

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Katı Atık Tesisi Yeri Seçimi: Giresun İli Örneği

Solid Waste Facility Location Selection with Multi-Criteria Decision Making Methods: Case of Giresun Province

Mustafa ERGÜN, Giresun Üniversitesi, Türkiye, mustafa.ergun@giresun.edu.tr

Orcid No:0000-0003-1675-0802

Halime ARTUL, Giresun Üniversitesi, Türkiye, halimeartul28@gmail.com

Orcid No:0000-0001-5907-3528

Öz: Nüfus artışı, sanayileşme ve bunlara bağlı olarak hızlı kentleşme sonucunda, ortaya çıkan atık miktarının artması atık yönetim sürecini zorlaştırmıştır. Bununla birlikte sürecin etkin yönetimi, belediyeler için bir zorunluluk, işletmeler için de ekonomik getiri elde etmek, çevresel hassasiyetle üretim gerçekleştirmek ve yasal sebeplerden dolayı önemli bir olgu haline gelmiştir. Bu bağlamda tersine lojistik kapsamında geriye dönen ürünlerin, uygun şekilde yok edilmesi veya ekonomiye yeniden kazandırılması için uygun tesisler kurulması gerekmektedir. Yapılan araştırmalar neticesinde yasal mevzuatlar çerçevesinde Giresun ilinde bu tür bir tesisin bulunmadığı görülmüştür.

Bu amaçla Giresun il sınırı içinde, doğal yaşam, ekonomik koşullar ve mevzuatlara uygun olarak bu tesisin kurulabileceği uygun alanların araştırıldığı bu çalışmamızda; öncelikle katı atık tesisi yer seçimi için konuyla ilgili yapılan diğer araştırmalar ve çalışma alanının mevcut durumu da göz önünde bulundurularak 2 kategoride toplam 13 kriter ve 5 alternatif bölge belirlenmiştir. Sonrasında belirlenen bu kriterler, ağırlıkları belirlenmek üzere yüz yüze görüşme neticesinde 10 uzmanın görüşüne sunulmuştur. Uzman görüşleri sonucunda elde edilen sayısal veriler çok kriterli karar verme yöntemlerinden FUCOM (Full Consistency Method-Tam Tutarlık Yöntemi)'ne aktarılmış ve Excel yardımıyla çözülerek kriter ağırlıkları bulunmuştur. Sonrasında uzmanlardan kriterlere göre, 5 alternatif lokasyonun değerlendirilmesi istenmiştir. Bu işlem sonucunda elde edilen sayısal veriler GİA (Gri İlişkisel Analiz) yöntemine aktarılmış ve Excel yardımıyla alternatiflerin sıralaması yapılmıştır. Yapılan analizler sonunda Giresun ilinde atık tesisi yeri belirleme problemi için en uygun alternatif 4 numaralı alternatif olan Örencik mevki olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Tersine Lojistik, Çok Kriterli Karar Verme, FUCOM, (GİA) Gri İlişkisel Analiz

JEL Sınıflandırması: C44 C49 R49

Abstract:The increase in the amount of waste generated as a result of population growth, industrialization and rapid urbanization has made the waste management process difficult. However, effective management of the process has become a necessity for municipalities, an important phenomenon for businesses to obtain economic returns, to produce with environmental sensitivity and for legal reasons. In this context, suitable facilities should be established for the products returned within the scope of reverse logistics to be disposed of properly or to be reintroduced to the economy. As a result of the researches, it was seen that there is no such facility in Giresun within the framework of legal regulations.

For this purpose, in this study, in which appropriate areas where this facility can be established in accordance with the natural life, economic conditions and legislation within the provincial border of Giresun; First of all, 13 criteria and 5 alternative regions were determined in 2 categories, taking into account the other researches on the subject for the solid waste facility location selection and the current situation of the study area. Afterwards, these criteria were presented to the expert opinion as a result of face-to-face interviews to determine their weights. The numerical data obtained as a result of expert opinions were transferred to the methods of FUCOM (Full Consistency Method) which are multi-criteria decision-making methods, and were solved with the help of Excel and the criterion weights were found. Afterwards, experts were asked to evaluate 5 alternative locations according to the criteria. The numerical data obtained as a result of this process were transferred to the GIA (Gray Relational Analysis) method and the alternatives were sorted with the help of

Makale Geçmişi / Article History

Başvuru Tarihi / Date of Application : 13 Temmuz / July 2023

Kabul Tarihi / Acceptance Date : 25 Mart / March 2025

© 2025 Journal of Yaşar University. Published by Yaşar University. Journal of Yaşar University is an open access journal.

Excel. At the end of the analyzes made, the most suitable alternative for the problem of determining the waste facility location in Giresun province was found to be the Örencik location, which is alternative number 4.

Keywords: Reverse Logistics, Multi-Criteria Decision Making, FUCOM, (GIA) Gray Relational Analysis

JEL Classification: C44 C49 R49

1. Giriş

Geçmişten günümüze lojistik kavramı değerlendirildiğinde lojistik faaliyetler, insanlığın başlangıcından bu yana var olmuştur. Yıllar içinde değişen ve gelişen lojistik, dünyanın adeta küçük bir köy haline gelmesiyle yeni boyutlar kazanmış ve bu konuda çalışmalar yapılmasını gerekli kılmıştır (Akyurt, 2009:10).

