



GAZİANTEP UNIVERSITY JOURNAL OF SOCIAL SCIENCES

Journal homepage: <http://dergipark.org.tr/tr/pub/jss>



Araştırma Makalesi • Research Article

Geri Dönüşüm Çalışmalarında Kriterlerin Birbirlerine Olan Etkisini Belirlemede DEMATEL Metodu¹

DEMATEL Method for Determining The Effect of Criteria on Each Other in Recycling Studies

Nuh OKUMUŞ^{a*} Eda DİNERİ^b

^a Doktora Öğrencisi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Gaziantep / TÜRKİYE

ORCID: 0000-0002-6111-8083

^b Doç. Dr., Hasan Kalyoncu Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Gaziantep / TÜRKİYE

ORCID: 0000-0002-5637-594X

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi:

Başvuru tarihi: 31 Mayıs 2023

Kabul tarihi: 13 Temmuz 2023

Anahtar Kelimeler:

Sıfır atık,

Geri dönüşüm,

Atık miktarı sınıflandırması,

DEMATEL Metodu.

ÖZ

Sıfır atık ve geri dönüşüm, günümüzde giderek daha fazla önem kazanan konular hâline gelmiştir. Bu konular, kaynakların korunması ve çevrenin daha sürdürülebilir bir hâle getirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Sıfır atık ve geri dönüşüm, doğal kaynakların korunmasına yardımcı olur. Bu sayede, doğal kaynaklar daha uzun süre kullanılabilir hâle gelir. Sıfır atık ve geri dönüşüm, atık miktarının azaltılmasına yardımcı olur. Bu sayede, atıkların çevreye verdiği zararlar azalır. Geri dönüştürülen malzemeler, yeniden üretmek için gereken enerjinin azaltılmasına yardımcı olur. Bu çalışmada geri dönüşüm miktarlarının sınıflandırılmasında kullanılan Nüfus, Sanayi, Sağlık Kuruluşları, Termik Santral-Maden kriterlerinin geri dönüşüm uygulamalarında birbirlerine olan etkileri DEMATEL karar verme metodu kullanılarak incelendi. Bir durumu etkileyen kriterlerin birbiri üzerine olan etkilerini araştırma en uygun olan ve yoğun bir şekilde kullanılan DEMATEL karar verme metodundan faydalanarak Nüfus kriterinin diğer kriterlerle en çok ilişkili olan kriter olduğu elde edildi. Ayrıca, Termik Santral-Maden kriterinin diğer kriterlerle en az ilişkili olan kriter olduğu gözlemlendi. Bunun yanı sıra Termik Santral-Maden kriterinin diğer kriterler üzerinde en fazla etkiye sahip olduğu ve Nüfus kriterinin geri dönüşümde diğer kriterlerden en fazla etkilenen olduğu ortaya çıktı. Bu inceleme sonucunda atık madde miktarı fazla olan sınıflandırma kriterinin diğer kriterler üzerine etkisinin en az olabileceği veya diğer kriterlerden en fazla etkilenebileceği elde edildi.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: May 31, 2023

Accepted: July 13, 2023

Keywords:

Zero waste,

Recycling,

Waste amount classification,

DEMATEL Method.

ABSTRACT

Zero waste and recycling have become increasingly important issues today. These issues are of great importance in terms of protecting resources and making the environment more sustainable. Zero waste and recycling help conserve natural resources. In this way, natural resources become available for a longer period of time. Zero waste and recycling helps reduce waste. In this way, the damage of waste to the environment is reduced. Recycled materials help reduce the energy required to regenerate. In this study, the effects of Population, Industry, Health Institutions, Thermal Power Plant-Mine criteria used in the classification of recycling quantities on each other in recycling applications were examined using the DEMATEL decision making method. It has been found that the Population criterion is the criterion most correlated with other criteria by using the most appropriate and intensively used DEMATEL decision making method to investigate the effects of the criteria affecting a situation on each other. In addition, it was observed that the Thermal Power Plant-Mine criterion was the least associated with other criteria. In addition, it was revealed that the Thermal Power Plant-Mine criterion had the most impact on the other criteria and the Population criterion was the most affected by the other criteria in recycling. As a result of this examination, it was found that the classification criterion with a large amount of waste material may have the least effect on other criteria or be affected most by other criteria.

¹ Bu çalışmada yazarın “Yeni Dünya Düzeninde Döngüsel Ekonomi ve Sıfır Atık: AB Üye Ülkeleri” adlı doktora tezinden yararlanılmıştır.

* Sorumlu yazar/Corresponding author.

