kullanımının çevresel ve ekonomik anlamda kazandırdığı çok sayıda faydası bulunmaktadır. Öncelikle kompostlama, organik atıkların çevresel yönetimi açısından önemli

bir araçtır. Depolama alanlarında iklim değişikliğinin önemli sebeplerinden olan sera gazlarının üretimini azaltır, toprağın organik madde miktarını ve besin değerini yeniler. Toprak erozyonunu etkili bir şekilde azaltmak veya ortadan kaldırmak ve yağmur suyu deşarjını filtrelemek için kullanılabilirliği gibi, yerel iş sahalarının oluşumuyla bölgedeki ekonomiye katkı sağlamaktadır. [2]. Kompost kullanımı toprak yönetiminin kolaylaştırılması, toprağın nem tutma kapasitesinin artırılması, erozyon riskinin azaltılması, toprak sıcaklığının düzenlenmesi gibi fiziksel özelliklerin yanında azot, fosfor ve potasyum gibi ana minerallerin temini, katyon değişim kapasitesinin iyileştirilmesi gibi kimyasal özelliklerin geliştirilmesine katkı sunmaktadır. Bunun yanında çözünmeyen maddelerin bitkiye temin edilmesi ve zararlı maddelerin bozunumunun sağlanması gibi biyolojik aktivitelere de yardımcı olmaktadır [3]. Atık Yönetimi Hakkında AB Müktesebat Rehberi'nde belirtildiği üzere, Avrupa Birliği'nin atıkların yönetimine dair beş ana hedefi bulunmaktadır [4];

- Çevre dostu olan ve daha az atık-yoğun teknoloji ve işlemlerin teşviki ve çevre dostu olup geri dönüşümü mümkün ürünler üretmek yoluyla atıkların önlenmesi,
- Özellikle hammadde olarak yeniden kullanım ve geri kazanım ile atıkların yeniden işleme tabi tutulmasının teşvik edilmesi,
- Avrupa düzeyinde bağlayıcı çevre standartlarının (özellikle de mevzuat bağlamında) ortaya konması suretiyle, atık bertarafının iyileştirilmesi,
- Tehlikeli maddelerin taşınmasına ilişkin hükümlerin sıkılaştırılması,
- Kirliliğe maruz kalmış arazilerin ıslah edilmesi

Bu aşamaya kadar izah edilemeye çalışılan gerekçelerden yola çıkarak gerçekleştirdiğimiz bu çalışmada, Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Samsun, Tokat, Çorum ve Amasya illerinden oluşan TR83 Bölgesinde, kompost üretim tesisi inşası için en uygun kuruluş yerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Şekil 1'de gösterilen ve 37.823 kilometrekarelik bir coğrafi alanı kapsayan bu dört ilde, kompost üretimi yoluyla hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan hayvan atıklarının neden olduğu çevresel zararın asgari düzeye indirilmesi, bu atıklardan ekonomik gelir elde edilmesi ve tarımsal alanların ıslah edilebilmesi amaçlanmaktadır. Özetle, çalışmanın temel amacı kırsal kesimde yaşayan büyükbaş hayvan yetiştiricilerine ekonomik gelir fırsatları sağlayarak kırsal kalkınma süreçlerine katkıda bulunmaktadır.



Şekil 1. TR83 Bölge Haritası (Map of TR83 Region)

Ülkemizde gerek uygulanan devlet desteklerinin gerekse bilinçli üretim metotlarının artışına paralel olarak hayvancılık konusunda önemli ilerlemeler kaydedilmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre, 2004 yılında Türkiye genelinde 10 milyon adet düzeyinde olan büyükbaş hayvan sayısı, 2019 yılı itibarıyla 18 milyon adet düzeyine yaklaşmış bulunmaktadır. Büyükbaş hayvan varlığının artışı ile doğru orantılı olarak hayvansal üretim konusunda da geçtiğimiz yıllar itibarıyla önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. 2001 yılında Türkiye genelinde 435.778 ton olan kırmızı et üretimi, 2019 yılına geldiğimizde 1.201.469 tona ulaşmış durumdadır. Benzer biçimde, süt üretimi değişimi ise aynı tarih aralığında 9.495.550 tondan 22.960.379 tona ulaşarak yaklaşık iki buçuk kat artış göstermiştir. TR83 Bölgesi'nde canlı hayvan değeri günden güne artmakta olup 1995 yılında 33.412.000 TL olarak belirlenen bu değer, 2019 yılına geldiğinde 8.056.175.000 TL düzeyine ulaşmış durumdadır. Canlı hayvan varlığı ve canlı hayvan değerlerine paralel olarak hayvansal ürün değerleri de anlamlı bir artış göstermektedir. 2019 yılı itibarıyla bu değer Samsun ilinde 737.763.000 TL, Tokat ilinde 608.511.000 TL, Çorum ilinde 607.627.000 TL ve Amasya ilinde ise 318.006.000 TL olarak gerçekleşmiştir [5].

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi için ihtiyaç duyulan veriler TR83 Bölgesinde faaliyet gösteren Tarım ve Orman İl Müdürlüklerinden temin edilmiştir. Söz konusu illerdeki besicilik işletme sayıları ve büyükbaş hayvan sayıları Eylül 2019 itibarıyla köy/mahalle düzeyinde ayrı ayrı belirlenmiştir.

Verilerin elde edilmesi aşaması tamamlandıktan sonra, veri madenciliği biliminin bir uygulaması olan K-Means küme analizi ile büyükbaş hayvan varlığı, bölgedeki büyükbaş yoğunluğunun dağılımı referans alınarak kümelere ayrılmıştır. Bir kompost üretim tesisinin inşası için belirlenen bu küme alternatifleri arasında optimallliği sıralamak için çok kriterli karar verme yöntemleri arasında bulunan ARAS yöntemi kullanılmıştır. K-Means Kümeleme Yöntemine geçilmeden önce ideal küme sayısını belirlenmesi amacıyla Elbow (Dirsek) yöntemi ve f(K) Fonksiyon yöntemlerinden yararlanılmış olup, çok kriterli karar verme yöntemleri uygulanmadan önce kriter sayısını belirlemek ve kriterleri ağırlıklandırmak için SWARA yöntemi kullanılmıştır.

K-Means kümeleme yöntemi için daha önce yapılmış çalışmalardan bazıları şu şekilde özetlenebilir;

Sinaga ve Yang [6] çalışmalarında, k-means algoritması için, herhangi bir başlatma ve parametre seçimi uygulamadan optimal sayıda kümeyi bulmayı hedefleyen denetimsiz bir öğrenme şeması oluşturmayı amaçlamışlardır.

Fuente-Tomas vd. [7], İspanya'da dört farklı bölgeden seçilen ve bipolar bozukluk gösteren 224 deneğin sosyo-demografi, klinik seyir, psikopatoloji, biliş, işlevsellik, yaşamsal belirtiler, antropometri ve laboratuvar analizlerine dayanarak hastalık seviyesine göre K-Means kümeleme yöntemiyle kategorize edilmesini amaçlamışlardır.

Kansal vd. [8], çalışmalarında farklı davranış biçimlerine sahip müşterilerin kategorilere ayrılmasına yönelik olarak K-Means, Agglomerative ve Meanshift yöntemlerinin her üçünün bir arada kullanımıyla dikkatsiz, dikkatli, standart, hedef ve duyarlı şeklinde tanımlama yoluna gitmişlerdir.

Khorshidi vd. [9], İran'ın kuzeybatı kesiminde yer alan bir sanayi kasabesindeki potansiyel ağır metal kirliliği kaynaklarını belirlemeyi bu kirlilik düzeyinin önem derecesini tespit etmeyi amaçlamışlardır. Topraktaki Cr, Ni, Co, Cu, V, Zn, Mn ve Pb elementleri analiz edilmiş, CODA ve K-Means tekniklerinin bir arada uygulanmasıyla deri fabrikaları, tuğla fabrikaları ve otoyolların ana kirlilik kaynakları olduklarını tespit etmişlerdir.

Priyanka ve Jayakarthish [10], çalışmalarında K-Means kümeleme algoritması kullanmak suretiyle yol durumu verilerini ve kazaların arkasındaki nedenleri analiz ederek veri setinde yer alan risk durumlarını ortaya çıkarmayı amaçlamışlardır.

Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri ile ilgili daha önce yapılmış çalışmalardan bazıları şu şekilde özetlenebilir; Zavadskas vd. [11], Ağırlıklı Çarpım Modelinden (WPM) 1,3 kat, Ağırlıklı Toplam Modelinden (WSM) 1,6 kat daha yüksek doğruluğa sahip WASPAS yöntemini geliştirmiş ve bugüne kadar çeşitli endüstriyel uygulamalarda uygulamıştır.

Stanujkic ve Jovanovic [12], bir fakülteye ait web sitesinin değerlendirilmesine yönelik olarak ARAS yöntemine dayalı, kullanımı kolay olan çok kriterli bir karar verme modeli önermişlerdir.

Zolfani ve Şaparauskas [13], enerji sisteminin sürdürülebilirlik değerlendirme göstergelerinin önceliklendirilmesine yönelik olarak SWARA metodunu uygulamışlardır. Kaynak göstergeleri, çevre göstergeleri, ekonomik göstergeler ve sosyal göstergeler ile bunların alt göstergeleri açısından bir öncelik sıralaması elde etmişlerdir.

Karabasevic vd. [14], SWARA ve ARAS yöntemlerini birlikte kullanarak sosyal, çevresel ve ekonomik ana göstergelerinin altında yer alan eğitim, çalışma ortamı ve çalışanlar, kültür ve sanat, sağlık ve güvenlik, sosyal ve insani dayanışma, çevre bilimi ve çevresel koruma, geri dönüşüm, doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi, temiz enerji kullanımı, kirliliğin önlenmesi, karlılığın ve karın korunması ve ekonomik kalkınmaya katkı gibi alt göstergeler doğrultusunda şirketlerin sosyal sorumluluk performansını ortaya koymayı amaçlamışlardır.

Karabasevic vd. [15], yazılım hatalarının parasal kayıplara neden olması kadar yazılım firmalarının itibarına da zarar vereceği düşüncesiyle, en uygun yazılım test yöntemi seçimine yönelik olarak ARAS yöntemini kullanmış olup çalışmada veri akışı, kontrol akışı, etkinlik, uygulama değerlendirmesi, tekil yönetim ve genel değerlendirme kriterlerini esas almışlardır.

Toklu vd. [16], Sakarya ilinde bulunan bir ağır metal fabrikasının üretim hattında kullanılan makine parçasının taşlanması için 3 tedarikçi arasından en uygun tedarikçinin seçilmesini amaçlamış olup kriter ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla SWARA yöntemini, alternatiflerin optimallik sıralaması içinse WASPAS yöntemini kullanmışlardır.

Gölcük vd. [17], iş güvenliği risklerinin değerlendirilmesi için yeni bir hata türü ve etkileri analizi modeli önerisi kapsamında çok kriterli karar verme yöntemlerinden FUCOM methodology ile birlikte çizge teorisi-matris yaklaşımını bir arada kullanarak klasik FMEA yaklaşımının dezavantajlarını ortadan kaldırmayı hedeflemişlerdir.