Küreselleşen dünya ticareti eşliğinde lojistikte yeni yaklaşımların önemi hızla artmaktadır. Firmalar gerek rekabet avantajı sağlamak gerekse sürdürülebilir bir imaj yaratmak adına bu yeni yaklaşımlara ayak uydurmak zorunda kalmıştır. Diğer yandan dünyadaki kıt kaynaklar, hükümetlerin uyguladığı yasal zorunluluklar, sürdürülebilir büyüme ve çevresel hassasiyetler firmalara çeşitli sorumluluklar yüklemiş ve bunların sonucunda ürünlerin nihai tüketiciden üreticiye doğru olan akışını hızlandırmış ve tüm bunlar tersine lojistik kavramının ortaya çıkmasına neden olmuştur (Çetin, 2013:1).

Bu kapsamda atık yönetimi sürecinde toplanan atıkların uygun şekilde bertaraf edilmesi veya geri dönüştürülmesi için çevresel mevzuatlara uygun lisans verilen tesislere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tür lisanslı tesis yerinin seçimi; atıkların düzenli depolanması ve imhasına ait yönetmelik gereği, oluşabilecek sızıntı sularının ve depo gazlarının toprak, hava, yeraltı suları ve yüzeysel suların üzerindeki olumsuz etkilerinin asgari düzeye indirilerek çevre kirliliğinin önlenmesine yardımcı olması açısından önem teşkil etmektedir. Buna bağlı olarak bu tür atık tesislerinin tüm kriterler göz önüne alınarak en uygun yere kurulması önem arz etmektedir (<https://cygm.csb.gov.tr/yonetmelikler-i-440>).

Diğer yandan belediyelerin atık yönetimi konusunda etkin ve verimli çalışmaları ve şehirlerde sürdürülebilir ve yaşanabilir bir katı atık yönetim süreci gerçekleştirmeleri için bu tür katı atık tesislerine ihtiyaç duymaları bu çalışmanın yapılmasındaki motivasyonlar arasındadır.

ÇKKV yöntemlerini kullanarak katı atık tesisi yeri seçimine ilişkin mevcut literatürün kapsamlı bir incelemesinden sonra, bazı boşlukların hala ele alınmadığı tespit edilmiştir. Birçok çalışma, çeşitli sosyo-ekonomik, çevresel ve teknik faktörleri hesaba katan evrensel olarak uyarlanabilir çerçeveler geliştirmeden belirli coğrafi bağlamlara veya izole kriterlere odaklanmaktadır. Ayrıca sürdürülebilirlik, afet dayanıklılığı ve halk sağlığı etkileri gibi uzun vadeli etkileri dikkate alan kapsamlı değerlendirmelerin eksikliği vardır. Bu çalışmanın

literatürdeki belirlenen boşlukları dolduracağı ve alandaki araştırmacılara, karar vericilere ve uygulayıcılara değerli bilgiler sağlayacağı umulmaktadır.

Bu kapsamda yapılan çalışma Giresun ilinde katı atık tesisi yeri için en uygun alan alternatiflerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Giresun'da bu niteliklere sahip bir tesisin olmaması bu çalışmanın yapılmasındaki en önemli faktör olarak değerlendirilmektedir. Diğer yandan çalışmanın bu tür bir tesis kurmak isteyen işletmelere veya belediyelere yol haritası sunması düşünülmektedir. Literatür incelendiğinde katı atık tesis yeri seçimi ile ilgili birçok çalışmanın yer aldığı görülmektedir. Ancak Giresun ilinde katı atık tesisi yeri seçimi için yapılan çalışmaların sınırlı olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla yapılan çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışmanın Giresun ilinde katı atık tesisi yeri alternatiflerini ortaya koyacak olmasından dolayı gelecekte Giresun ilinde yapılacak olan yer seçimi ile ilgili çalışmalara kaynak oluşturacağı düşünülmektedir.

Çalışma akışı şöyle devam etmektedir; bu alanda daha önce yapılan çalışmaları gösteren literatür taraması, çalışmada kullanılan yöntemlerin adımlarını açıklayan yöntem kısmı, yöntemlerin analizleri ve bulgular, devamında sonuç kısmıyla çalışma tamamlanmıştır

2. Literatür taraması

Bu bölümde, katı atık tesisi yeri seçimi bağlamında ÇKKV yaklaşımlarını ele alan önceki çalışmalar kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Bu çerçevede, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), İdeal Çözüme Benzerlik Sırasına Göre Tercih Tekniği (TOPSIS), VIKOR ve hibrit yöntemler gibi yaygın olarak kullanılan teknikler incelenerek, bu yöntemlerin gerçek dünya uygulamalarındaki kullanımları detaylandırılmıştır. Ayrıca, özellikle mekânsal analiz gerektiren tesis yeri seçimi problemlerinde önemli bir araç olan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile ÇKKV tekniklerinin entegrasyonunu içeren çalışmalar da bu incelemede önemli bir yer tutmaktadır.