e-posta: okumus27@gmail.com

EXTENDED ABSTRACT

Zero waste is the complete elimination of waste generation. This concept is made possible through efficiency in material use, reuse or recycling of materials. Zero waste, although applicable in all industries, has great potential, especially in the retail sector. Recycling is the process of reusing waste as material. Recovering recyclable materials by separating them from waste helps both to conserve natural resources and to reduce the amount of waste. Materials that can be recycled include paper, glass, metal and plastic. Zero waste and recycling has many benefits. Zero waste and recycling help conserve natural resources. In this way, natural resources become available for a longer period of time. Zero waste and recycling helps reduce waste. In this way, the damage of waste to the environment is reduced. Recycled materials help reduce the energy required to regenerate. This also saves energy. Generally, in recent years, there has been a rapid population migration from rural to urban areas with the advancement in industrialization and technology in the world. This has had negative effects on human and environmental health as a result of rapid migration and unplanned urbanization. The increase in the rate of meeting unlimited human needs with the developing technology has led to more consumption of natural resources and the amount of waste generated as a result of this excessive consumption. Developing technology, the operation of the process from the formation of the waste to its storage, reuse or recycling is considered as an element of the waste management process. Waste management is the controlled implementation of methods developed to prevent waste from harming the environment and human health. These methods are; solid waste collection, reuse, recycling, recovery and final storage consists of processes. In 1974, Fontela and Gabus developed the DEMATEL approach (Fontela, Gabus; 1974) to structure and solve multi-criteria problems in a multi-relational context. DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory), a decision making, trial and evaluation laboratory, is an effective method for describing a complex system with a cause-effect relationship. This method is generally concerned with evaluating the interdependent relationships of variables and finding critical ones from these relationships through an algorithm. For this reason, DEMATEL method has been used as a solution to many problems. Since the DEMATEL method aims to reveal the uncertainties and to take into account the uncertainties, this method has been used frequently and more objective results have been obtained. In this study, the effects of the criteria used in the classification of recycling quantities on each other were examined. Recycling amounts are classified according to a wide variety of criteria. In this study, we examined the effects of Population, Industry, Health Institutions, Thermal Power-Mine criteria, which cover most of these criteria, on each other. We used the DEMATEL method while making this review. It has been found that the Population criterion is the criterion that is most related to other criteria by making use of the most appropriate and intensively used DEMATEL Method to investigate the effects of the criteria affecting a situation on each other. In addition, it was observed that the Thermal Power Plant-Mine criterion was the least associated with other criteria. In addition, it was revealed that the Thermal Power Plant-Mine criterion had the most impact on the other criteria and the Population criterion was the most affected by the other criteria in recycling. In addition, the effect diagram of these criteria was obtained. Although the effects of these and similar criteria on each other were not studied in previous studies, each criterion was examined separately. From these results, it was obtained that the classification criterion with a large amount of waste material may be least related to other criteria, or may affect other criteria the most. In the application we have obtained, examples of Industry and Thermal Power Plant-Mine can be given as examples. Because the amount of waste and the maximum amount of waste that can be used in recycling belong to these two criteria. For this reason, the need to consider the effect of the criteria on other criteria besides the amount of waste has emerged. Therefore, the results of the applications we have obtained in the establishment of recycling facilities, determining the recycling amounts, and which criteria will be more effective for zero waste studies can be used effectively. In addition, this application, which is based on the opinion of a single expert, can also be carried out by taking different opinions of more than one expert. In addition, different and new results can be obtained by using the application in this study in fuzzy logic.

Giriş

Sıfır atık, atık üretiminin tamamen ortadan kaldırılmasıdır. Bu kavram, malzeme kullanımında verimlilik sağlanması, malzemelerin yeniden kullanılması veya geri dönüştürülmesi yoluyla mümkün olur. Sıfır atık, tüm endüstrilerde uygulanabilir olmasına rağmen, özellikle perakende sektöründe büyük bir potansiyele sahiptir. Geri dönüşüm, atıkların malzeme olarak yeniden kullanılması işlemidir. Geri dönüştürülebilen malzemelerin atıklardan ayrıştırılarak geri kazanılması hem doğal kaynakların korunmasına hem de atık miktarının azaltılmasına yardımcı olur. Geri dönüştürülebilen malzemeler arasında kâğıt, cam, metal ve plastik bulunur. Sıfır atık ve geri dönüşümün birçok faydası vardır. Sıfır atık ve geri dönüşüm, doğal kaynakların korunmasına yardımcı olur. Bu sayede, doğal kaynaklar daha uzun süre kullanılabilir hâle gelir. Sıfır atık ve geri dönüşüm, atık miktarının azaltılmasına yardımcı olur. Bu sayede, atıkların çevreye verdiği zararlar azalır. Geri dönüştürülen malzemeler, yeniden üretmek için gereken enerjinin azaltılmasına yardımcı olur. Bu da enerji tasarrufu sağlar. Geri dönüşüm sektörü, yeni iş imkânları yaratarak ekonomik büyümeye katkıda bulunur. Geri dönüştürülebilen malzemelerin tekrar kullanılması, ekonomik olarak da faydalıdır. Bu malzemelerin yeniden işlenmesi, yeni ürünlerin üretilmesine ve satılmasına imkân tanır. Son zamanlarda, Dursun (2018) atık su yönetimi için bütünleşik bulanık çok kriterli karar verme yöntemini; Saydan vd. (2022) yüksek oranda sülfat içeren uçucu küllerin klinker ikame malzemesi olarak kullanılabilirliğinin incelenmesini; Fındık (2015) termik santrallerde çevresel maliyetlerin muhasebeleştirilmesini; Yıldız (2016) sürdürülebilirlik bağlamında sağlık sektöründe inovatif uygulamalarından yeşil hastaneleri; Terekeli vd. (2013) çevre dostu hastaneleri; Ağraş ve Çetinkaya (2023) tekstil sektöründe çevresel duyarlılık ve sürdürülebilirlik politikalarını çalıştılar.

Sıfır atık politikası, bireyler, işletmeler ve hükümetler tarafından üretilen atık miktarını azaltmayı amaçlayan bir stratejidir. Sıfır atığın amacı, mümkün olduğunca çok atığı düzenli depolama alanlarından ve yakma fırınlarından uzaklaştırmak ve bunun yerine atıkları yeniden kullanmanın, geri dönüştürmenin veya kompostlamanın yollarını bulmaktır (Zaman, 2017). Sıfır atık politikası, atık azaltımını ve sürdürülebilir kaynak kullanımını teşvik eden politikalar, programlar ve uygulamaların bir kombinasyonunu içerir. Sıfır atık politikasının bazı temel bileşenleri vardır. Kaynak azaltma, daha az kaynak kullanan ve daha az atık üreten ürünler ve süreçler tasarlayarak kaynakta üretilen atık miktarını azaltmayı içerir. Geri dönüşüm ve kompostlama, kâğıt, plastik, cam ve metal gibi malzemelerin geri dönüştürülmesi, gıda ve bahçe atıkları gibi organik atıkların kompostlanması yoluyla atıkların çöp sahalarından ve yakma fırınlarından uzaklaştırılmasıdır. Genişletilmiş üretici sorumluluğu ise üreticilerin, kullanım ömrü sonunda bertaraf edilmesi de dahil olmak üzere ürünlerinin tüm yaşam döngüsünden sorumlu tutulmasını içermektedir (Song ve Zeng, 2015; Zaman, 2017). Son zamanlarda, Alakaş vd. (2018) sıfır atık projesi kapsamında atıkların toplanmasında Kırıkkale ilinde homojen çok araçlı araç rotalama uygulamasını (Alakaş, Kızıldaş, Tamer, Özcan, 2018); Gül ve Yaman (2021) Türkiye’de atık yönetimi ve sıfır atık projesinin değerlendirilmesinde Ankara örneğini (Gül, Yaman, 2021); Dalkıran (2023) sıfır atık kütüphaneleri üzerine bir değerlendirmeyi (Dalgakıran, 2023) çalıştılar.