Erdemir vd. [18], bir belediye bünyesinde çalışan personelin performans değerlendirmelerini gerçekleştirmek amacıyla dört ana kriter ve yirmi alt kriteri referans olarak AHP methodology ile kriterleri ağırlıklandırmış ve TOPSIS methodology ile performans değerlendirmelerini gerçekleştirmişlerdir.

ARAS yöntemi bugüne kadar taşeron seçimi, personel seçimi, şirketlerin kurumsal sosyal sorumluluk göstergelerine göre sıralanması, petrol ve gaz kuyusu sondaj projelerinin değerlendirilmesi, sürdürülebilir bina değerlendirilmesi gibi çeşitli karar verme problemlerini çözmek amacıyla uygulanmış olup tarımsal bir tesisin kuruluş yeri seçimine yönelik olarak bu yöntemden ilk defa bu çalışmada yararlanılmıştır. Bununla birlikte, çok kriterli karar

verme süreçlerinde alternatiflerin genellikle hazır olarak bulunması söz konusu iken bu çalışmada alternatiflerin bir kümeleme analizi sonucu gerçek verilere dayalı olarak ortaya çıkarılması, çalışmayı uygulama açısından diğer yöntemlerden ayıran önemli bir yanıdır.

## 2. Teorik Metot (Theoretical Method)

### 2.1. Veri Temini (Data Acquisition)

TR83 Bölgesinde K-Means ve ARAS Yönetimiyle Kompost Tesisi Kuruluş Yeri Seçimi başlıklı bu çalışmada Samsun, Tokat, Çorum ve Amasya Tarım ve Orman İl Müdürlüklerinden temin edilen büyükbaş hayvancılık işletmeleri ve bu işletmelerdeki büyükbaş hayvan sayıları, araştırmanın temel veri kaynağını oluşturmaktadır. Samsun'dan 56.349, Tokat'tan 29.917, Çorum'dan 22.911 ve Amasya'dan 13.946 olmak üzere toplamda 123.123 adet büyükbaş hayvancılık işletme sayısı tespit edilmiştir. Bu işletmelerdeki sığır ve mandadan oluşan büyükbaş hayvan sayıları ise Samsun'da 653.685, Tokat'ta 467.498, Çorum'da 383.775, Amasya'da 310.918 ve toplamda 1.815.876 olarak belirlenmiş ve bu çalışmanın evrenini oluşturmuştur.

Kırk ve daha düşük sayıda büyükbaş hayvan kapasitesine sahip birçok işletmenin hayvansal atıklarını kendi tarım arazilerinde kullanması, düşük miktarda çıkan bu atıkların çiftçi ve çevre açısından problem teşkil etmemesi ve küçük çaplı işletmeler açısından yüksek nakliye maliyeti oluşturması nedeniyle, bu kapasitedeki işletmeler değerlendirilmeden çıkarılarak yeni bir liste oluşturulmuştur. Elde edilen yeni veri setine göre Samsun'dan 1.284, Tokat'tan 1.267, Çorum'dan 1.539 ve Amasya'dan 1.160 adet olmak üzere toplamda 5.250 işletme, gerçekleştirilecek olan analize yönelik ana veri kitlesi

haline getirilmiştir. Bu kapsamda, çalışmada kullanılacak büyükbaş hayvan sayısı Samsun'da 188.892, Tokat'ta 179.272, Çorum'da 159.574, Amasya'da 166.756 olmak üzere toplamda 694.494 olarak belirlenmiştir. TR83 Bölgesinde büyükbaş hayvan sayısı ve büyükbaş hayvan besi işletme sayısı özeti Tablo 1'de ifade edildiği şekildedir.

### 2.2. İşletmelerin Coğrafi Koordinatlarının Belirlenmesi (Determination of Geographical Coordinates of Enterprises)

Her bir besicilik işletmesinin yer aldığı 5.250 yerleşim yerinin coğrafi konumları, Harita Genel Müdürlüğü tarafından sağlanan web hizmeti kullanılarak dik koordinat sistemine göre tek tek belirlenmiştir. Bu amaçla kullanılan web uygulamasının ekran görüntüsü Şekil 2'de gösterilmiştir.

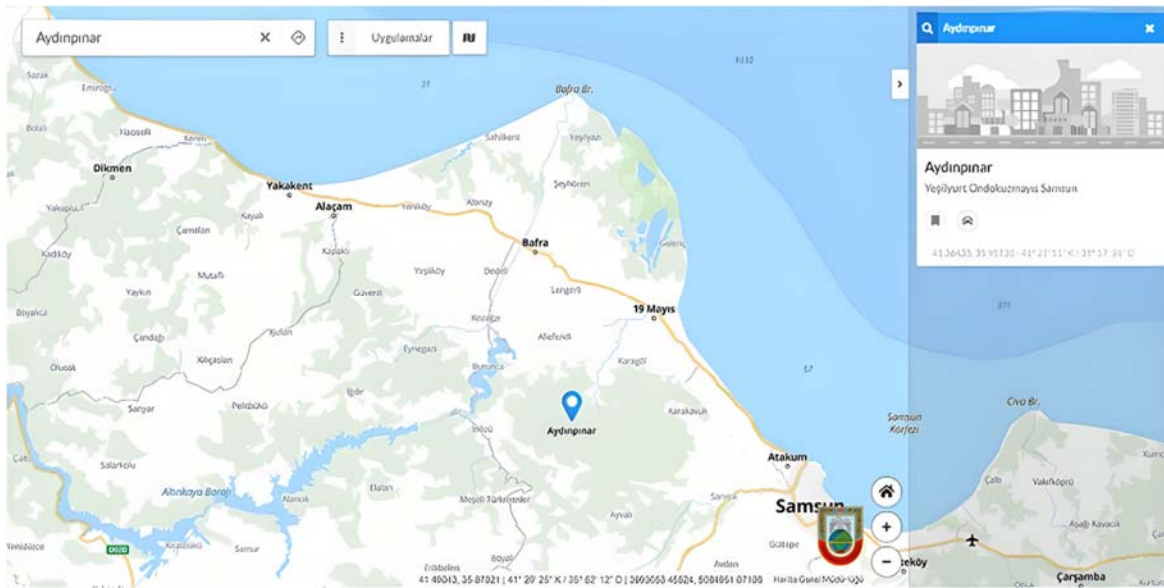
### 2.3. İdeal Küme Sayısının Belirlenmesi (Determination of Optimum Number of Clusters)

Kümeleme analizi esnasında dikkate alınacak olan küme sayısının (k) ne olması gerektiği konusunda tereddütler yaşanabilmektedir. Veriler hakkında önceden bilgi sahibi olunması durumunda bu bilgiler yol gösterici olabilirken, bu konuda herhangi bir bilgi sahibi olunmaması durumunda farklı metotların kullanılması kaçınılmaz olacaktır. Farklı k değerlerinin deneme yanılma yöntemiyle uygulanarak küme içi kareler toplamını en düşük düzeye indirgeyen değerin tespit edilmesi gerekmektedir [19].

Optimum küme sayısının ne olması gerektiği konusunda farklı yöntemler uygulanmaktadır. Bu yöntemlerin öne çıkan bazıları By Rule Of Thumb, Elbow Yöntemi, Information Criterion Approach,

**Tablo 1.** TR83 Bölgesinde Büyükbaş Hayvan ve İşletme Sayısı (Number of Bovine and Enterprises in TR83 Region)

	Büyükbaş Besi İşletme Sayısı	Büyükbaş Hayvan Sayısı	Kırktan Daha Fazla Sayıda Büyükbaşa Sahip İşletme Sayısı	Kırk ve Üzeri Büyükbaş Sayısına Sahip İşletmelerdeki Büyükbaş Sayısı
Samsun	56.349	653.685	1.284	188.892
Tokat	29.917	467.498	1.267	179.272
Çorum	22.911	383.775	1.539	159.574
Amasya	13.946	310.918	1.160	166.756
Toplam	123.123	1.815.876	5.250	694.494



**Şekil 2.** Coğrafi Koordinatların Belirlenmesinde Kullanılan Web Uygulaması (Web Application Used to Determine the Geographical Coordinates)

An Information Theoretic Approach, Choosing k Using the Silhouette, Cross Validation [20], The Gap Statistic Algorithm, The Silhouette Coefficient Algorithm, The Canopy Algorithm [21] ve f(K) Fonksiyonu yöntemleridir.

K-Means küme analizine geçmeden önce, bölgedeki işletmelerin kaç kümeyle ayrılması gerektiğini belirlemek için Elbow ve f(K) Fonksiyon yöntemleri birlikte değerlendirilmiştir. 1-50 küme sayısı aralığında farklı 'küme içi kareler toplamı' (WCSS) ve 'gerçek distorsiyonun tahmini distorsiyona oranı' (f(K)) değerleri bulunmuştur.

### 2.3.1. Dirsek metodu (Elbow method)

Dirsek yöntemi, küme sayısının bir fonksiyonu olarak ifade edilen, varyans yüzdesine dayalı bir yöntemdir. Bu yöntem, ilave bir küme eklendiği takdirde verilerin daha iyi modellenmesini artık sağlamamaya başlayan bir dizi kümenin seçilmesi gerektiği fikrine dayanmaktadır. Herhangi bir küme tarafından ifade edilen varyans yüzdesi, küme sayısına karşılık gelecek şekilde grafiksel olarak çizilir. İlk kümeler çok yüksek varyans değerine sahip olacaktır ancak belirli bir noktadan sonra marjinal kazanç önemli ölçüde azalacak ve grafikte dirsek şeklinde bir açı oluşturacaktır. İşte bu nokta doğru küme sayısını ifade etmektedir [22]. Birinci noktanın x koordinatı  $X_1$ , birinci noktanın y koordinatı  $Y_1$ , ikinci noktanın x koordinatı  $X_2$ , ikinci noktanın y koordinatı  $Y_2$  olmak üzere, Eş. 1 aracılığıyla iki nokta arasındaki uzaklığın karesi ( $d^2$ ) bulunmaktadır [23].

$$d^2 = (X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2 \quad (1)$$

### 2.3.2. f(K) fonksiyonu metodu (f(K) function method)

Kümeleme, veri dağılımındaki düzensizlikleri bulmak ve nesnelerin yoğunlaştığı bölgeleri belirlemek için kullanılmaktadır. Bununla birlikte, nesnelerin yoğun olduğu her bölge bir küme olarak kabul edilmemektedir. Bir bölgenin küme olarak tanımlanabilmesi için, sadece iç dağılımını değil, aynı zamanda veri setindeki diğer nesne gruplarıyla karşılıklı bağımlılığını da incelemek gerekmektedir. K-Means kümeleme yönteminde bir kümenin distorsiyonu; veri topluluğu ile nesnelerin ve küme merkezinin arasındaki uzaklığın bir fonksiyonu olarak ifade edilmektedir. Eş. 2'de  $I_j$ ; j kümesinin distorsiyonunu,  $w_j$ ; j kümesinin merkez noktasını,  $N_j$ ; j kümesine ait veri sayısını,  $x_{jt}$ ; j kümesine ait t'inci nesneyi ve  $d(x_{jt}, w_j)$  ise j kümesinin  $x_{jt}$  ve  $w_j$  nesneleri arasındaki mesafeyi ifade etmektedir [24].

$$I_j = \sum_{t=1}^{N_j} [d(x_{jt}, w_j)]^2 \quad (2)$$

Her bir küme, belirtilen K küme sayısı kapsamında kendi distorsiyonu ve tüm distorsiyonlara yönelik katkısını içeren etkisiyle,  $S_K$  şeklinde temsil edilmektedir [24].