Bu çalışmaların sistematik bir analizine dayalı olarak, bu bölüm aşağıdaki amaçları gerçekleştirmeyi hedeflemektedir:

1. Katı atık tesisi yer seçimi problemlerinde yaygın olarak kullanılan temel kriterleri tespit etmek,
2. Farklı ÇKKV tekniklerinin güçlü ve zayıf yönlerini belirleyerek, karşılaştırmalı avantajlarını ortaya koymak,
3. Özellikle Giresun İli gibi belirli sosyo-ekonomik ve coğrafi koşullara sahip bölgelerdeki mevcut araştırmalardaki boşlukları belirlemek.

Bu amaçlar doğrultusunda, önceki çalışmaların sunduğu bulgular, katı atık tesisi lokasyon seçiminde uygulanan yöntemlere ilişkin kapsamlı bir bilgi sağlamanın yanı sıra, bu süreçte karşılaşılan zorlukların altını çizmektedir. Bu incelemenin, mevcut araştırmanın teorik ve metodolojik altyapısını güçlendirmesi hedeflenmektedir.

Bu inceleme ile mevcut çalışma, ilgili literatür içerisinde konumlandırılarak yöntemsel tercihlerin gerekçelendirilmesi sağlanmış ve Giresun İli özelinde gerçekleştirilen vaka çalışmasının özgünlük ve önemi vurgulanmıştır.

Literatürde Turgut ve Şahin (2019), yaptıkları çalışmada AHP yöntemi kullanılarak Mersin ilinde yaş sebze ve meyve için depo yeri belirleme problemi çözülmeye çalışılmıştır. Belirlenen üç ilçe beş farklı kritere göre değerlendirilerek depo için en uygun yer seçilmiştir. Tarsus ilçesi depo yeri için en uygun yer seçilmiş, ikinci ve üçüncü alternatif ise Mut ve Gülnar ilçeleri olmuştur.

Hepdeniz ve Soyaslan (2019), Burdur ilinde mermer atık sahası belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, AHP yöntemi CBS ile bütünleşmiş bir şekilde kullanılmıştır. AHP ile kriter ağırlıkları belirlenmiş ve CBS yöntemi ile bu kriterlerin konum analizleri yapılmıştır. Analiz sonucunda atık sahası olarak belirlenen yerin tüm çalışma alanının %3,2'lik bir alanını kapladığı ve ilin orta ve kuzeybatı kesimlerinde yoğunlaştığı sonucuna varılmıştır.

Khorsandi, vd. (2019), çalışmalarında çok kriterli karar verme yöntemleri coğrafi bilgi sistemleri ile entegre edilerek depolama sahası seçimi yapılmıştır. Uzaklık, yükseklikler, toprak derinliği ve bakı gibi fiziksel kriterlerin, AHP yöntemiyle ağırlıkları hesaplanmış ve CBS'ye aktarılmıştır. Belirlenen bölgelerin sıralaması ise TOPSİS yöntemiyle yapılmıştır. Çalışma sonucunda belirlenen alan 12 numaralı alternatif olmuştur.

Yıldırım ve Güler (2016), yaptıkları çalışmada Mersin büyükşehir belediyesinin katı atık bertaraf sahası seçimi probleminin çözümü ele alınmıştır. Çalışmada çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan AHP tekniği, CBS verileri ile birleştirilerek kullanılmıştır. Öncelikle eğim, yükseklik, bakı gibi 12 coğrafi kriter belirlenmiştir. Bu kriterler CBS'de raster tabanlı haritalara aktarılmış ve sonrasında AHP tekniğiyle kriterlere ağırlık ataması yapılmıştır. Çalışma sonucunda kriterlere uygun iki alternatif belirlenmiştir. Bu iki alternatif arasından kriterlere en yakın alternatif şehir merkezine 8 km uzaklıkta olan alan katı atık bertaraf tesisi için en uygun alan olarak belirlenmiştir.

Özbek ve Erol (2016), depo yeri belirleme problemini ele aldıkları çalışmada (ÇKKV) yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), Basit Ağırlıklı Toplama (BAT), Complex Proportional Assessment (COPRAS) ve Multi- Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis (MOORA) tekniklerinin kullanıldığı bütünleşik bir model önerilmiştir. AHS ile

kriter ağırlıkları belirlendikten sonra, BAT, COPRAS ve MORA teknikleri ile alternatiflerin sıralaması yapılmıştır. Çalışma sonucunda üç yöntemde de en uygun alternatif, C seçeneği olarak belirlenmiştir.

Altan ve Karas (2015), yaptıkları çalışmada üçüncü parti lojistik firma seçimi için bulanık DEMATEL ve bulanık TOPSİS yöntemi bütünleşik bir model olarak kullanılmıştır. Boru üretimi yapan bir işletmede yöneticiler ile yüz yüze yapılan görüşme sonucunda elde edilen veriler ışığında dört farklı alternatif arasından seçim yapılmıştır. Bütünleşik modelde bulanık DEMATEL yöntemiyle kriterler arasındaki etkileşimi, bulanık TOPSİS yöntemi ile kriterlerin hiyerarşik sıralaması yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen verilere göre, işletmeye en uygun lojistik firması seçimi için önerilerde bulunulmuştur.