Döngüsel ekonomi, sürdürülebilirlik ilkelerine dayanan, israfı en aza indirmeyi ve kaynak kullanımını en üst düzeye çıkarmayı amaçlayan ekonomik bir sistemdir. Buradaki fikir, malzemeleri mümkün olduğunca uzun süre kullanımda tutmak ve kullanımda oldukları süre boyunca onlardan maksimum değeri elde etmektir. Aynı zamanda hem üretim sistemi hem de tüketiciler için çevresel, ekonomik ve sosyal etkileri olan bir paradigmadır (Meseguer-Sánchez vd., 2021). Sıfır atık ve döngüsel ekonomi sıfır atık toplulukları ve döngüsel ekonomi, teori ve pratikte birbiriyle yakından bağlantılıdır. Sıfır atık toplumu, çok az atık üreten ya da hiç atık

üretmeyen ve bunun yerine sistem ve süreçlerini atığı tamamen ortadan kaldıracak şekilde tasarlayan toplumdur. Bu, atığın kaynağında azaltılmasını, kaynak kullanımının en üst düzeye çıkarılmasını ve ortadan kaldırılamayan malzemelerin yeniden kullanımı, geri dönüşümü ve kompostlaştırılması için sistemlerin uygulanmasını içerir. Sıfır atık toplumunun nihai hedefi, tüm kaynakların yeniden kullanıldığı ve hiçbir atığın üretilmediği bir kapalı döngü sistemi oluşturmaktır (Zaman, 2017). Genel olarak, sıfır atık toplumları ve döngüsel ekonomi, hedefleri ve ilkeleri bakımından birbirleriyle yakından bağlantılıdır ve her ikisi de daha sürdürülebilir bir geleceğe ulaşmak için önemli stratejiler sunmaktadır. Sıfır atık ve çevresel faktörler sıfır atık politikasının amacı atık üretimi ve bertarafının çevresel etkilerini azaltmak olduğundan, sıfır atık ve çevresel faktörler yakından ilişkilidir (Bilgili vd., 2019). Atıklar düzenli depolama alanlarına veya yakma tesislerine gönderildiğinde, önemli çevresel etkileri olabilir. Örneğin, düzenli depolama alanları iklim değişikliğine katkıda bulunan güçlü bir sera gazı olan metan üretir ve ayrıca toprağı ve yeraltı sularını tehlikeli kimyasallarla kirletebilir. Yakma fırınları, hava kirliliğine ve iklim değişikliğine neden olan zehirli kirleticiler ve sera gazları yayabilir. Sıfır atık politikaları aracılığıyla düzenli depolama alanlarına ve yakma fırınlarına gönderilen atık miktarının azaltılmasıyla, atık bertarafının çevresel etkileri en aza indirilebilir. Ayrıca, atık malzemelerin yeniden kullanımını, geri dönüşümünü ve kompostlanmasını teşvik ederek sıfır atık politikaları doğal kaynakların korunmasına ve yeni malzemelerin üretimi ve bertarafı ile ilişkili sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olabilir (Bilgili vd., 2019; Zaman, 2017). Son zamanlarda Güngör (2023) döngüsel ekonomide Borsa İstanbul örneğini; Büyükkelik ve Afşar (2022) döngüsel ekonominin ve verimliliğinin sosyal bilimler kapsamında bir literatür incelemesini çalıştılar.

Buna ek olarak, biyolojik olarak parçalanamayan malzemelerin üretimi ve bertarafı uzun vadeli çevresel etkilere neden olabilir. Örneğin, plastik atıklar çevrede yüzlerce yıl kalarak yaban hayatına ve ekosistemlere zarar verebilir. Sıfır atık politikaları, kaynak azaltma ve genişletilmiş üretici sorumluluğu yoluyla ilk etapta üretilen atık miktarını azaltarak bu çevresel etkilerin hafifletilmesine yardımcı olabilir. Genel olarak sıfır atık politikaları, atık üretimi ve bertarafının çevresel etkilerini azaltmak, sürdürülebilirliği teşvik etmek ve toplumların ve ekosistemlerin sağlık ve refahını korumak için önemli bir araçtır. Sıfır atık politikası, dünya iklim değişikliği, kaynakların tükenmesi ve kirlilik gibi artan çevresel zorluklarla karşı karşıya kaldıkça giderek daha önemli hâle gelmektedir. Bireyler, işletmeler ve hükümetler sıfır atık politikalarını uygulayarak atıkların azaltılmasına, doğal kaynakların korunmasına ve sürdürülebilirliğin teşvik edilmesine yardımcı olabilirler (İtoiz vd., 2013) Döngüsel ekonomi ve sıfır atık politikası birbiriyle yakından ilişkili kavramlardır, çünkü her ikisi de atıkları azaltmayı ve sürdürülebilirliği teşvik etmeyi amaçlamaktadır.