$S_K$  değerinin hesaplanmasına yönelik süreç Eş. 3'teki gibi gerçekleştirilmektedir.

$$S_K = \sum_{j=1}^K I_j \quad (3)$$

f(K) değerinin hesaplanması ise Eş. 4 ve Eş. 5 yardımıyla gerçekleştirilir.

$$\alpha_K = \begin{cases} 1 - \frac{3}{4N_d} & K = 2 \text{ ve } N_d > 1 \\ \alpha_{K-1} + \frac{1-\alpha_{K-1}}{6} & K > 2 \text{ ve } N_d > 1 \end{cases} \quad (4)$$

$$f(K) = \begin{cases} 1, & K = 1 \\ \frac{S_K}{\alpha_K S_{K-1}}, & S_{K-1} \neq 0, \forall K > 1 \\ 1, & S_{K-1} = 0, \forall K > 1 \end{cases} \quad (5)$$

$S_K$  toplam küme distorsiyonunu,  $N_d$  veri boyutunu,  $\alpha_K$  ise ağırlık faktörünü ifade etmektedir. f(K) değeri, gerçek distorsiyonun tahmini distorsiyona oranı olmakta olup bu değer veri dağılımı üniform bir hale geldiğinde 1'e yaklaşmaktadır. f(K) değeri ne kadar küçük olursa, K küme sayısının o derece iyi tanımlanmış olduğu kabul edilebilir [24].

Bu yöntemde elde edilen f(K) değerinin 0,85'ten küçük olması önerilmektedir. Ancak bu şart yerine getirilememişse küme sayısı 1 olarak alınmaktadır [24].

### 2.4. Kümeleme Analizi (Cluster Analysis)

K-Means kümeleme yöntemi, büyük verileri kümelemek için iyi ve hızlı bir yöntem olması nedeniyle birçok ticari verilerin değerlendirilmesinde etkili bir yöntemdir. K-Means yöntemi, elli seneden daha uzun bir süredir pratik uygulamalarda son derece yaygın olarak kullanılıyor olması, düşük sayıda küme oluşturma beklentisi olduğu durumlarda hiyerarşik kümeleme yöntemlerine göre çok daha hızlı sonuç vermesi ve uygulama kolaylığı gibi nedenlerle, bu çalışmada tercih edilen kümeleme yöntemi olmuştur.

K-Means kümeleme yöntemi, eldeki veriler doğrultusunda kümeler oluşturmak açısından basit ancak etkili bir algoritmadır. Bu yöntemle ilişkin uygulama adımları şu şekilde sıralanabilmektedir [25];

- Adım 1: Veri kümesinin bölünmesi gereken küme sayısının belirlenmesi,
- Adım 2: k adet küme için ilk küme merkezlerinin rastgele atanması,
- Adım 3: Her küme verisi için en yakın küme merkezinin tespit edilmesi,
- Adım 4: k adet küme için küme sentroidinin bulunması ve her küme merkezinin konumunun sentroidin yeni değerine göre güncellenmesi,
- Adım 5: Yakınsama veya sonlandırma tamamlanana kadar 3 ile 5 arasındaki süreçlerin tekrar edilmesi

Üçüncü adımda ifade edilen her küme verisinin en yakın küme merkezine uzaklığı, Öklid Uzaklığı cinsinden;

$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$  formülü yardımıyla bulunmaktadır. Dördüncü adımdaki her bir yeni küme merkezi ise x ve y koordinatlarının ortalamaları alınmak üzere  $\bar{x} = \frac{\sum x_n}{n}$  ve  $\bar{y} = \frac{\sum y_n}{n}$  formülü ile elde edilmektedir.

Veri madenciliği biliminin bir uygulaması olarak K-Means kümeleme analizi belirlenen büyükbaş hayvan sayısı ve işletmelerin coğrafi koordinatları vasıtasıyla SPSS paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

### 2.5. Kriterlerin ve Kriter Ağırlıklarının SWARA Yöntemiyle Belirlenmesi (Determination of Criteria and Criterion Weights with SWARA Method)

K-Means kümeleme yöntemi ile elde edilen kümeler arasından en uygun kuruluş yeri seçilmeden önce, seçim sürecinde hangi kriterlerin dikkate alınması gerektiği ve bu kriterlerin ağırlıklarının ne kadar olması gerektiğinin belirlenmesi gerekmektedir.

Kriterlerin ve kriter ağırlıklarının belirlenmesi aşamasında her bir karar vericinin kendi görüşünü ortaya koyabilmesi, konuyla ilgili uzmanların ya da paydaşların görüşlerini ortaya çıkarabilmesi ve bu nedenle her uzmanın sahip olduğu bilgi ve tecrübesini kullanmasına imkan vermesi nedeniyle SWARA (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis) yöntemi tercih edilmiştir.

Alanında uzman kişilerin görüşleri doğrultusunda yapılan değerlendirmeler SWARA yönteminde önemli bir bilgi kaynağıdır. Tüm uzmanlar tarafından belirlenen kriterler aynı uzmanlar tarafından önceliklendirilir. Bu nedenle, bu yöntemin öznel bir özelliği vardır. Değerlendirme sonucunda en yüksek puana sahip kriter ilk önem sırasına yerleşirken, elde edilen puanlamaya göre azalan bir sıralama yapılır.

SWARA metodu beş uygulama adımından oluşmaktadır [26];

Adım 1: Kriterler, beklenen önem derecelerine göre azalan biçimde sıralanır.

Kriterler en önemliden en önemsizine doğru önem sırası dikkate alınarak 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 Belirlenmesi

Eş. 6 yardımıyla  $k_j$  katsayısının hesaplaması gerçekleştirilir.

$$k_j = \begin{cases} 1, & j = 1 \\ S_j + 1, & j > 1 \end{cases} \quad (6)$$

Adım 4: Yeniden Hesaplanan  $q_j$  Ağırlığının Belirlenmesi

Eş. 7 aracılığıyla  $q_j$  katsayısının hesaplanması gerçekleştirilir.

$$q_j = \begin{cases} 1, & j = 1 \\ \frac{q_{j-1}}{k_j}, & j > 1 \end{cases} \quad (7)$$

Adım 5: Değerlendirme Kriterlerinin Göreceli Ağırlıkların Hesaplanması

Eş. 8 yardımıyla göreceli ağırlıkların hesaplanması tamamlanır.

$$\omega_j = \frac{q_j}{\sum_{k=1}^n q_k} \quad (8)$$

## 2.6. Kuruluş Yeri Seçimi için ARAS Yöntemiyle İdeal Kümenin Belirlenmesi

(Determination of Optimal Cluster for Establishment Location with ARAS Method)

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri yüksek düzeyde belirsizlik, çelişkili hedefler, veri ve bilginin farklı modellerini içeren, karmaşık problemleri ele alma açısından uygun, Yöneylem Araştırması uygulamalarının bir dalıdır. Çok Kriterli Karar Verme sürecini, bir yönetim seviyesi ve bir de mühendislik seviyesi içeren karmaşık ve dinamik bir süreç olarak düşünebiliriz. Yönetim seviyesi hedeflerin tanımlanması ve nihai optimal alternatifin seçimi ile ilgilenirken mühendislik seviyesi alternatifleri tanımlar, bu alternatifler arasında birini seçmenin doğuracağı sonuçları çeşitli kriterler açısından ortaya koyar ve alternatiflerin çok kriterli sıralamasını gerçekleştirir. Mühendislik seviyesi optimizasyon prosedürünü uygular. Yönetim düzeyinde olan karar vericiler, mühendislik seviyesi tarafından önerilen çözümü kabul etme veya reddetme gücüne sahip olmalıdır. Karar verme süreci genellikle problemin tanımlanması, alternatiflerin oluşturulması ve kriterlerin belirlenmesi, kriterlerin seçimi, kriterlerin ağırlıklandırılması, değerlendirme, uygun çok kriterli yöntemin seçilmesi ve son olarak da alternatiflerin sıralanması şeklinde beş ana aşamadan oluşmaktadır [27]. Bu çalışmada, her bir küme alternatifinin sunduğu fayda derecesine dayalı mantıksal bir karşılaştırmaya olanak sağladığı için ARAS yöntemi ile seçim

yapılması tercih edilmiştir. Bu şekilde her bir alternatif kümenin avantaj ve dezavantajları birlikte değerlendirilerek optimal seçim stratejisi geliştirilmiştir.

Belirlenen kriterlere göre en iyi alternatifi seçmeyi amaçlayan Additive Ratio ASsessment (ARAS) yöntemi, 2010 yılında Zavadskas ve Turskis tarafından ortaya konulmuş olup alternatiflerin nihai sıralamasının, her bir alternatifin fayda derecesinin belirlenerek yapılması amaçlanmıştır. Bu hususlar göz önüne alındığında, ARAS tekniğinin işe alım ve personel seçimi, faktöring şirketlerinin sıralamasının yapılması gibi çeşitli uygulamaları bulunmaktadır [28].