Zeydan, vd. (2011), tarafından yapılan çalışmada bir otomobil fabrikasının tedarikçi seçimi performansı değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, çok kriterli karar verme yöntemlerinde hem niteliksel hem de niceliksel veriler birlikte kullanılarak kombine bir yöntem geliştirilmiştir. Öncelikle AHP yöntemiyle niteliksel kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra tedarikçi sıralaması için TOPSİS yöntemi 6 kullanılmış ve buraya kadar bulunan nitel değişkenler, VZA (Veri Zarflama Analizi) analizi ile nicel bir değişkene dönüştürülmüştür. Araştırma sonucunda uygulanmasının işletmede ürün/süreç yaşam döngüsünün uzayacağını, çevrim süresinin kısılacağını, dolayısıyla karlılığın artacağını, israfın azaltılacağını veya ortadan kaldırılacağını ortaya çıkarmıştır.

Türkoğlu ve Duran (2023) yılında yaptıkları çalışmada ülkelerin lojistik performans endekslerini çok kriterli karar verme yöntemleri ile değerlendirmiştir. Söz konusu ülkelerin lojistik performans değişken endeksleri ÇKKV yöntemlerinden olan CRITIC yöntemi ile ağırlıkları hesaplanarak Gri ilişkisel analiz ve WASPAS yöntemleri ile sıralama analizi yapılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular; CRITIC yöntemine göre ağırlıklar sıralandığında “Gümrük Yönetimi” kriterinin en önemli değişken olduğu ve ilk üç ülke sıralamasında Japonya, Yeni Zelanda, Singapur olduğu tespit edilmiştir.

Nguyen vd (2024) tarafından yürütülen çalışmada, Vietnam'ın Tuy Hoa şehrinde belediye katı atıkları için uygun depolama alanlarının seçimi değerlendirilmiştir. Bu bağlamda, sorunu ele almak için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve bulanık Çok Kriterli Karar Verme (Bulanık ÇKKV) yaklaşımı entegre edilmiştir. Ekonomik, çevresel, topoğrafik ve sosyal olmak üzere dört ana kriter grubu dikkate alınmış ve her bir kriterin önemini belirlemek için uzman görüşleri kullanılmıştır. İmar analizi kullanılarak uygunluk seviyeleri değerlendirilmiş ve sonuçlar, öncelikle şehrin kuzeybatı kesiminde olmak üzere arazi alanının yaklaşık %19,8'inin depolama alanı inşaatı için uygun olarak sınıflandırıldığını göstermiştir. Ayrıca, çalışma

mevcut depolama alanının hava, su ve toprak kirliliği gibi ciddi çevre ve sağlık sorunlarına neden olduğunu ve yerel nüfusu olumsuz etkilediğini vurgulamıştır. Sonuç olarak, CBS ve Bulanık-ÇKKV çerçevesinde çevresel sorunları da gözterek optimum depolama alanı seçimi için etkili bir çözüm sağlamıştır.

Samastı vd. (2024) tarafından yapılan çalışmada, İstanbul'da tıbbi atık bertaraf tesisleri için uygun sahaların seçimi değerlendirilmiştir. Karar alma sürecindeki belirsizlikleri gidermek için altı ana kriter ve 19 alt kriter kullanılarak hiyerarşik bir karar alma çerçevesi geliştirilmiştir. Veri belirsizliğini ele almak ve alternatif sahaları etkili bir şekilde sıralamak için Aralık Değerli Nötrosofik Bulanık EDAS yöntemi uygulanmıştır. Analiz sonucunda, İstanbul'un Anadolu yakasında bulunan Pendik, minimum riskleri ve lojistik avantajları nedeniyle en uygun saha olarak belirlenmiştir. Ayrıca, afet riskleri ve çöp alanlarına yakınlık gibi kriterler değerlendirme sürecinde daha az önemli görülmüştür. Çalışma, önerilen yöntemin karmaşık ve belirsiz senaryolarda karar alma için güvenilir ve sağlam bir çerçeve sağlayarak sürdürülebilir tıbbi atık yönetimine katkıda bulunduğunu göstermiştir.

Günay ve Dere (2024) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'de İstanbul'da afet atık yönetimi için en uygun tehlikeli katı atık depolama sahalarının seçimi değerlendirilmiştir. Araştırmacılar, şehrin deprem riski ve yoğun nüfusunun ortaya koyduğu zorlukları ele almak için Coğrafi Bilgi Sistemleri'ni (CBS) Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHP) ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemleriyle entegre etmişlerdir. Kriterler FAHP kullanılarak ağırlıklandırılmış ve beş aday konumu değerlendirmek için ArcGIS kullanılarak mekansal analiz yapılmıştır. Analiz sonucunda, Avrupa yakasında Fevzipaşa/Silivri'yi ve Asya yakasında Hasanlı/Şile tehlikeli atık depolama alanları için en uygun sahalar olarak belirlenmiştir. Yapılan duyarlılık analizi, bu sonuçların sağlamlığını ve güvenilirliğini doğrulamıştır. Çalışma, özellikle doğal afetlere eğilimli kentsel bölgelerde tehlikeli atık yönetiminde karar alma sürecinde CBS'nin FAHP ve AHP yöntemleriyle birleştirilmesinin etkinliğini vurgulamıştır.

3. Yöntem

Son yıllarda atıkların geri dönüştürülmesi, depolanması, taşınması ve korunması giderek önem kazanmaktadır. Bu kapsamda atıkların güvenli bir şekilde bu süreçlerden geçmesi için lisanslı imha tesislerine ihtiyaç duyulmaktadır. Zira bu sürecin güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesi çevre sağlığı açısından önem arz etmektedir.