Karar verme uygulamaları önemli bir uygulama teorisi olarak ortaya çıkmaktadır. Birçok araştırmacı klasik mantık kullanarak, bulanık mantık kullanarak; TOPSIS yöntemini, VIKOR yöntemini, maksimum sapma yöntemini, karar ağacı yöntemlerini, gri ilişkisel analiz yöntemini, DEMATEL metodunu çalışmıştır. Son zamanlarda Kargın vd. (2021a) nütrosifik dörtlü kümeler yardımıyla hukuktaki belirsizliklerle başa çıkabilmek için karar verme uygulamalarını; Şahin vd. (2021) Covid-19 ile mücadelede uygun tedavi için karar verme uygulamalarını çalıştılar. 1974 yılında Fontela ve Gabus, çok-ilişkili bir bağlamda çok kriterli problemleri yapılandırmak ve çözmek için DEMATEL yaklaşımını (Fontela, Gabus; 1974) geliştirmişlerdir. Karar verme, deneme ve değerlendirme laboratuvarı DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory), karmaşık bir sistemin neden-sonuç ilişkisiyle tanımlanmasında etkili bir yöntemdir. Bu yöntem genel olarak değişkenlerin birbirine bağlı ilişkileri değerlendirmek ve bir algoritma aracılığıyla bu ilişkilerden kritik olanları bulmakla ilgilenir. Bu sebeple birçok probleme çözüm olarak DEMATEL metodu kullanılmıştır.

DEMATEL yöntemi özellikle belirsizlikleri ortaya çıkarma ve belirsizlikleri de göz önüne bulundurmaya amaçladığı için bu yöntem sıklıkla kullanılmış ve daha objektif sonuçlar elde edilmiştir. Son zamanlarda Kargın vd. (2022b) araç satışlarında fiyat, konfor ve yakıt kriterlerinin birbirlerine olan etkilerini DEMATEL metodu kullanarak inceledi. Özellikle DEMATEL metodu sıfır atık ve geri dönüşüm çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Son zamanlarda, Gürbüz ve Çavdarıcı (2018) geri dönüşüm sektörüne ilişkin sorun alanlarının DEMATEL yöntemiyle değerlendirilmesini; İnağ ve Arıkan (2020) katı atık getirme merkezi kuruluş yer seçimi için DEMATEL-ANP metodunu; Sarı vd. (2021) geri dönüştürülmüş malzeme, kullanılmış bir giysinin satın alma kararının DEMATEL yöntemiyle incelenmesini; Yüksel vd. (2022a) yeşil hastanelerin gelişimi için DEMATEL yöntemini; Yüksel vd. (2022b) kamudaki israfın azaltılması için DEMATEL yöntemini; Gündoğdu ve Aytekin (2022) iklim değişikliği, sürdürülebilir şehirler ve topluluklar bağlamında DEMATEL metodunu çalışmıştır.

Bu çalışmada geri dönüşüm miktarlarının sınıflandırılmasında kullanılan kriterlerin birbiri üzerine olan etkisi incelendi. Geri dönüşüm miktarları çok çeşitli kriterlere göre sınıflandırılmaktadır. Bu çalışmada biz bu kriterlerden çoğunu kapsayan Nüfus, Sanayi, Sağlık Kuruluşları, Termik Santral-Maden kriterlerinin birbiri üzerine olan etkilerini inceledik. Bu incelemeyi yaparken DEMATEL metodunu kullandık. Bir durumu etkileyen kriterlerin birbiri üzerine olan etkilerini araştırma en uygun olan ve yoğun bir şekilde kullanılan DEMATEL Metodundan faydalanarak Nüfus kriterinin diğer kriterlerle en çok ilişkili olan kriter olduğu elde edildi. Ayrıca, Termik Santral-Maden kriterinin diğer kriterlerle en az ilişkili olan kriter olduğu gözlemlendi. Bunun yanı sıra Termik Santral-Maden kriterinin diğer kriterler üzerinde en fazla etkiye sahip olduğu ve Nüfus kriterinin geri dönüşümde diğer kriterlerden en fazla etkilenen olduğu ortaya çıktı. Bunun yanı sıra bu kriterlerin etki diyagramı elde edildi.

Bu inceleme sonucunda atık madde miktarı fazla olan sınıflandırma kriterinin diğer kriterler üzerine etkisinin en az olabileceği veya diğer kriterlerden en fazla etkilenebileceği elde edildi. Buna örnek olarak Sanayi ve Termik Santral-Maden örnekleri verilebilir. Bu sebeple kriterlerin atık miktarının yanında diğer kriterlere etkisinin de göz önünde bulundurulması gereği ortaya çıktı. Bundan dolayı geri dönüşüm tesislerinin kurulumunda, geri dönüşüm miktarlarının belirlenmesinde, sıfır atık çalışmaları için hangi kriterlerin daha etkili olacağı konusundaki çalışmalarda elde ettiğimiz uygulamaların sonucu etkili olarak kullanılabilir. Ayrıca, tek uzman görüşüne göre yapılan bu uygulama birden fazla uzmanın farklı görüşleri alınarak da yapılabilir. Bunun yanı sıra bu çalışmadaki uygulama bulanık mantıkta da kullanılarak farklı ve yeni sonuçlar elde edilebilir.

Araştırma Yöntemi

Bu bölümde DEMATEL Metodu (Fontela, Gabus; 1974) adımları ile birlikte verilecektir. DEMATEL metodu genel olarak beş adımdan oluşur. Bu adımlara başlamadan önce problem belirlenir, uzmanlar belirlenir ve hangi kriterlerin birbiri üzerine etkisinin inceleneceği tespit edilir ve daha sonra adımlar sırasıyla uygulanır.

1.Adım: Direk ilişki matrisi oluşturulur.

Direk ilişki matrisinin oluşturulması için öncelikle beş seviyeden oluşan ikili karşılaştırma skalası kullanılır.