Yöntemde izlenen adımlar şu şekildedir [29];

Adım 1: Başlangıç Karar Matrisinin Oluşturulması

ARAS yönteminde başlangıç karar matrisinin oluşturulması Eş. 9 ile ifade edilmektedir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{01} & x_{02} & \dots & x_{0n} \\ x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad i = 0,1,2, \dots, m \text{ ve } j = 1,2, \dots, n \quad (9)$$

$$x_{0j} = \max_i x_{ij}; \text{ fayda durumu}$$

$$x_{0j} = \min_i x_{ij}; \text{ maliyet durumu}$$

Adım 2: Başlangıç Karar Matrisinin Normalizasyonu

Kriter fayda yönlü ise başlangıç karar matrisi Eş. 10 yardımıyla, maliyet yönlü ise Eş. 11 yardımıyla normalleştirilir. Bu işlemler sonucunda Eş. 12'de ifade edilen normalleştirilmiş karar matrisi elde edilir.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m x_{ij}}; \text{ fayda durumu} \quad (10)$$

$$\bar{x}_{ij} = \frac{\frac{1}{x_{ij}}}{\sum_{i=0}^m \frac{1}{x_{ij}}}; \text{ maliyet durumu} \quad (11)$$

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} \bar{x}_{01} & \bar{x}_{02} & \dots & \bar{x}_{0n} \\ \bar{x}_{11} & \bar{x}_{12} & \dots & \bar{x}_{1n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \bar{x}_{m1} & \bar{x}_{m2} & \dots & \bar{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad i = 0,1,2, \dots, m \text{ ve } j = 1,2, \dots, n \quad (12)$$

Adım 3: Ağırlıklandırılmış Matrisin Elde Edilmesi

Normalize edilen matrisinin kriter ağırlıkları çerçevesinde ağırlıklandırılması adımı Eş. 13 ile gerçekleştirilerek, Eş. 14 ile ifade edilen ağırlıklandırılmış karar matrisi elde edilir.

$$\hat{x}_{ij} = \bar{x}_{ij} \cdot \omega_j; \quad i = 0, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n \quad (13)$$

$$\hat{X} = \begin{bmatrix} \hat{x}_{01} & \hat{x}_{02} & \dots & \hat{x}_{0n} \\ \hat{x}_{11} & \hat{x}_{12} & \dots & \hat{x}_{1n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \hat{x}_{m1} & \hat{x}_{m2} & \dots & \hat{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad i = 0,1,2, \dots, m \text{ ve } j = 1,2, \dots, n \quad (14)$$

Adım 4: Optimumluk Fonksiyonunun Hesaplanması

$i$ . kriterin optimallik fonksiyonu olarak ifade edilen  $S_i$  değerinin hesaplanması, Eş. 15 yardımıyla gerçekleştirilir.

$$S_i = \sum_{j=1}^n \hat{x}_{ij}; i = 0, \dots, m; j = 1, \dots, n \quad (15)$$

Adım 5: Fayda Derecesinin Hesaplanması ve Sıralamanın Elde Edilmesi

Bir alternatifin optimallik fonksiyonu ile en iyi alternatifin optimallik fonksiyonu değerinin mukayesesi sonucunda bulunan fayda derecesi, Eş. 16 yardımıyla elde edilir.

$$K_i = \frac{S_i}{S_o}; i = 0, \dots, m \quad (16)$$

Bu formüllerde yer alan  $S_i$  bir karar seçeneğinin optimumluk fonksiyonu olarak ifade edilirken,  $S_o$  ise en iyi karar seçeneğinin optimumluk fonksiyon değeri olarak adlandırılmaktadır.

Hesaplanan  $K_i$  değeri, büyükten küçüğe doğru sıralamaya tabi tutulur.

### 2.7. Duyarlılık Analizi (Sensitivity Analysis)

Uygulanan çok kriterli karar verme yöntemi için duyarlılık analizi, en önemli kriter ağırlığının aşamalı olarak önce %1, sonrasında ise %2 azaltılmasıyla 50 farklı senaryo üzerinden Eş. 17 yardımıyla bulunmaktadır [30].

$$w_n: (1 - w_D) = w_n^*: (1 - w_D^*) \quad (17)$$

Eşitlikte yer alan  $w_D$ ; en baskın kriterin orijinal ağırlığını,  $w_D^*$ ; en baskın kriterin düzeltilmiş ağırlığını,  $w_n$ ; n. kriterin orijinal ağırlığını ve  $w_n^*$  ise n. kriterin düzeltilmiş ağırlığını ifade etmektedir.

Elde edilen her bir yeni kriter ağırlığı için ortaya çıkan  $K_i$  değerlerine göre alternatiflerin değişen sıralaması yeniden düzenlenecektir.

### 3. Uygulama (Implementation)

Bu çalışma için Samsun, Tokat, Çorum ve Amasya illerinde faaliyet gösteren Tarım ve Orman İl Müdürlüklerinden her ildeki besicilik işletmeleri verileri istenmiş ve 123.123 işletme ve 1.815.876 büyükbaş hayvan sayısı belirlenmiştir.

Kırk ve üzeri büyükbaş hayvan bulunan işletmeler filtrelenerek nihai değerlendirmeye tabi tutulacak yeni bir veri seti oluşturulmuştur. Yeni veri setinde besicilik işletme sayısı 5.250, büyükbaş hayvan sayısı ise 694.494 olarak dikkate alınmıştır.

İşletme sayısının oldukça fazla olması nedeniyle liste kısaltılarak Tablo 2'deki gibi özetlenmiştir.

Elde edilen verilere göre bölgedeki büyükbaş hayvan popülasyonunun yoğunluk diyagramı Şekil 3'te gösterilmektedir.

Her bir besicilik işletmesi için Haritalar Genel Müdürlüğü web uygulaması kullanılarak elde edilen coğrafi koordinatların özet listesi Tablo 3'te verilmiştir.

Kümeleme analizi aşamasına geçilmeden önce ideal küme sayısının tespit edilmesi amacıyla Eş. 1 yardımıyla Elbow yöntemi, Eş. 2, Eş. 3, Eş. 4 ve Eş. 5 yardımıyla ise  $f(K)$  Fonksiyonu yöntemleri uygulanmıştır. 1-50 arası muhtemel küme sayılarının her biri için küme içi kareler toplamı ve  $f(K)$  Fonksiyonu değerleri tek tek belirlenmiş olup sonuçlar Tablo 4'te ifade edilmiştir.

1'den 50'ye kadar olası küme alternatifleri kullanılarak belirlenen her bir WCSS ve  $f(K)$  değeri için elde edilen grafik Şekil 4'te gösterilmiştir.

Dirsek yönteminin ve  $f(k)$  Fonksiyon yönteminin prensipleri bir arada düşünüldüğünde, küme içi kareler toplamının önemli bir azalma göstermediği ve  $f(K)$  değerinin 0,85'ten küçük olduğu '18 küme sayısı' değeri tercih edilmiştir.

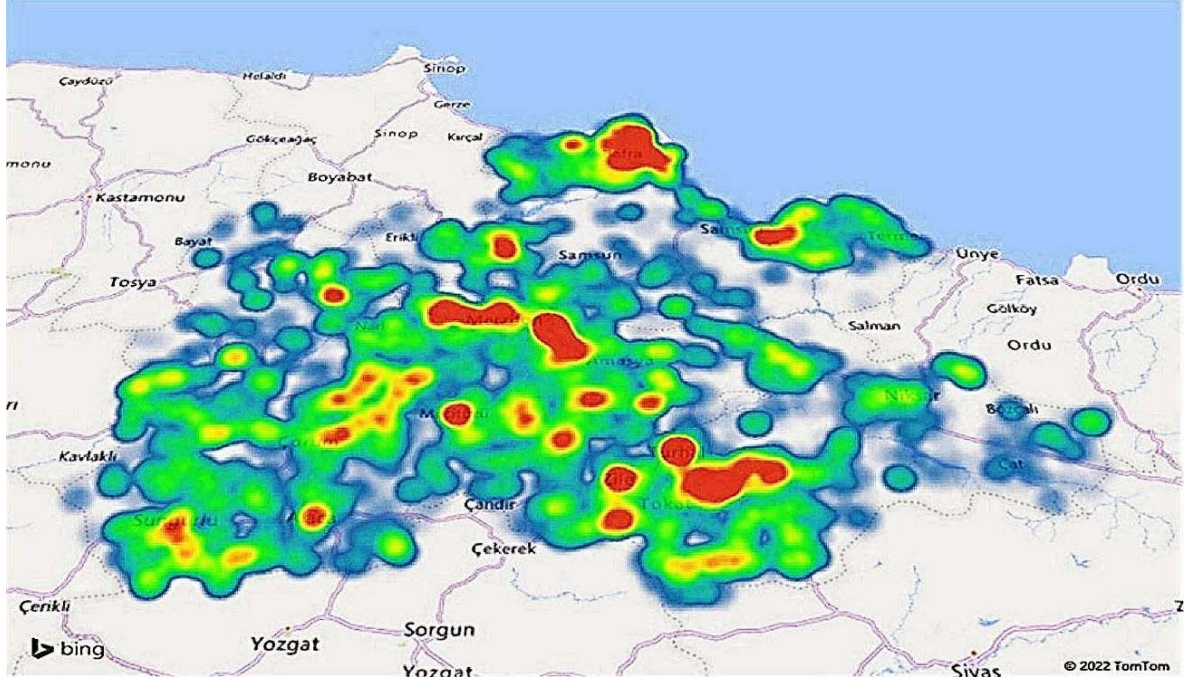
Değerlendirmeye alınan bu 18 küme için daha önceki aşamalarda belirlenen büyükbaş hayvan sayısı ve işletmelerin coğrafi koordinatları kullanılarak kümeleme analizi yapılmıştır. Bu amaçla SPSS paket programı kullanılarak K-Means kümeleme yöntemi uygulanmıştır. Belirlenen kümelerin merkezleri ve her kümedeki büyükbaş hayvan sayıları ise Tablo 5'te gösterilmiştir.

Ayrıca, büyükbaş hayvan sayısına bağlı olarak her kümenin göreceli boyutları Şekil 5'te gösterildiği gibidir.

**Tablo 2.** Büyükbaş Besi İşletme Listesi (List of the Livestock Breeding Enterprises)

İl	İlçe	Köy/Mahalle	Sığır Sayısı	Manda Sayısı
Samsun	19 Mayıs	Beylik	171	0
Samsun	Alaçam	Doyran	23	49
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
Tokat	Niksar	Gürçeşme	139	19
Tokat	Niksar	Sarıyazı	52	11
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
Çorum	Merkez	Hacımusca	63	227
Çorum	Ortaköy	Karahacip	32	21
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
Amasya	Merkez	Duruca	285	22
Amasya	Merzifon	Kayadüzü	46	12
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
Toplam			694.494	





Şekil 3. TR83 Bölgesi Büyükbaş Hayvan Yoğunluk Diyagramı (Intensity Diagram of the Bovine Population in TR83)

Tablo 3. İşletmelere Ait Coğrafi Koordinatlar (Geographical Coordinates of Enterprises)

İl	İlçe	Köy/Mahalle	Sığır Sayısı	Manda Sayısı	X Koordinatı	Y Koordinatı
Samsun	19 Mayıs	Beylik	171	0	41,46058	36,08645
Samsun	Alaçam	Doyran	23	49	41,63005	35,69090
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
Tokat	Niksar	Gürçeşme	139	19	40,57465	36,80441
Tokat	Niksar	Sarıyazı	52	11	40,57423	36,85529
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
Çorum	Merkez	Hacımusa	63	227	40,50092	35,09379
Çorum	Ortaköy	Karahacip	32	21	40,2586	35,16793
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
Amasya	Merkez	Duruca	285	22	40,73394	35,78651
Amasya	Merzifon	Kayadüzü	46	12	40,87689	35,58432
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

Elde edilen her bir kümenin harita üzerinde gösterimi ise Şekil 6'daki gibi gerçekleşmiştir.