Literatürde katı atık tesisi yeri belirlemek amacıyla farklı bölgelerde çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Diğer yandan Giresun ilinde bu bağlamda bir çalışmaya rastlanmamıştır. Atık problemi her ilde olduğu gibi Giresun ilinde de mevcut olduğundan, yapılan çalışmada Giresun'da katı atık tesisi için yer belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışmada kullanılan veriler karar vericilerden yüz yüze görüşme yöntemiyle toplanmıştır. Literatür taraması sonucunda belirlenen kriterler, karar vericilere belli bir puanlama ölçeği kullanılarak puanlandırılmış ve kriter ağırlıklarının bulunması için gerekli veriler elde edilmiştir. Sonrasında uzman görüşü ile belirlenen alternatif lokasyonların karar vericiler tarafından puanlandırılması istenmiş ve alternatiflerin sıralanması için veriler elde edilmiştir.

Çalışmanın evrenini Giresun ilinde yaşayan kişiler oluşturmaktadır. Çalışmanın örneklemini ise özel sektör ve kamu sektöründe çalışan çevre mühendisleri, endüstri mühendisleri ve alanında uzman akademisyenler oluşturmaktadır.

Literatür incelendiğinde, ÇKKV yöntemlerinin tesis yeri seçiminde yaygın bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Bu sebeple çalışmada ÇKKV yöntemlerinden FUCOM ve Gri İlişkisel Analiz yöntemleri bir arada kullanılmıştır. Bu kapsamda yapılan bu çalışmada FUCOM yöntemi ile kriter ağırlıkları belirlenmiş, Gri İlişkisel Analiz yönteminde ise alternatiflerin sıralaması yapılarak Giresun ilinde katı atık tesisi için uygun yer seçimi yapılmıştır.

Bu çalışmada FUCOM ve GİA yöntemlerinin birlikte kullanılmasının nedeni birbirlerinin güçlü yönlerini tamamlamaları ve ÇKKV problemlerinde hem ağırlık atamasını hem de alternatif sıralamayı ele almalarıdır. Pamučar vd. (2018) tarafından vurgulandığı gibi FUCOM, AHP ve BWM gibi geleneksel yöntemlerin aksine daha az çiftli karşılaştırma (n-1) gerektirerek hesaplama karmaşıklığını azaltır. FUCOM, tutarlılık hesaplamalarındaki basitliği korurken ve sapmaları en aza indirirken kriter ağırlıklarını belirlemede yüksek düzeyde tutarlılık ve güvenilirlik sağlar (Pamuçar vd., 2018).

Öte yandan GİA, karar almanın belirsiz, eksik veya çelişkili bilgileri içerdiği karmaşık sistemleri analiz etmek için oldukça uygundur. GİA, alternatifleri ideal bir çözüme yakınlıklarına göre sıralamak için etkili bir yöntem sunar ve hem nitel hem de nicel kriterleri aynı anda işleyebilir (Wang ve ark., 2016). TOPSIS gibi yöntemlerle karşılaştırıldığında, GİA veri eğrilerinin "şekil benzerliğini" iyi bir şekilde dikkate alır ve bu da onu küçük örnek boyutlarına ve belirsiz verilere karşı dayanıklı hale getirir (Wu, 2002).

Çalışmada FUCOM ve GİA birleştirilerek, FUCOM'un tutarlı kriter ağırlıkları atamadaki hassasiyetinden ve GİA'nın belirsizlik altında bile alternatifleri etkili bir şekilde sıralama yeteneğinden yararlanılmıştır. Bu hibrit yaklaşım karar alma doğruluğunu iyileştirmede, ağırlık değerlendirmesinde tutarlılığı sağlamada ve alternatiflerin nihai sıralamasında önemli

katkıları sunmaktadır AHP veya TOPSIS gibi diğer ÇKKV yöntemleriyle karşılaştırıldığında, bu kombinasyon çelişkili kriterleri içeren karmaşık karar problemlerini çözmek için hesaplama açısından daha verimli ve güvenilir bir çözüm sunmaktadır.

2.1. FUCOM Yöntemi

FUCOM (Tam Tutarlık Yöntemi) Pamucar ve diğerleri tarafından 2018 de geliştirilmiştir. FUCOM yöntemi uzmanların belirlenen kriterleri subjektif olarak değerlendirmesine dayalı bir yöntemdir (Durmić, 2019). FUCOM yönteminde kriterlerin ağırlıklarını belirlemek amacıyla kriterler arasında karşılaştırmalar yaparak sonuca ulaşılmaya çalışılır. FUCOM’ da toplam kriter sayısının bir eksiği kadar karşılaştırma yeterli olduğu için çalışmalarda tercih edilmektedir. Az sayıda karşılaştırma ile kriter ağırlıkları hesaplandığından analizlerde hata olasılığı minimum düzeyde olur. Yöntemin son adımında ağırlık vektörlerinin hata değeri hesaplandığından tutarlılık oranı diğer ÇKKV yöntemlerine göre daha yüksektir. Bu durum FUCOM yönteminin diğer ÇKKV yöntemlerine göre güçlü yanı olarak değerlendirilmektedir. FUCOM yönteminin uygulama adımları aşağıda gösterilmiştir: (Pamuçar vd., 2018:393)

İlk adım olarak uzman görüşlerinden faydalanılarak problemin çözümüne etki eden kriterler belirlenir.