Sayısal Değerler	Tanım
0	Etkisiz
1	Düşük Etki
2	Orta Etki
3	Yüksek Etki
4	Çok Yüksek Etki

Kriterler arasındaki ilişkiler, ikili karşılaştırma skalası kullanılarak uzman grup tarafından belirlenir. Karşılaştırmaların sonucunda direkt-ilişki matrisi elde edilir. Burada matrisinin köşegen değerleri 0'dır.

Kriterler arasındaki ilişkiler, ikili karşılaştırma skalası kullanılarak uzman grup tarafından belirlenir. Karşılaştırmaların sonucunda direkt-ilişki matrisi elde edilir. Burada matrisinin köşegen değerleri 0'dır.

Adım 2: Normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi belirlenir.

Bu adımda direkt ilişki matrisi A ve aşağıda eşitlikte verilen K değerleri kullanılarak normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi elde edilir.

$$k = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq j} \sum_j^n \{a_{ij}\}}, i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n$$

olmak üzere

$$S = K \cdot A$$

Burada,

$$\max_{1 \leq i \leq j} \sum_j^n \{a_{ij}\}$$

değeri direkt ilişki matrisinin satırlarının ayrı ayrı toplamlardan en büyük olana eşittir.

Adım 3: Toplam ilişki matrisinin elde edilir.

Normalleştirilmiş direkt ilişki matrisinin elde edilmesinin ardından aşağıdaki eşitlik kullanılarak toplam ilişki matrisi T elde edilir. T matrisi

$$T = S \cdot (I - S)^{-1}$$

şeklindedir. Burada I birim matristir.

Adım 4: Etkileyen ve Etkilenen Kriterlerin Belirlenmesi

T toplam ilişki matrisindeki sütunların ayrı ayrı toplamı R, T matrisindeki toplam ilişki matrisindeki satırların ayrı ayrı toplamı D olarak kabul edilsin. D-R değerlerini, D+R değerlerini göz önünde bulundurarak kriterlerin diğer kriterlere etkisi seviyesi ve ilişki seviyesi hakkında bilgi elde edilir. Burada,

$$D = \sum_j^n a_{ij}; i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n$$

$$R = \sum_i^n a_{ij}; i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n$$

şeklinde hesaplanır.

D+R değeri problemdeki kriterlerin önem derecesini gösterirken, D-R değeri kriterleri etkileyen ve etkilenen kriterler olarak ikiye ayırır. Eğer D-R negatif ise etkilenen D-R pozitif ise etkileyendir.

D+R değerleri kriterlerin birbirleriyle olan ilişkilerini belirlemede kullanılır ve bu değerlerden yüksek olana sahip olan kriter diğer kriterlerle en fazla ilişkili olan kriterdir. Bunun yanı sıra D+R değeri düşük olan kriter diğer kriterlerle en az ilişkili olan kriterdir.

D-R değeri pozitif olan kriterler diğer kriterler üzerinde etkileyen rolündedir ve öncelikli kriterler olarak kabul edilir. D-R değeri negatif olan kriterler ise diğer kriterlerden etkilenen rolündedir ve öncelik sırasına göre geride olan kriterler olarak kabul edilir.

Adım 5: Eşik değerinin hesaplanması ve etki-yönlü graf diyagramının belirlenmesi

DEMATEL metodunun etki-yönlü graf diyagramını belirlemek için bir α eşik değerinin hesaplanması gereklidir. Buradaki α eşik değeri

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}}{n.n}$$

şeklindedir.

T toplam ilişki matrisindeki eşik değerinden daha büyük değere sahip olan kriterler belirlenir ve bu değerlere göre etki-yönlü graf diyagramı belirlenir.

Uygulama ve Bulgular

Bu bölümde geri dönüşümlerde elde edilen atıkların sınıflandırılmasında kullanılan Nüfus, Sanayi, Sağlık Kuruluşları ve Termik Santral-Maden kriterlerinin geri dönüşüm veya sıfır atık uygulamalarında birbirlerine olan etkilerini DEMATEL Metodu yardımıyla inceleyeceğiz.

Bu uygulama örneği için kriterlerin kümesi

$$K = \{N, S, SK, TSM\}$$

olsun. Burada,

N: Nüfus

S: Sanayi

SK: Sağlık Kuruluşları

TSM: Termik Santral-Maden

şeklindedir.

Adım 1. Bu adımda uzmanların ortak görüşüyle direkt ilişki matrisi A Tablo 3.1'deki gibi olsun.

Tablo 2: Direkt İlişki Matrisi A

	N	S	SK	TSM
N	0	2	4	0
S	4	0	3	1
SK	2	1	0	0
TSM	3	3	2	0

Tablodaki 0, 1, 2, 3 ve 4 değerleri Tablo 1'deki değerlere karşılık gelir. Eğer Tablo 2 dilsel kurallarla verilecek olursa Tablo 3 elde edilir.

Tablo 3: Dilsel Kurallarla verilen Direkt İlişki Matrisi A

	N	S	SK	TSM
N	etkisiz	orta etki	çok yüksek etki	etkisiz
S	çok yüksek etki	etkisiz	yüksek etki	düşük etki
SK	orta etki	düşük etki	etkisiz	etkisiz
TSM	yüksek etki	yüksek etki	orta etki	etkisiz