Seçim kriterlerinin belirlenmesi ve bu kriterlerin ağırlıklandırılması amacıyla, tarımsal konularda deneyimli üç akademisyenin görüşlerine başvurulmuştur. Bir kompost tesisinin kapasitesini belirleyen en önemli parametrenin hayvan gübresi olması nedeniyle, değerlendirme sürecinde kümedeki işletme sayısı ilk kriter olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, kümedeki büyükbaş hayvan sayısı da aynı nedenle ikinci kriter olarak değerlendirilmiştir. Hayvansal atıkların taşınması ayrı bir maliyet kalemi olduğundan işletmelerin küme merkezine uzaklığı üçüncü kriter olarak belirlenmiştir. İlçe merkezine uzaklık ve

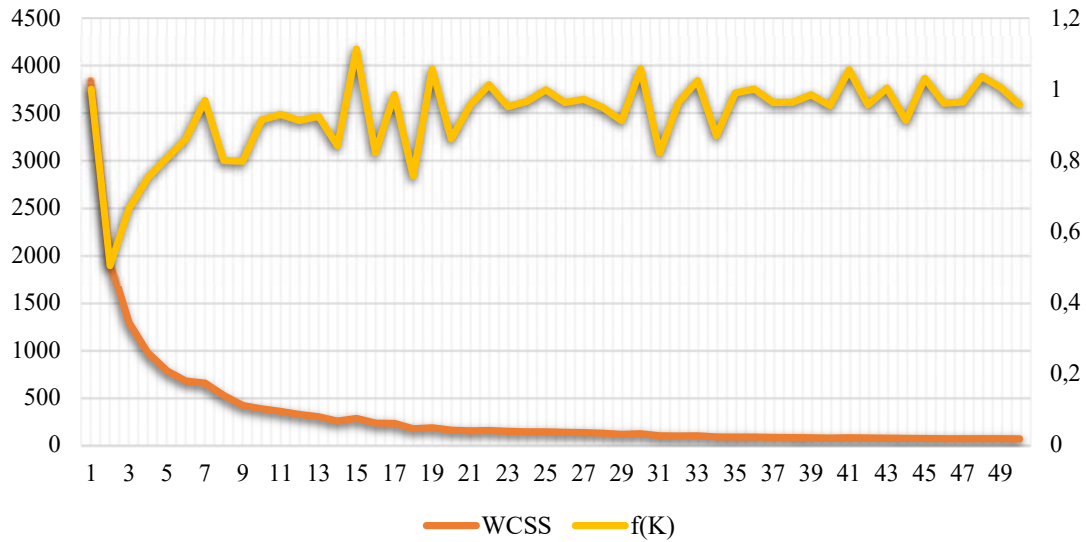
şehir merkezine uzaklık parametreleri; insan kaynağı temini, işletme hizmeti veya güvenlik gibi nedenlerle dördüncü ve beşinci kriter olarak belirlenmiştir. Tesisin bulunduğu ilçeden iş gücü temini amacıyla, ilçede iş gücü aralığındaki 15-64 yaş arasındaki nüfus da altıncı ve son kriter olarak alınmıştır.

Değerlendirmeye dahil olan üç karar verici (DM) tarafından belirlenen kriter (C) listesi şu şekilde özetlenebilir;

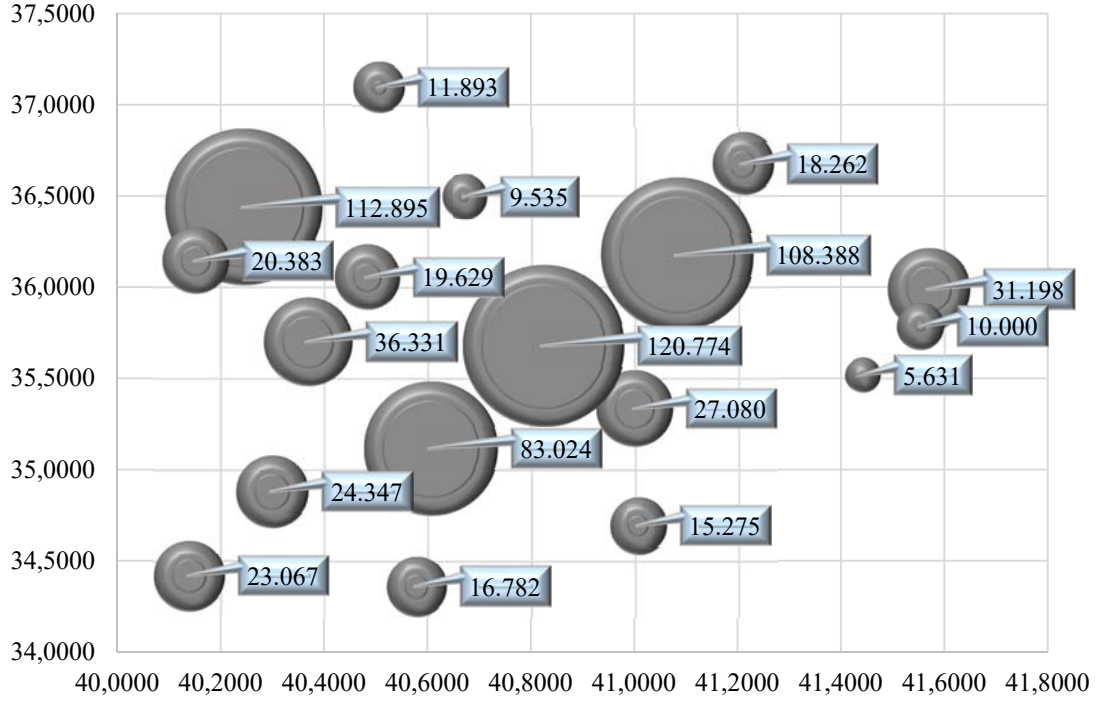
- C1: Kümeye Dâhil Olan İşletme Sayısı
- C2: Kümeye Dâhil Olan Büyükbaş hayvan Sayısı
- C3: Küme Merkezine Ortalama Uzaklık (km)

**Tablo 4.** Elbow ve  $f(K)$  Fonksiyonu Sonuçları (Elbow and  $f(K)$  Function Results)

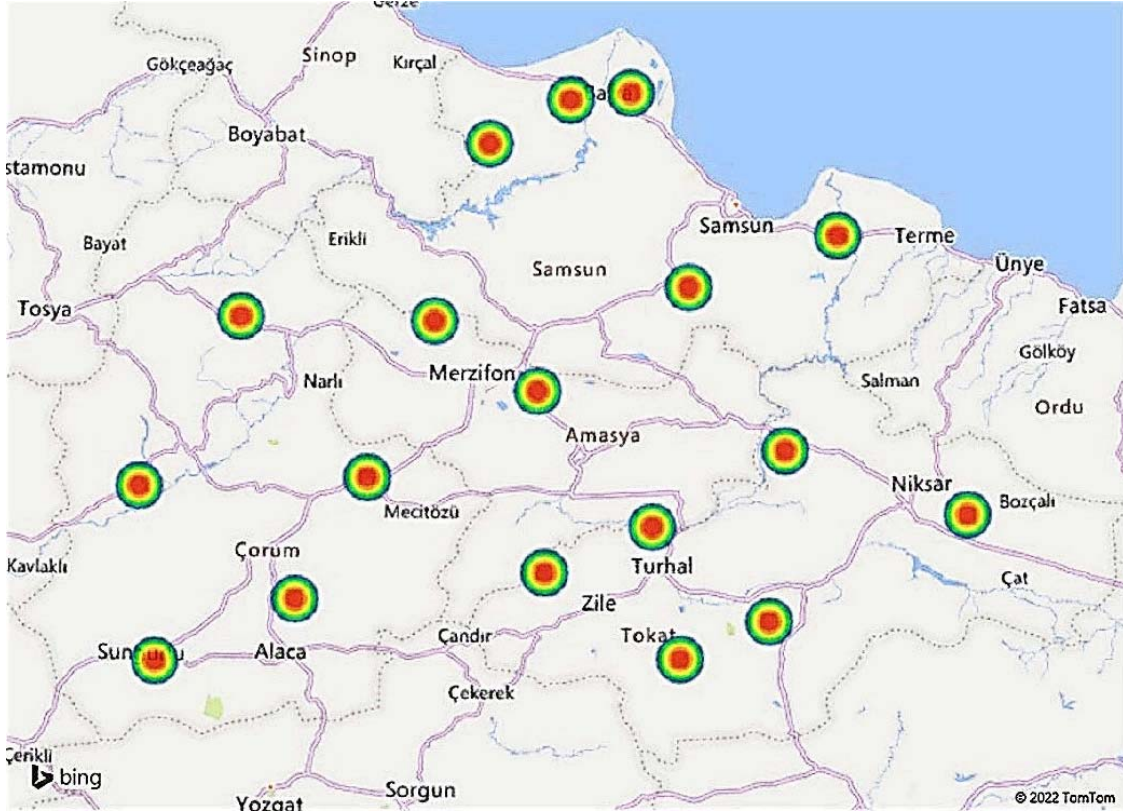
Küme Sayısı	WCSS	$f(K)$	Küme Sayısı	WCSS	$f(K)$
1	3.839,919	1	26	132,137	0,963066
2	1.935,283	0,504063	27	128,41	0,971796
3	1.287,453	0,665332	28	121,8163	0,948653
4	967,8434	0,751825	29	111,0494	0,911615
5	780,8023	0,806811	30	117,4659	1,057781
6	672,2146	0,860987	31	96,4027	0,820688
7	650,9414	0,968409	32	92,81449	0,962779
8	520,4359	0,799551	33	95,09015	1,024519
9	415,0127	0,797465	34	82,7092	0,869798
10	379,3006	0,91398	35	81,83417	0,989421
11	352,464	0,929273	36	81,88033	1,000564
12	321,4374	0,911993	37	78,84355	0,962912
13	297,0098	0,924023	38	75,94265	0,963207
14	249,8675	0,84129	39	74,76234	0,984458
15	278,0867	1,112951	40	71,31997	0,953956
16	228,3849	0,821281	41	75,2269	1,05478
17	224,9668	0,985043	42	71,89525	0,955712
18	170,0078	0,755708	43	72,16826	1,003797
19	179,7444	1,057278	44	65,81385	0,91195
20	154,6877	0,860603	45	67,83882	1,030768
21	147,7146	0,954926	46	65,20685	0,961203
22	149,6108	1,012841	47	62,83983	0,9637
23	142,2615	0,95088	48	65,11047	1,036134
24	137,4104	0,965902	49	65,44553	1,005146
25	137,2048	0,998506	50	62,64321	0,957181

**Şekil 4.** 1-50 Arası Küme Sayısı için WCSS ve  $f(K)$  Değerleri (WCSS and  $f(K)$  Values for 1 to 50 Clusters)**Tablo 5.** Küme Merkezleri ve Kümeye Dâhil Hayvan Sayıları (Cluster Centers and Number of Bovine in Clusters)

Küme No	$X_c$	$Y_c$	Büyükbaş Hayvan Sayısı	Küme No	$X_c$	$Y_c$	Büyükbaş Hayvan Sayısı
1	40,99896	35,33598	27.080	10	40,15209	36,14505	20.383
2	41,21018	36,67538	18.262	11	40,13971	34,41855	23.067
3	40,24458	36,43799	112.895	12	41,55379	35,78697	10.000
4	41,57072	35,98831	31.198	13	41,08257	36,17847	108.388
5	40,36934	35,70046	36.331	14	40,30021	34,87990	24.347
6	41,00749	34,69214	15.275	15	41,44366	35,51678	5.631
7	40,67235	36,49419	9.535	16	40,50650	37,09638	11.893
8	40,57928	34,35994	16.782	17	40,82401	35,67743	120.774
9	40,48342	36,05477	19.629	18	40,60653	35,11617	83.024