Sonrasında bu kriterler en önemli kriterden başlanarak en önemsiz doğru sıralanır. Sıralama işlemi Eşitlik 1’de gösterilmiştir.

$$C_j(1) > 1C_j(2) > \dots > C_j(k) \quad (1)$$

Sonraki adımda tüm kriterlerin kendinden sonra gelen kritere göre üstünlüğü karar verici tarafından belirtilir.

Kriterlerin üstünlük değerleri toplam kriter sayısının bir eksiği kadar olmalıdır. Üstünlük değerleri kümesi Eşitlik 2’de gösterilmiştir.

$$\phi = (\frac{\varphi_1}{2}, \frac{\varphi_2}{3}, \frac{\varphi_3}{4}, \dots, \frac{\varphi_k}{k+1}) \quad (2)$$

Belirtilen değerlerden yararlanılarak bir doğrusal programlama modeli kurulur. Kurulan doğrusal programlama modelinin amacı sapma değerinin en küçüklenmesidir. Karar vericinin belirttiği üstünlük değerleri ne kadar tutarlı ise sapma değeri o kadar küçük olur.

Kurulan doğrusal programlama modelinin amaç fonksiyonu Eşitlik 3’te gösterilmiştir.

$$\frac{W_k}{W_{k+1}} = \phi k / (k + 1) \quad (3)$$

Amaç fonksiyonu belirlendikten sonra kısıtların yazılması gerekmektedir. FUCOM yöntemindeki kısıtlar üç ana kategoride incelenebilir. Birinci kısıt kategorisi her bir kriterin

kendinden sonra gelen kritere göre üstünlüğü ile ilgili olarak yazılır. Birinci kısıt kategorisi Eşitlik 4'te gösterilmiştir.

$$\frac{W_k}{W_{k+2}} = \varphi k / (k + 1) \otimes \varphi k / (k + 1) / (k + 2) \quad (4)$$

Bu kategoride kriter sayısının bir eksiği kadar kısıt yazılmalıdır. İkinci kategori kısıtlar ise üstünlük değerlerinden türetilerek yazılmaktadır. Bu kategoride kriter sayısının iki eksiği kadar kısıt bulunmalıdır. İkinci kategori kısıt yapısı Eşitlik 5'te verilmiştir.

$$\left| \frac{W_k}{W_{k+1}} - \varphi k / (k + 1) \right| \leq x \text{ ve } \left| \frac{W_k}{W_{k+2}} - \varphi k / (k + 1) \varphi (k + 1) / (k + 2) \right| \leq x \quad (5)$$

Son kısıt ise nihai ağırlık toplamalarının 1'e eşit olması için yazılmaktadır. Bu kısıtın formülü Eşitlik 6'da gösterilmiştir. En son adımda doğrusal programlama modellerinin genel yapısında bulunan negatif olmama koşulu eklenmelidir. Negatif olmama koşulu Eşitlik 7'de gösterilmiştir.

Min x

$$\left| \frac{W_{j(k)}}{W_{j(k+1)}} - \varphi k / (k + 1) \right| \leq x, \forall_j \quad (6)$$

$$\left| \frac{W_{j(k)}}{W_{j(k+1)}} - \varphi k / (k + 1) \varphi \otimes (k + 1) / (k + 2) \right| \leq x, \forall_j \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1, \forall_j$$

$$w_j \geq 0, \forall_j$$

Tüm adımların sonunda kurulan doğrusal programlama modeli eşitlik (7) ile çözüldüğünde kriter ağırlıkları elde edilmiş olur.

2.2. Gri İlişkisel Analiz Yöntemi

Gri ilişki, iki sistem veya iki öge arasında zaman içinde meydana gelen değişen ilişkilerin ölçülmesi anlamına gelir. Öğeler arasındaki ilişkiyi, bu öğeler arasındaki gelişme eğilimlerinin benzerlik veya farklılık derecesine göre ölçen analiz yöntemi, gri ilişki analizi olarak adlandırılır (Feng-Wang, 2000:137). Bu öğeler arasındaki eksik veya bilinmeyen bilgiler gri eleman olarak kabul edilir.

Gri İlişkisel Analiz (GİA), çok kriterli karar verme problemlerinde belirsizliklerin analizinde kullanılan yöntemlerden biridir ve belirsizlik durumlarında matematiksel analiz yöntemlerine göre daha kolay çözüm sağlar. (Feng-Wang, 30 2000:135). Nitel veri setlerine uygulanabilen GİA sosyal bilimler alanında çalışan araştırmacılar tarafından tercih edilen bir yöntemdir. GİA yöntemi grup kararına da olanak sağlayan bir yöntem olduğundan çok kriterli karar verme problemlerinde birçok alana uygulanabilmektedir (Kenger, 2017:59).