Adım 2. Bu adımda Adım 1'deki direkt ilişki matrisi A ve k değerinden faydalanarak normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi S'yi bulacağız. Bu uygulamaya göre

$$k = \frac{1}{\text{Max}_{1 \leq i \leq j} \sum_{j=1}^4 \{a_{ij}\}}, i = 1, 2, 3, 4; j = 1, 2, 3, 4$$

olduğundan

$$\sum_{j=1}^4 \{a_{1j}\} = 0 + 2 + 4 + 0 = 6$$

$$\sum_{j=1}^4 \{a_{2j}\} = 4 + 0 + 3 + 1 = 8$$

$$\sum_{j=1}^4 \{a_{3j}\} = 2 + 1 + 0 + 0 = 3$$

$$\sum_{j=1}^4 \{a_{4j}\} = 3 + 3 + 2 + 0 = 8$$

sonuçları elde edilir. Böylece,

$$\begin{aligned} \text{maks}_{1 \leq i \leq j} \sum_{j=1}^4 \{a_{ij}\} &= \text{maks}\{\sum_{j=1}^4 \{a_{1j}\}, \sum_{j=1}^4 \{a_{2j}\}, \sum_{j=1}^4 \{a_{3j}\}, \sum_{j=1}^4 \{a_{4j}\}\} \\ &= \text{maks}\{6, 8, 3, 8\} \\ &= 8 \end{aligned}$$

olarak bulunur. Bundan dolayı

$$k = \frac{1}{\text{Max}_{1 \leq i \leq j} \sum_{j=1}^4 \{a_{ij}\}} = \frac{1}{8}$$

ve

S = k.A normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi Tablo 3.3' de elde edilir.

Tablo 4: Normalleştirilmiş Direkt İlişki Matrisi S

	N	S	SK	TSM
N	0	1/4	1/2	0
S	1/2	0	3/8	1/8
SK	1/4	1/8	0	0
TSM	3/8	3/8	1/4	0

Adım 3: Bu adımda Adım 2' deki normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi S yardımıyla toplam ilişki matrisi T elde edilir.

$$T = S.(I - S)^{-1}$$

olduğundan

I – S matrisi Tablo 3.4'de;

Tablo 5: I – S Matrisi

	N	S	SK	TSM
N	1	-1/4	-1/2	0
S	-1/2	1	5/8	-1/8
SK	-1/4	-1/8	1	0
TSM	-3/8	-3/8	-1/4	1

$(I - S)^{-1}$ matrisi Tablo 6'da;

Tablo 6: $(I - S)^{-1}$ Matrisi

	N	S	SK	TSM
N	1052/793	320/793	336/793	40/793
S	408/793	896/793	-328/793	112/793
SK	314/793	192/793	836/793	24/793
TSM	626/793	504/793	212/793	856/793

$T = S.(I - S)^{-1}$ toplam ilişki matrisi Tablo 7 elde edilir.

Tablo 7: Toplam İlişki Matrisi T

	N	S	SK	TSM
N	259/793	320/793	336/793	40/793
S	722/793	295/793	508/793	136/793
SK	314/793	192/793	43/793	24/793
TSM	626/793	504/793	212/793	63/793

Burada, I 3x3 tipinde bir birim matristir.

Adım 4. Bu adıma etkileyen ve etkilenen kriterlerin belirlenmesi için T toplam ilişki matrisinin ayrı ayrı satırlar toplamı D ve ayrı ayrı sütunlar toplamı R elde edilir.

Burada,

$$N \text{ kriteri için satırlar toplamı } D = \sum_{j=1}^3 a_{1j} = 955/793;$$

$$S \text{ kriteri için satırlar toplamı } D = \sum_{j=1}^3 a_{2j} = 1061/793;$$

SK kriteri için satırlar toplamı $D = \sum_{j=1}^3 a_{1j} = 573/793$;

TSM kriteri için satırlar toplamı $D = \sum_{j=1}^3 a_{1j} = 1405/793$;

N kriteri için sütunlar toplamı $R = \sum_{j=1}^3 a_{i1} = 1921/793$;

S kriteri için sütunlar toplamı $R = \sum_{i=1}^3 a_{i2} = 1311/793$;

SK kriteri için sütunlar toplamı $R = \sum_{i=1}^3 a_{i3} = 1099/793$;

TSM kriteri için sütunlar toplamı $R = \sum_{i=1}^3 a_{i4} = 263/793$;

olarak elde edilir. Bu veriler kriterlere göre Tablo 8’de verildi.

Tablo 8: Kriterlerin D ve R Değerleri

	D	R
Nüfus	955/763	1921/763
Sanayi	1061/763	1311/763
Sağlık Kuruluşu	573/763	1099/763
Termik Santral-Maden	1405/763	263/763

Şimdi kriterler için R+D ve D-R değerlerini Tablo 9’ de verelim.

Tablo 9: Kriterlerin R + D ve D-R Değerleri

	D+R	D-R
Nüfus	2876/763	-966/763
Sanayi	2372/763	-250/763
Sağlık Kuruluşu	1672/763	-526/763
Termik Santral-Maden	1668/763	1142/763

Adım 5:

Adım 5 deki T toplam ilişki matrisi için

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 a_{ij}}{16}$$

eşik değeri hesaplanırsa

$$\alpha = 0.314$$

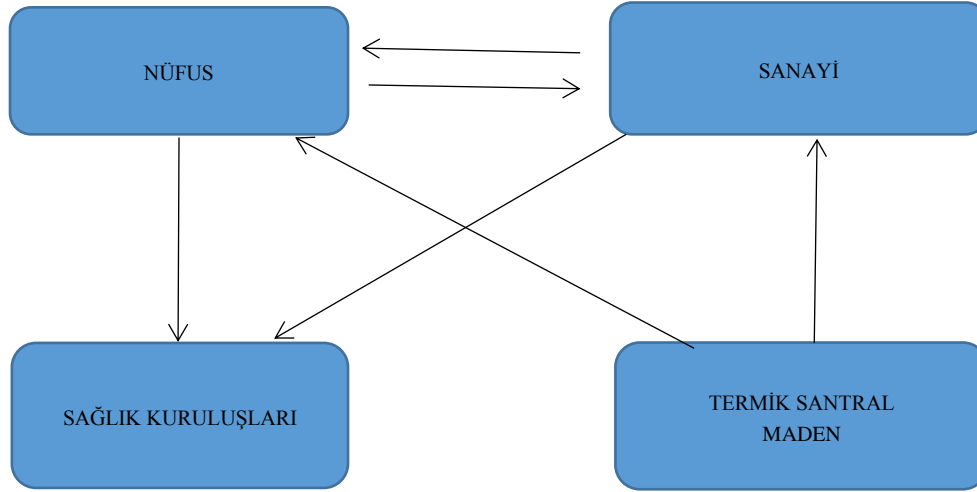
elde edilir. T toplam ilişki matrisinde α eşik değerinden büyük değerler Tablo 10’da verildi.