Şekil 5. Kümelerin Göreceli Boyutları (Relative Dimensions of Each Clusters)



Şekil 6. 18 Küme Merkezinin Harita Konumları (Location of 18 Cluster Centres on Map)

C4: İlçe Merkezine Uzaklık (km)  
 C5: İl Merkezine Uzaklık (km)  
 C6: İlçede Çalışma Aralığındaki Nüfus (15-64 Yaş)

Kriterler için önem derecesi sıralanırken, kompost tesisi için birincil hammadde kaynağı olduğu için kümedeki hayvan popülasyonunun (C2) ilk sırada olması gerektiği her üç karar verici (DM) tarafından

belirtmiştir. Atık yapısının korunması ve taşıma maliyetlerini asgari düzeyde tutulması amacıyla küme merkezine ortalama uzaklığın (C3) ikinci kriter olması gerektiği konusunda ortak bir görüş dile getirilmiştir. Atıkların değerlendirerek ekonomik getiri sağlayan paydaşların azami düzeyde olması gerektiği düşünüldüğünde, her üç karar verici de işletme sayısı kriterinin (C1) üçüncü sırada olması gerektiği konusunda ortak görüş bildirmiştir. Birinci ve üçüncü karar vericiler, insan kaynaklarına erişim, işletme hizmeti ihtiyacı veya güvenlik gibi nedenlerle ilçe merkezine uzaklık (C4) kriterinin dördüncü sırada yer alması konusunda fikir birliğine varırken, ikinci karar verici ilçedeki çalışma aralığındaki nüfus kriterinin (C6) dördüncü sırada olması gerektiğini ifade etmiştir. İşletmelerin kamu kurumları ile resmi iş ve işlemleri, yardımcı ve sarf malzeme temini gibi nedenlerle öne sürülen gerekçelerle, şehir merkezine uzaklık kriteri (C5) son sırada değerlendirilmiştir.

Belirlenen kriterler için her üç karar verici tarafından yapılan değerlendirmelerin özeti Tablo 6'da verilmiştir.

Her üç karar verici tarafından SWARA yönteminin 2., 3. ve 4. adımları esnasında kullanılan Eş. 6, Eş. 7 ve Eş. 8 sonucuna göre elde edilen  $S_j$ ,  $k_j$ ,  $q_j$  ve  $\omega_j$  değerleri Tablo 7'de ifade edilmiştir.

Her bir karar verici tarafından yapılan değerlendirme sonuçlarına göre ortaya çıkan kriter ağırlıklarının aritmetik ortalama değerleri alınarak belirlenen nihai ağırlıklar Tablo 8'de özetlendiği gibidir.

Her bir kriterin önem derecesini belirlemek için uygulanan SWARA yönteminin sonuçlarına göre ortaya çıkan sıralama, Kümeye Dâhil Olan Büyükbaş Hayvan Sayısı (C2), Küme Merkezine Ortalama Uzaklık (C3), Kümeye Dâhil Olan İşletme Sayısı (C1), İlçe

Merkezine Uzaklık (C4), İlçede Çalışma Aralığındaki Nüfus (C6) ve Şehir Merkezine Uzaklık (C5) şeklinde gerçekleşmiştir.

**Tablo 8.** Kriter Ağırlıkları (Criterion Weights)

Kriter	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Ağırlık ( $\omega$ )	0,120	0,376	0,209	0,105	0,089	0,101
Önem Sırası	3	1	2	4	6	5

Kümelerin SPSS paket programı ile belirlenmesi ve optimallik sıralamasına temel oluşturacak kriter ağırlıklarının belirlenmesinin ardından, küme alternatifleri arasında kompost tesisi yatırımı için en uygun olanının belirlenmesi aşamasında çok kriterli karar verme yöntemleri arasında yer alan ARAS yöntemi kullanılmıştır.

ARAS yönteminde başlangıç karar matrisinin oluşturulmasında Eş. 9'dan yararlanılmış olup Tablo 9'da yer alan veriler elde edilmiştir.

C1 (kümeye dâhil olan işletme sayısı ) ve C2 (kümeye dâhil olan büyükbaş hayvan sayısı ) kriterlerine ilişkin değerler SPSS paket programı ile yapılan K-Means kümeleme analizinin sonuç verileri olarak ortaya çıkmıştır.

C3 (Küme Merkezine Ortalama Uzaklık) kriteri, bir küre üzerindeki enlem ve boylam değerleri bilinen iki nokta arasındaki büyük daire mesafesini bulmak için kullanılan Haversine Formülü yardımıyla, her işletmenin coğrafi koordinatının küme merkezi koordinatına olan mesafesinin hesaplanmasıyla elde edilmiştir. Daha önce de belirtildiği gibi, her işletmenin coğrafi koordinatları ayrı ayrı belirlenmiş ve her bir kümenin merkez noktaları K-Means küme analizi ile elde edilmiştir. Haversine Formülünün Excel programına uyarlaması;  $d = \text{ACOS}(\text{SIN}(\text{lat1} * \text{PI}() / 180) * \text{SIN}(\text{lat2} * \text{PI}() / 180) + \text{COS}(\text{lat1} * \text{PI}()$

**Tablo 6.** Kriterlerin Önem Sıralaması (Order of Importance for Criteria)

Kriterler	DM1	DM2	DM3
C1: Kümeye Dâhil Olan İşletme Sayısı	3	3	3
C2: Kümeye Dâhil Olan Büyükbaş Hayvan Sayısı	1	1	1
C3: Küme Merkezine Ortalama Uzaklık	2	2	2
C4: İlçe Merkezine Uzaklık	4	5	4
C5: İl Merkezine Uzaklık	6	6	6
C6: İlçede Çalışma Aralığındaki Nüfus	5	4	5

**Tablo 7.** Kriterlerin Ağırlık Belirleme Adımları (Weight Determination Steps of Criteria)

Kriter	DM1	$S_j$	$k_j$	$q_j$	$\omega_j$
C2: Kümeye Dâhil Olan Büyükbaş Hayvan Sayısı	1		1,000	1,000	0,369
C3: Küme Merkezine Ortalama Uzaklık	2	0,80	1,800	0,556	0,205
C1: Kümeye Dâhil Olan İşletme Sayısı	3	0,70	1,700	0,327	0,121
C4: İlçe Merkezine Uzaklık	4	0,10	1,100	0,297	0,110
C6: İlçede Çalışma Aralığındaki Nüfus	5	0,10	1,100	0,270	0,100
C5: İl Merkezine Uzaklık	6	0,05	1,050	0,257	0,095
Kriter	DM2	$S_j$	$k_j$	$q_j$	$\omega_j$
C2: Kümeye Dâhil Olan Büyükbaş Hayvan Sayısı	1		1,000	1,000	0,370
C3: Küme Merkezine Ortalama Uzaklık	2	0,75	1,750	0,571	0,212
C1: Kümeye Dâhil Olan İşletme Sayısı	3	0,75	1,750	0,327	0,121
C6: İlçede Çalışma Aralığındaki Nüfus	4	0,10	1,100	0,297	0,110
C4: İlçe Merkezine Uzaklık	5	0,10	1,100	0,270	0,100
C5: İl Merkezine Uzaklık	6	0,15	1,150	0,235	0,087
Kriter	DM3	$S_j$	$k_j$	$q_j$	$\omega_j$
C2: Kümeye Dâhil Olan Büyükbaş Hayvan Sayısı	1		1,000	1,000	0,387
C3: Küme Merkezine Ortalama Uzaklık	2	0,85	1,850	0,541	0,209
C1: Kümeye Dâhil Olan İşletme Sayısı	3	0,75	1,750	0,309	0,120
C4: İlçe Merkezine Uzaklık	4	0,15	1,150	0,269	0,104
C6: İlçede Çalışma Aralığındaki Nüfus	5	0,10	1,100	0,244	0,094
C5: İl Merkezine Uzaklık	6	0,10	1,100	0,222	0,086

**Tablo 9.** Başlangıç Karar Matrisi (Initial Decision Matrix)

Küme	C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	418	27.080	17,43	23,9	69,8	49.338
2	279	18.262	14,65	7,9	33,7	93.292
3	279	112.895	13,84	18,2	18,2	143.155
4	367	31.198	9,13	9,1	48,2	95.564
5	470	36.331	19,39	23,0	52,6	6.137
6	250	15.275	19,31	12,8	70,5	27.762
7	147	9.535	14,06	9,3	88,2	65.841
8	255	16.782	16,85	26,5	61,8	18.688
9	279	19.629	15,15	66,8	66,8	101.675
10	311	20.383	14,70	17,8	54,8	4.905
11	317	23.067	15,55	5,8	77,3	30.451
12	164	10.000	9,32	13,4	64,4	95.564
13	123	108.388	19,29	16,4	52,0	13.363
14	330	24.347	19,57	21,2	39,6	19.068
15	106	5.631	13,04	26,6	107,0	15.840
16	193	11.893	23,39	20,0	72,1	4.560
17	521	120.774	11,48	5,1	27,2	31.227
18	441	83.024	17,33	17,8	17,8	203.401

$(/180) * \cos(\text{lat}2 * \text{PI}() / 180) * \cos(\text{lon}2 * \text{PI}() / 180 - \text{lon}1 * \text{PI}() / 180) ) * 6371$  şeklindedir. Her bir işletmenin koordinatları ve bu işletmenin içinde bulunduğu küme merkezi girilerek işletmelerin küme merkezine olan uzaklıkları belirlenmiş, daha sonra her bir küme içindeki ortalama mesafe hesaplanmıştır.

Navigasyon sistemi kullanılarak C4 (İlçe Merkezine Uzaklık) ve C5 (İl Merkezine Uzaklık) kriteri, Türkiye İstatistik Kurumu veri tabanından yararlanarak da C6 (ilçede çalışma aralığındaki nüfus) kriter verileri belirlenmiştir.

Adım 2'de yer alan Eş. 10, Eş. 11 ve Eş. 12 yardımıyla iki aşamalı normalizasyon süreci tamamlanarak Tablo 10'da yer alan veriler elde edilmiştir.

ARAS yönteminin 3. adımında yer alan Eş. 13 ve Eş. 14 yardımıyla ağırlıklandırılmış karar matrisi elde edilmiş olup ilgili sonuçlar Tablo 11'de gösterilmiştir.

Son olarak, 4. ve 5. adımlarda yer alan Eş. 15 ve Eş. 16 yardımıyla optimallik fonksiyonu ve fayda dereceleri hesaplanmış, elde edilen sonuçlar Tablo 12'deki biçimde sıralamaya tabi tutulmuştur.

ARAS yöntemiyle ortaya konulan optimallik sıralamasına ilişkin duyarlılık analizinin gerçekleştirilmesi amacıyla Eş. 17 yardımıyla, her bir kriter için 50 farklı senaryoya farklı ağırlık değerleri bulunmuş olup bu değerler Şekil 7'deki gibi değişim göstermiştir.