Gri ilişki analizi, altı adımdan oluşmaktadır (Zhai vd., 2009:7074). Bu adımlar şöyle sıralanabilir:

Adım 1: Veri setinin hazırlanması ve karar matrisinin oluşturulması. Bu karar matrisinde “n” alternatifleri “m” ise kriterleri temsil eder. Bu şekilde “nxm” boyutlu bir karar matrisi oluşturulur. Bu karar matrisi aşağıdaki şekilde gösterilebilir.

$$X = \begin{bmatrix} X_1(1) & X_1(2) & . & . & X_1(m) \\ X_2(1) & X_2(2) & . & . & X_2(m) \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ X_n(1) & X_n(2) & . & . & X_n(m) \end{bmatrix} \quad (8)$$

Buradaki $x_i(j)$ değeri i’nci alternatif için j’inci kriter değerini ifade etmektedir (Senger ve Albayrak, 2016:242).

Adım 2: Karar matrisindeki verilerin normalize edilmesi. Karar verilmesi gereken problemde bulunan kriterler arasında farklı ölçütler bulunması durumunda kriterlerin birbirleriyle karşılaştırılması oldukça zor olmaktadır. Bu durumdan dolayı verilerin normalize edilmesi gerekir. Normalizasyon işlemi yapılırken üç opsiyon göz önünde bulundurulur. Bunlar fayda, maliyet ve optimallik özellikleridir.

Fayda Özelliği: Karar probleminde amaç faydayı maksimize etmek ise aşağıdaki eşitlik 9’dan faydalanılır.

$$X_i^*(j) = \frac{X_i(j) - \min X_i(j)}{\max X_i(j) - \min X_i(j)} \quad (9)$$

Maliyet Özelliği: Amaç maliyetleri en küçükleme ise aşağıdaki eşitlik (10) kullanılır.

$$X_i^* = \frac{\max X_i(j) - X_i(j)}{\max X_i(j) - \min X_i(j)} \quad (10)$$

Optimallik Özelliği: Amaç optimal bir değer elde etmek ise aşağıda verilen eşitlik (11) kullanılır (Karkacier ve Yazgan, 2017:156).

$$X_i^*(j) = 1 - \frac{X_i(j) - u_i}{\max X_i(k) - u_i} \quad (11)$$

Adım 3: Referans serisinin oluşturulması. Bu aşamada bir önceki aşamadan elde edilen değerlerden faydalanılarak yeni karar matrisi oluşturulur.

$$X^* = \begin{bmatrix} X_1^*(1) & X_1^*(2) & . & . & X_1^*(m) \\ X_2^*(1) & X_2^*(2) & . & . & X_2^*(m) \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ X_n^*(1) & X_n^*(2) & . & . & X_n^*(m) \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$\text{Referans serisi: } X_k^* = X_{k(1)}^*, X_{k(2)}^*, X_{k(3)}^*, \dots, X_{k(m)}^* \quad (13)$$

Yeni oluşturulan karar matrisinin her bir sütunundaki en büyük değer referans olarak belirlenir. Örneğin, $x_k^*(1)$, birinci kriterin (sütunun) içindeki en büyük değeri ifade eder (Senger ve Albayrak, 2016:243).

Adım 4: Mutlak değer tablosunun oluşturulması. Yöntemin bu adımında kriterlerin katsayı farklılıkları hesaplanır. Bu hesaplama işlemi bir önceki normalize edilmiş karar matrisindeki değerlerden referans değerlerinin çıkarılmasıyla aşağıdaki eşitlik (14) kullanılarak bulunur ve eşitlik (15) elde edilmiş olur.

$$\Delta_{ki}(j) = |X_k^*(j) - X_i^*(j)| \quad (14)$$

$$\Delta = \begin{bmatrix} \Delta_{k1}(1) & \Delta_{k1}(2) & \dots & \Delta_{k1}(m) \\ \Delta_{k2}(1) & \Delta_{k2}(2) & \dots & \Delta_{k2}(m) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Delta_{kn}(1) & \Delta_{kn}(2) & \dots & \Delta_{kn}(m) \end{bmatrix} \quad (15)$$

Adım 5: Gri ilişki katsayısının hesaplanması. Bu adımda aşağıdaki eşitlik (16)'dan yararlanarak matristeki her bir veri dizisi içindeki Δ_{max} ve Δ_{min} değerleri hesaplanır.

$$K(j) = \frac{\Delta_{min} + \delta \Delta_{maks}}{\Delta_i(j) + \delta \Delta_{maks}} \quad (16)$$

Δ_{max} : Her seri içindeki en büyük değişimi,

Δ_{min} : Her seri içindeki en küçük değişimi ifade etmektedir.

Eşitlik (19)'da $\Delta_i(k); \Delta_i$ fark veri setindeki j değerini göstermektedir. Eşitlikte verilen δ katsayısı ise Δ_{max} veri setindeki uç değer olma ihtimalini ortadan kaldırmak amacıyla kullanılmaktadır ve uygulamalarda genellikle 0,5 olarak alınır (Meydan vd.,2016:155).