Tablo 10: T Toplam İlişki Matrisinde α Eşik Değerinden Büyük Değerler

	N	S	SK	TSM
N	0.326	0.403	0.423	0.05
S	0.91	0.372	0.64	0.171

SK	0.042	0.242	0.054	0.03
TSM	0.789	0.635	0.267	0.079

Tablo 10'a göre Şekil 1 elde edilir.



Şekil 1: Etki Graf Diyagramı

Bu çalışmada elde ettiğimiz bulguları Tablo 9'dan yararlanarak verecek olursak;

- i) En büyük R+D değeri Nüfus kriterine ait olduğundan geri dönüşümde bu kriter diğer kriterlerle en çok ilişkili olan kriterdir.
- ii) En küçük R+D değeri Termik Santral-Maden kriterine ait olduğundan geri dönüşümde bu kriter diğer kriterlerle en az ilişkili olan kriterdir.
- iii) Pozitif D-R değeri Termik Santral-Maden kriterine ait olduğundan geri dönüşümde bu kriter diğer kriterler üzerinde en fazla etkiye sahiptir.
- iv) En küçük negatif D-R değeri Nüfus kriterine ait olduğundan geri dönüşümde bu kriter diğer kriterlerden en fazla etkilenen kriterdir. En büyük negatif D-R değeri Sanayi kriterine ait olduğundan geri dönüşümde bu kriter diğer kriterlerden en az etkilenen kriterdir.

Sonuç ve Tartışma

Daha önceki çalışmalarda Nüfus, Sanayi, Sağlık Kuruluşu ve Termik Santral-Maden kriterlerinin geri dönüşüm miktarlarına etkisi genel olarak ayrı ayrı incelenmiş ve bu kriterler için geri dönüşümde ayrı ayrı çözüm yolları önerilmiştir. Bu çalışmada, bahsedilen kriterlerin birbirine olan etkileri DEMATEL Metodu ile ayrı ayrı incelendi ve bu inceleme sonucunda elde edilen bulgulardan bahsedildi.

Elde edilen bu bulgulardan atık madde miktarı en fazla olan Termik Santral-Maden kriterinin diğer kriterler ile en az ilişkili olabileceği ortaya çıktı. Ayrıca Termik Santral-Maden kriterinin diğer kriterlere en fazla etki edebileceği elde edildi. Yine geri dönüşüm miktarlarında ikinci sıraya sahip olan Sanayi kriterinin bu çalışmada diğer kriterlerden en az etkilenen kriter olduğu ortaya çıktı. Bu nedenle kriterlerin atık miktarının yanında diğer kriterlere etkisinin de göz önünde bulundurulması gereği ortaya çıktı.

Beklenen bir sonuç olarak geri dönüşümde Nüfus kriterinin diğer kriterlerle en çok ilişkili olduğu gözlemlendi. Ancak Nüfus kriterinin diğer kriterlerden en fazla etkilenen kriter olduğu da ortaya çıktı. Elde ettiğimiz uygulamada en çok geri dönüşüm miktarına sahip olan

Termik Santral-Maden ve Sanayi kriterleri diğer kriterlerden en az etkilenen veya en az ilişkili olabileceği görüldü.

Bundan dolayı geri dönüşüm tesislerinin kurulumunda, konumlarının belirlenmesinde, geri dönüşüm miktarlarının nelerden etkileneceğinin veya nelerle ilişkili olabileceğinin saptanmasında sadece atık miktarının değil aynı zamanda bu kriterlerin birbirine olan etkisinin de göz önünde bulundurulması gerekliliği ortaya çıktı. Bu sebeple elde ettiğimiz bulgu ve sonuçlar geri dönüşüm çalışmalarında verimli olarak kullanılabilir.

Tek uzman görüşü dikkate alınarak hazırlanan bu uygulama birden fazla uzmanın farklı görüşleri alınarak da yapılabilir. Böylece daha kapsamlı ve daha geçerli sonuçlar elde edilebilir. Bunun yanı sıra bu çalışmada kullanılan klasik DEMATEL Metodu yerine yapay zekânın da temelini oluşturan bulanık mantık kullanılarak oluşturulan Bulanık DEMATEL Metodu da kullanılabilir ve elde edilen yeni sonuçlar ile eski sonuçlar karşılaştırılabilir.