Şekil 7'deki kriter ağırlığı değişim grafiğine göre, en yüksek ağırlığa sahip olan ve turuncu renkle gösterilen C2 kriterinin değeri ilk anda %1, ilerleyen aşamalarda ise %2 oranında düşürülmüş, diğer kriter ağırlıkları ise C2 kriterinin düşüş miktarı oranında dağıtılarak kriter ağırlık toplamları 1,0 olacak şekilde yeniden belirlenmiştir. C2 kriter ağırlığındaki azalmaya karşılık diğer kriter ağırlıklarında gerçekleşen artışlar açık biçimde görülmektedir. Bu farklı ağırlık değerleri sonucunda ortaya çıkan sıralama değişiklikleri ise Şekil 8'de gösterilmiştir.

50 farklı senaryo üzerinden gerçekleştirilen sıralamaların gösterildiği Şekil 8'de, çalışma sonucunda 1. sırada yer alan 17 nolu kümenin tüm senaryolara göre yine ilk sırada yer aldığı görülmektedir. 6 ve 8 nolu kümeler de yine kriter ağırlık değişimlerinden etkilenmemiştir. Diğer kümelerin ise kriter ağırlıklarındaki değişimlere farklı düzeylerde duyarlı olduğu görülmektedir.

#### 4. Sonuçlar ve Tartışmalar (Results and Discussion)

Bu çalışmada, Türkiye'nin kuzeyinde yer alan Samsun, Tokat, Çorum ve Amasya illerinden oluşan ve 37.823 kilometrekarelik bir alana sahip TR83 Bölgesi'nde, büyükbaş hayvancılık sektöründe faaliyet gösteren işletmelerden kaynaklanan hayvansal atıkların gelir getirici bir kaynak olarak dönüştürülmesi, bu atıkların olumsuz çevresel etkilerinin asgari düzeye indirilmesi ve kırsal alanlarda toprak ıslahına katkı sağlanması hedeflenmiştir.

Hayvancılık sektöründe faaliyet gösteren tüm işletmelerin coğrafi koordinatları belirlenmiş ve bu işletmeler sahip oldukları büyükbaş hayvan sayısına göre K-Means yöntemi ile kümelere ayrılmıştır. Bu yöntem aracılığıyla 18 adet kümenin merkezi, bu kümelere dâhil olan işletme sayısı ve her kümedeki büyükbaş hayvan sayısı belirlenmiştir. Belirlenen kümeler arasından kompost tesisi kurmak için en uygun alternatifini seçmek amacıyla çok kriterli karar verme tekniklerinden ARAS yöntemi kullanılmıştır.

SWARA yöntemi ile belirlenen kriterler göz önüne alındığında kompost tesisi kurmak için en uygun üç küme alternatifinin sırasıyla 17 nolu küme merkezi olan Amasya ili Suluova ilçe merkezi, 3 nolu küme merkezi olan Tokat ili merkez ilçesi ve 18 nolu küme merkezi olan Çorum Merkez'e bağlı Kuşsaray köyü olduğu ortaya çıkmıştır. Bu çalışma sadece büyükbaş sayısı verileri üzerinde gerçekleştirilmiş olup, küçükbaş ve kanatlı varlığı da eklenerek daha kapsamlı bir çalışma ortaya konulabilecektir. Ayrıca belediyelerden temin edilecek organik atık envanterleri kapsamında sebze halleri, konutlar, restoranlar gibi kaynaklardan elde edilecek atıklar da çalışmaya dâhil edilebilecektir.

**Tablo 10.** Normalize Karar Matrisi (Normalized Decision Matrix)

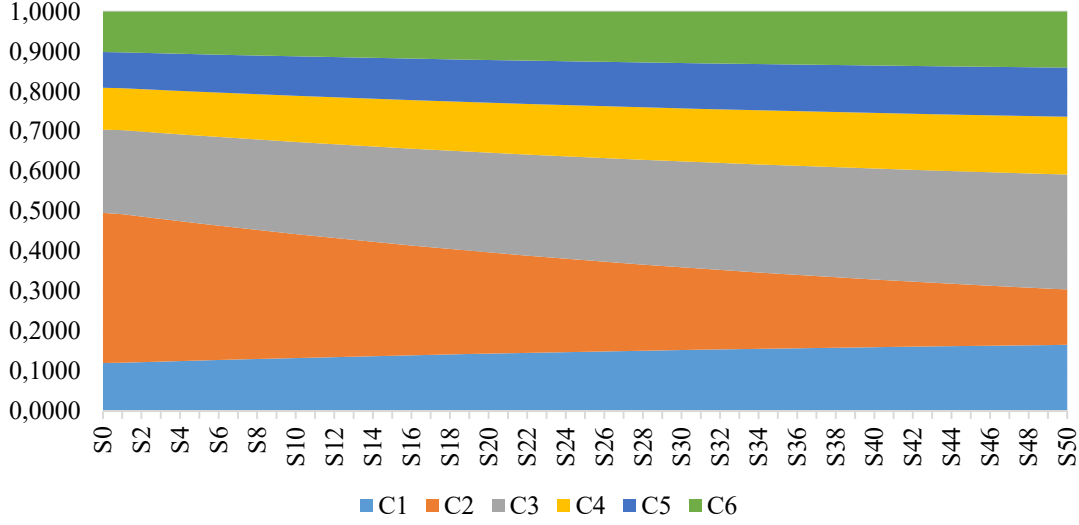
Normalizasyon – 1. Adım						
	Mak	Min	Min	Min	Min	Mak
Küme No	C1	C2	C3	C4	C5	C6
$\omega$	0,120	0,376	0,209	0,105	0,089	0,101
Optimum Value	521	120.774	0,1095	0,19608	0,05618	203.401
1	418	27.080	0,05737	0,04184	0,01433	49.338
2	279	18.262	0,06826	0,12658	0,02967	93.292
3	279	112.895	0,07225	0,05495	0,05495	143.155
4	367	31.198	0,10953	0,10989	0,02075	95.564
5	470	36.331	0,05157	0,04348	0,01901	6.137
6	250	15.275	0,05179	0,07813	0,01418	27.762
7	147	9.535	0,07112	0,10753	0,01134	65.841
8	255	16.782	0,05935	0,03774	0,01618	18.688
9	279	19.629	0,06601	0,01497	0,01497	101.675
10	311	20.383	0,06803	0,05618	0,01825	4.905
11	317	23.067	0,06431	0,17241	0,01294	30.451
12	164	10.000	0,10730	0,07463	0,01553	95.564
13	123	108.388	0,05184	0,06098	0,01923	13.363
14	330	24.347	0,05110	0,04717	0,02525	19.068
15	106	5.631	0,07669	0,03759	0,00935	15.840
16	193	11.893	0,04275	0,05000	0,01387	4.560
17	521	120.774	0,08711	0,19608	0,03676	31.227
18	441	83.024	0,05770	0,05618	0,05618	203.401
Normalizasyon – 2. Adım						
	Mak	Min	Min	Min	Min	Mak
Küme No	C1	C2	C3	C4	C5	C6
$\omega$	0,120	0,376	0,209	0,105	0,089	0,101
Optimum Value	0,09028	0,14814	0,08275	0,12550	0,12242	0,16628
1	0,07243	0,03322	0,04335	0,02678	0,03122	0,04033
2	0,04835	0,02240	0,05157	0,08102	0,06466	0,07627
3	0,04835	0,13848	0,05459	0,03517	0,11973	0,11703
4	0,06359	0,03827	0,08275	0,07033	0,04521	0,07812
5	0,08144	0,04456	0,03896	0,02783	0,04143	0,00502
6	0,04332	0,01874	0,03913	0,05000	0,03091	0,02270
7	0,02547	0,01170	0,05373	0,06882	0,02471	0,05383
8	0,04419	0,02058	0,04484	0,02415	0,03526	0,01528
9	0,04835	0,02408	0,04987	0,00958	0,03262	0,08312
10	0,05389	0,02500	0,05140	0,03596	0,03976	0,00401
11	0,05493	0,02829	0,04859	0,11035	0,02819	0,02489
12	0,02842	0,01227	0,08106	0,04776	0,03384	0,07812
13	0,02131	0,13295	0,03917	0,03903	0,04191	0,01092
14	0,05718	0,02986	0,03861	0,03019	0,05503	0,01559
15	0,01837	0,00691	0,05794	0,02406	0,02037	0,01295
16	0,03344	0,01459	0,03230	0,03200	0,03022	0,00373
17	0,09028	0,14814	0,06581	0,12550	0,08011	0,02553
18	0,07642	0,10184	0,04360	0,03596	0,12242	0,16628

**Tablo 11.** Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi (Weighted Decision Matrix)

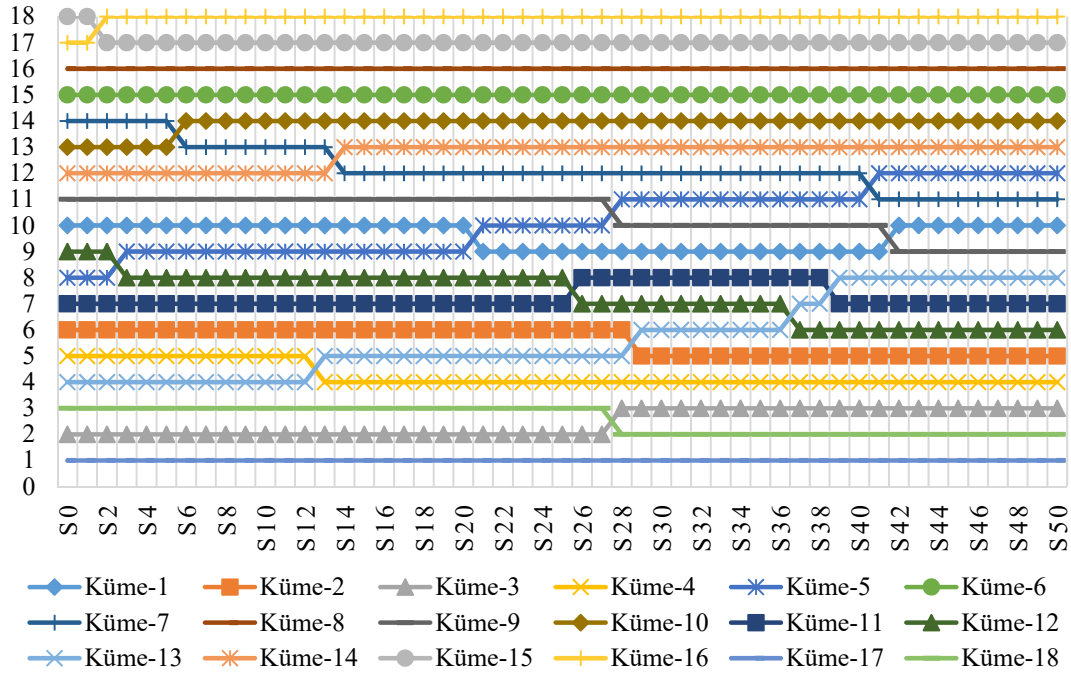
Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi						
	Max	Min	Min	Min	Min	Max
Küme No	C1	C2	C3	C4	C5	C6
$\omega$	0,120	0,376	0,209	0,105	0,089	0,101
Optimum	0,01087	0,05565	0,01727	0,01312	0,01093	0,01686
1	0,00872	0,01248	0,00905	0,00280	0,00279	0,00409
2	0,00582	0,00841	0,01076	0,00847	0,00577	0,00773
3	0,00582	0,05202	0,01139	0,00368	0,01069	0,01187
4	0,00766	0,01437	0,01727	0,00735	0,00404	0,00792
5	0,00981	0,01674	0,00813	0,00291	0,00370	0,00051
6	0,00522	0,00704	0,00817	0,00523	0,00276	0,00230
7	0,00307	0,00439	0,01121	0,00720	0,00221	0,00546
8	0,00532	0,00773	0,00936	0,00253	0,00315	0,00155
9	0,00582	0,00904	0,01041	0,00100	0,00291	0,00843
10	0,00649	0,00939	0,01073	0,00376	0,00355	0,00041
11	0,00661	0,01063	0,01014	0,01154	0,00252	0,00252
12	0,00342	0,00461	0,01692	0,00499	0,00302	0,00792
13	0,00257	0,04994	0,00817	0,00408	0,00374	0,00111
14	0,00689	0,01122	0,00806	0,00316	0,00491	0,00158
15	0,00221	0,00259	0,01209	0,00252	0,00182	0,00131
16	0,00403	0,00548	0,00674	0,00335	0,00270	0,00038
17	0,01087	0,05565	0,01374	0,01312	0,00715	0,00259
18	0,00920	0,03825	0,00910	0,00376	0,01093	0,01686