Kaynakça

- Ağraş, S. ve Çetinkaya, F. (2023). Tekstil sektöründe çevresel duyarlılık ve sürdürülebilirlik politikalarına yönelik bir içerik analizi. *Equinox Journal of Economics Business and Political Studies*, 10(1), 26-48.
- Alakaş, H. M., Kızıldaş, Ş., Tamer, E. ve Özcan, E. (2018). Sıfır atık projesi kapsamında atıkların toplanması: Kırıkkale İli'nde homojen çok araçlı araç rotalama uygulaması. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 3(3), 190-196.
- Assi, A., Bilo, F., Zanoletti, A., Ponti, J., Valsesia, A., La Spina, R., Depero, L. E. ve Bontempi, E. (2020). Review of the reuse possibilities concerning ash residues from thermal process in a medium-sized urban system in Northern Italy. *Sustainability*, 12(10), 4193-4214.
- Bilgili, F., Kuşkaya, S., Ünlü, F. Y. & Gençoğlu, P. (2019). Does waste energy usage mitigate the CO₂ emissions? A time-frequency domain analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, (27), 5056-5073.
- Büyükkelik, A. & Afşar, Y. (2022). Döngüsel ekonomi ve verimlilik: Sosyal bilimler kapsamında bir literatür incelemesi. *Verimlilik Dergisi*, 127-150.
- Dalkıran, Ö. (2023). Türk Milli Eğitim sisteminde yeni bir okul kütüphanesi türü: Sıfır atık kütüphaneleri üzerine bir değerlendirme. *Library Archive and Museum Research Journal*, 4(1), 28-53.
- Dursun, M. (2018). Atık su yönetimi için bütünleşik bulanık çok ölçütlü karar verme yöntemi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 30(1), 209-217.
- Fındık, H. (2015). Termik santrallerde çevresel maliyetlerin muhasebeleştirilmesi. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(4), 781-796.
- Fontela, E. & Gabus, A. (1974). *Dematel*, innovative methods. *Structural Analysis of the World Problematique*. Battelle Geneva Research Institute (No. 2). Report.
- Itoiz, E. S., Gasol, C. M., Farreny, R., Rieradevall, J. & Gabarrell, X. (2013). CO₂ZW: Carbon footprint tool for municipal solid waste management for policy options in Europe. Inventory of Mediterranean countries. *Energy Policy*, (56), 623-632.
- Govindan, K. & Hasanagic, M. (2018). A systematic review on drivers, barriers, and practices towards circular economy: a supply chain perspective. *International Journal of Production Research*, (56), 278-311.
- Gül, M. & Yaman, K. (2021). Türkiye'de atık yönetimi ve sıfır atık projesinin değerlendirilmesi: Ankara örneği. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 35(4), 1267-1296.
- Gündoğdu, H. G. & Aytekin, A. (2022). İklim değişikliği, sürdürülebilir şehirler ve topluluklar bağlamında çok kriterli bir değerlendirme. *İnsan ve İnsan*, 9(33), 33-52.

- Güngör, N. (2023). Sürdürülebilirlik raporlarında döngüsel ekonomi: Borsa İstanbul'da bir araştırma. *Denetim ve Güvence Hizmetleri Dergisi*, 3(1), 36-47.
- Gürbüz, F. & Çavdarıcı, S. (2018). Geri dönüşüm sektörüne ilişkin sorun alanlarının DEMATEL ve GRI DEMATEL yöntemiyle değerlendirilmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 285-301.
- İnağ, T. & Arıkan, M. (2020). Katı atık getirme merkezi kuruluş yer seçimi için DEMATEL-ANP ve matematiksel programlama yöntemleriyle bütünleşik bir yaklaşım: Ankara ilinde bir uygulama örneği. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 36(1), 33-46.
- Kargın, A., Dayan, A. & Şahin, N. M. (2021a). Generalized hamming similarity measure based on neutrosophic quadruple numbers and its applications to law sciences. *Neutrosophic Set and Systems*, 40, 45-67.
- Kargın, A., Şahin, M. ve Aksuvar B. (2022b) Genelleştirilmiş küme değerli nütrosifik dördü sayılara dayalı DEMATEL yöntemi, IV. *International Ankara Multidisciplinary Studies Congress*, 29-31 July 2022 Ankara, Turkey.
- Meseguer-Sánchez, V., Gálvez-Sánchez, F. J., Molina-Moreno, V. & Wandosell-Fernández-de-Bobadilla, G. (2021). The main research characteristics of the development of the concept of the circular economy concept: a global analysis and the future agenda. *Frontiers in Environmental Science*, (9), <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.704387>.
- Murray, A. V., Skene, K. R. & Haynes, K. (2017). The circular economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of Business Ethics*, (140), 369-380.
- Sarı, B., Birkocak, D. T. & İşler, M. (2021). Analysing the purchasing decision-making for a recycled materials used garment by DEMATEL method. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (32), 864-871.
- Song, Q., Li, J. & Zeng, X. (2015). Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy. *Journal of Cleaner Production*, (104), 199-210.
- Stanković, J. J., Janković-Milić, V., Marjanović, I. & Janjic, J. T. (2021). An integrated approach of PCA and PROMETHEE in spatial assessment of circular economy indicators. *Waste Management*, (128), 154-166.
- Saydan, M., Türk, F., Keskin, Ü. S. & Say, H. (2022) Yüksek oranda sülfat içeren uçucu küllerin klinker ikame malzemesi olarak kullanılabilirliğinin incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, doi: 10.5505/pajes.2022.34984
- Şahin, M., Kargın, A. & Uz, M. S. (2021). Generalized Euclid measures based on generalized set valued neutrosophic quadruple numbers and multi criteria decision making applications. *Neutrosophic Sets and Systems*, 47, 573-600.
- Terekli, G., Özkan, O. & Bayın, G. (2013). Çevre dostu hastaneler: Hastaneden yeşil hastaneye. *Ankara Sağlık Hizmetleri Dergisi*, 12(2), 37-54.
- Yıldız, H. (2016). Sürdürülebilirlik bağlamında sağlık sektöründe inovatif uygulamalar: Yeşil hastaneler. *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(13), 323-340.
- Yüksel, S., Dinçer, H. & Çelebi, B. (2022a). Yeşil hastanelerin gelişimi için stratejik unsurların belirlenmesi: Enerji bazlı faktörlere yönelik DEMATEL yöntemi ile bir analiz. *İstatistik ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, (5), 29-39.
- Yüksel, S., Dinçer, H. & Vatandaş, E. (2022b). Kamudaki israfın azaltılması için DEMATEL yöntemi yardımıyla strateji önerilerinin sunulması. *İstatistik ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, (6), 47-54.
- Zaman, A. (2017). A strategic framework for working toward zero waste societies based on perceptions surveys. *Recycling*, 2(1), 1-15.