**Tablo 12.** Optimallik Fonksiyonu, Fayda Derecesi ve Sıralama (Optimality Function, Utility Degree and Ranking)

	Optimallik Fonksiyonu (Si)	Fayda Derecesi (Ki)	Sıralama
Optimum	0,12470	1,00000	
1	0,03992	0,32014	10
2	0,04698	0,37672	6
3	0,09547	0,76555	2
4	0,05862	0,47004	5
5	0,04179	0,33516	8
6	0,03071	0,24626	15
7	0,03354	0,26892	14
8	0,02963	0,23763	16
9	0,03762	0,30165	11
10	0,03432	0,27524	13
11	0,04396	0,35254	7
12	0,04089	0,32787	9
13	0,06961	0,55821	4
14	0,03581	0,28717	12
15	0,02255	0,18079	18
16	0,02267	0,18180	17
17	0,10311	0,82689	1
18	0,08811	0,70653	3



Şekil 7. Kriter Ağırlıklarının Değişimi (Change of Criterion Weights)



Şekil 8. Duyarlılık Analizi (Sensitivity Analysis)

TR83 Bölgesinde kompost tesisi kurmak amacıyla en uygun tesis yerinin belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen bu çalışma, belirlenebilen parametreler üzerinden yürütülmüştür. Ayrıntılı bir çalışma yapılması halinde pazara erişim, elektrik, doğalgaz ve su birim maliyetleri, bu tarz bir yatırıma yönelik teşvik ve hibe uygulamaları, bölgenin coğrafi şartları, bölgedeki sosyo-kültürel yapı, düzenlenmesi gereken çevresel etki değerlendirme raporu gibi hususlar da göz önüne alınmalıdır.

Karar verme süreçlerinin mühendislik ekonomisi açısından önemli bir yer tuttuğu göz önüne alındığında maliyet düşürme, yeni ürün geliştirme, makine-teçhizat seçimi gibi konularda olduğu gibi en uygun yatırım yeri seçiminin de bu çalışmadaki gibi yöntemlerle ele

alınması, yapılan seçimin bilimsel bir dayanak kazanmasına da imkân sağlayacaktır. Bu şekilde, bir yatırım fizibilitesi çalışmasının kuruluş yeri seçimi aşamasında yararlanılan faktör karşılaştırma, maliyet karşılaştırma, kazanç karşılaştırma ve kâr karşılaştırma yöntemlerini destekleyici bir yaklaşım ortaya konulabilecektir.

## 5. Sonuçlar (Conclusions)

Türkiye'de gerek devlet destekleri gerekse uygulanan bilinçli üretim yöntemlerindeki artışa paralel olarak hayvancılık sektöründe önemli ilerlemeler kaydedilmektedir. Uygulanan teşviklerin yanı sıra modern tesislerin kurulması bu sektörün gelişmesi için önemli adımlardır. Ancak tüm bu olumlu gelişmelerin yanında birtakım olumsuz



sonuçların ortaya çıkması kaçınılmazdır. Açığa çıkan atıkların ekonomik getiri sağlaması amacıyla yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu atıkların değerlendirilmesi de tarım arazilerinin iyileştirilmesi için oldukça önemlidir. Bu amaca katkı sağlayacak bir kompost tesisi yapımı kırsal kesimde hayvancılık sektörü ile uğraşan bireyler için çok önemli fırsatlar oluşturacaktır. Ayrıca bu tür yatırımlar çarpan etkisi yaratarak istihdama, yan sanayiye ve bilimsel araştırma olanaklarına katkı sağlayacaktır.

#### Teşekkür (Acknowledgement)

Bu çalışmanın yürütülmesi için gerekli verileri sağlayan Samsun, Tokat, Çorum ve Amasya Tarım ve Orman İl Müdürlüklerine ve doktora programım süresince katkılarından dolayı hocalarım Prof. Dr. Hüdaverdi BİRCAN ve Prof. Dr. Hasan ELEROĞLU'ya teşekkür ederim.

#### Kaynaklar (References)

- Seyedbagheri M., Compost: Production, Quality, and Use in Commercial Agriculture, 2010.
- Chardoul N., O'Brien K., Clawson B. ve Flechter M., Compost Operator Guidebook: Best Management Practices for Commercial Scale Composting Operations. Michigan Recycling Coalition, 2011.
- Roman P., Martinez M.M., Alberto P., Farmer's Compost Handbook. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2015.
- Atık Yönetimi Hakkında AB Müktesebat Rehberi, CPS, 2012.
- TÜİK. Türkiye İstatistik Kurumu. www.tuik.gov.tr. Erişim tarihi Ocak 10, 2020.
- Sinaga K. P. ve Yang M.S., Unsupervised K-Means Clustering Algorithm, IEEE Access, 8, 80716-80727, 2020.
- Fuente-Tomas L., Arranz B., Safont G., Sierra P., Sanchez-Autet M., Garcia-Blanco A. ve Garcia-Portilla M. P., Classification of Patients with Bipolar Disorder Using K-Means Clustering, PLOS ONE, 14 (1), 1-15, 2019.
- Kansal T., Bahuguna S., Singh V. ve Choudhury, T. (2018). Customer Segmentation Using K-means Clustering, International Conference on Computational Techniques, Electronics and Mechanical Systems (CTEMS), 135-139, 2018
- Khorshidi N., Parsa M., Lentz D. R. ve Sobhanverdi J., Identification of Heavy Metal Pollution Sources and Its Associated Risk Assessment in an Industrial Town Using The K-Means Clustering Technique. Applied Geochemistry, 135, 2021.
- Priyanka G.ve Jayakarhik R., Road Safety Analysis by Using K-Means Algorithm. International Journal of Pure and Applied Mathematics, 119 (10), 253-257, 2020.
- Zavadskas E. K., Turskis Z., Antucheviciene J., ve Zakarevičius A., Optimization of Weighted Aggregated Sum Product Assessment. Electronics and Electrical Engineering, 122, 2012.
- Stanujkic D. ve Jovanovic R., Measuring a Quality of Faculty Website Using ARAS Method, Proceeding of the International Scientific Conference Contemporary Issues in Business, Management and Education, 545-554, 2012.
- Zolfani S. ve Šaparauskas J., New Application of SWARA Method in Prioritizing Sustainability Assessment Indicators of Energy System, Engineering Economics, 24, 408-414, 2013.
- Karabasevic D., Paunkovic J. ve Stanujkic D., Ranking of Companies According to the Indicators of Corporate Social Responsibility Based on SWARA and ARAS Methods, Serbian Journal of Management, 11 (1), 43-53, 2016.
- Karabasevic D., Maksimovic M., Stanujkic D., Jovic G. ve Rajcevic D., Selection of Software Testing Method by Using ARAS Method, Tehnika, 73 (5), 2018.
- Toklu M. C., Çağıl G., Pazar E. ve Faydalı R., Supplier Selection Based on SWARA-WASPAS Methodology: The Case of the Iron Steel Industry in Turkey, Academic Platform Journal of Engineering and Science, 6 (3), 113-120, 2018.
- Erdemir, N., Öztürk, F., ve Kaya, G. K., Integrated decision support model for performance evaluation of public staff: using AHP and fuzzy TOPSIS, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 37 (4), 1809-1822, 2022.
- Gölcük, İ., Durmaz, E. D., ve Şahin, R., Prioritizing occupational safety risks with fuzzy FUCOM and fuzzy graph theory-matrix approach, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 38 (1), 57-70, 2022.
- Ghosh J. ve Liu A., K-Means, The Top Ten Algorithms In Data Mining, Editör: Wu X.ve Kumar V., CRC Press, ABD, 21-35, 2009.
- Kodinariya T. ve Makwana P., Review on Determining of Cluster in K-means Clustering, International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies, 1, 90-95, 2013.
- Yuan C. ve Yang, H., Research on K-Value Selection Method of K-Means Clustering Algorithm, J Multidisciplinary Scientific Journal, 2, 226-235, 2019.
- Bholowalia P. ve Kumar A., EBK-Means: A Clustering Technique based on Elbow Method and K-Means in WSN, International Journal of Computer Applications, 105 (9), 17-24, 2014.
- Syakur M. A., Khotimah B. K., Rochman E. M. S. ve Satoto, B. D., Integration K-Means Clustering Method and Elbow Method for Identification of the Best Customer Profile Cluster, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 336, 012017, 2017.
- Pham D. T., Dimov S. ve Nguyen, C. D., Selection of K in K -Means Clustering, Institution of Mechanical Engineers Part C Journal of Mechanical Engineering Science, 203-210, 2004.
- Larose D. T., Discovering Knowledge in Data an Introduction to Data Mining, WILEY, ABD, 2005.
- Stanujkic D., Karabasevic D. ve Zavadskas E. K., A framework for the Selection of a packaging design based on the SWARA method, The Engineering Economics, 26 (2), 181-187, 2015.
- Ramon J., Multi-Criteria Analysis in the Renewable Energy Industry, Springer, ABD, 2012.
- Alinezhad A. ve Khalili J., New Methods and Applications in Multiple Attribute Decision Making (MADM), Springer, ABD, 2019.
- Zavadskas E. K. ve Turskis Z., A New Additive Ratio Assessment (ARAS) Method in Multicriteria Decision-Making, Technological and Economic Development of Economy, 16 (2), 159-172., 2010.
- Pamucar D., Zizovic M., Biswas S. ve Božanić D., A New Logarithm Methodology of Additive Weights (LMAW) for Multi-Criteria Decision-Making: Application in Logistics, Facta Universitatis Series Mechanical Engineering, 19 (3), 361-380, 2021.