Adım 6: Gri ilişkisel analiz yönteminin son adımı olan bu aşamada eşitlik 17 ve 18'den yararlanılarak tüm kriterlerin gri ilişki derecesi hesaplanarak alternatifler sıralanır.

$$\Gamma_i = 1/m \sum_{j=1}^m Y_i(j) \quad (17)$$

$$\Gamma_i = \sum_{j=1}^m Y_i(j) w(j) \quad (18)$$

Eşitlik (17) Γ_i , i' inci seriye ait gri ilişkisel dereceyi ifade etmekte olup kriter ağırlıklarının eşit olduğu durumlarda kullanılır. Kriter ağırlıkları farklı önem derecesine sahip ise eşitlik (18) den yararlanılarak gri ilişkisel derece bulunur. Adımın son aşamasında her alternatif için gri ilişkisel dereceler büyükten küçüğe doğru sıralanır. Bu sıralama sonucunda gri ilişki derecesi en yüksek olan alternatif karar verilmek istenen problem için en uygun alternatif olarak belirlenir (Kenger, 2017:62).

4. Analiz ve Bulgular

Uygulamada Giresun il sınırları içerisinde tersine lojistik kapsamında geriye dönen malzemelerin geri dönüşümün yapılabilmesi veya uygun şekilde imha edilebilmesinin sağlanacağı bir tesisin kurulması, bu tesis kurulurken de doğal yaşama ve ekonomik şartlara en uygun olan bölgeye kurulması hedeflenmiştir.

Katı atık tesisi yeri belirlemek amacıyla önceden yapılan çalışmalara bakıldığında, atık yönetmeliğinin gerektirdiği koşullar nedeniyle genellikle kriterlerin aynı olduğu görülmektedir. Örneğin Mersinli (2021), Bursa’da yaptığı çalışmada, Doğal Çevre/Çevresel, Kentsel Çevre/Yapısal, Sosyal/Ekonomik Çevre ve Teknolojik olmak üzere dört (4) ana kategoride ve bunlara bağlı olarak otuz bir (31) alt kriter oluşturmuştur. Giresun’da yapılan bu çalışmada ise çevresel ve sosyoekonomik faktörler kategorilerinin alt başlıklarında toplam 13 Kriter kullanılmıştır. Giresun ilinde bazı topografik verilere ulaşma kısıtı sebebiyle en önemli bulunan 13 kriter kullanılmıştır. Coğrafi koşulların uygun olması atık tesisi yeri belirlerken araştırmacıların daha sağlıklı sonuçlara ulaşmasını sağlar. Özkan (2018), Samsun ‘da yaptığı çalışmada 12 alternatif bölgeyi değerlendirmiştir. Giresun’da coğrafi koşulların atık tesisi kurmak için elverişli olmaması sebebiyle çalışma 5 alternatif bölge ile sınırlanmıştır. Bu kapsamda kurulacak tesise uygun bölgenin tespiti için Çevre ve Şehircilik Bakanlığının atık tesislerine yönelik mevzuatına göre araştırma çalışmaları ve yayınlanmış yazılı kaynaklar, konuyla ilgili yapılmış diğer araştırmalar incelenmiş, sonrasında Çevre ve şehircilik Bakanlığı bünyesinde çalışan ve atık yönetimi konusunda tecrübeli uzman kişiler, akademik kariyer sahibi öğretim üyeleri, Çevre sağlığı konusunda danışmanlık yapan firmalar ile Giresun Belediye’sinde çalışan ilgili uzmanların görüşleri alınarak literatür taraması ve uzman görüşü yöntemi birlikte kullanılarak çalışmada kullanılan 13 kriter belirlenmiştir.

Bu kriterler çevresel ve sosyoekonomik faktörler olmak üzere iki ayrı kategoride aşağıda açıklanmıştır. Kriterleri değerlendiren uzmanların özellikleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 1. Karar vericilerin Özellikleri

	GÖREV	KURUM	YAŞ
KV 1	Çevre Mühendisi	Çevre Şehircilik Bakanlığı Giresun İl Müdürlüğü	30-40 Yaş Arası
KV 2	Çevre Mühendisi	Çevre Şehircilik Bakanlığı Giresun İl Müdürlüğü	30-45 Yaş Arası
KV 3	Çevre Mühendisi	Çevre Şehircilik Bakanlığı Giresun İl Müdürlüğü	30-45 Yaş Arası
KV 4	Çevre Mühendisi	Giresun Belediyesi	30-45 Yaş Arası
KV 5	Çevre Mühendisi	Giresun Belediyesi	30-40 Yaş Arası

KV 6	Çevre Mühendisi	Özel Sektör	30-45 Yaş Arası
KV 7	Çevre Mühendisi	Özel Sektör	30-40 Yaş Arası
KV 8	Akademisyen	Giresun Üniversitesi	30-50 Yaş Arası
KV 9	Akademisyen	Giresun Üniversitesi	30-50 Yaş Arası
KV 10	Çevre Mühendisi	Özel Sektör	30-40 Yaş Arası

3.1. Çevresel Faktörler

3.1.1. Yerleşim Alanlarına Uzaklık

Atıkların düzenli depolanması yönetmeliği 15. maddesine göre düzenli depolama tesis sınırlarının yerleşim birimlerine uzaklığı I. sınıf düzenli depolama tesisleri için en az bir kilometre, II. sınıf ve III. sınıf düzenli depolama tesisleri için ise en az iki yüz elli metre olmak zorundadır (Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik 26.03.2010 Resmî Gazete Sayısı: 27533).

3.1.2. Yoğun Nüfuslu Alanlara Uzaklık

Bu alanlardaki düzenli depolama sahaları insan sağlığına zararlı olabileceğinden daha çok nüfus yoğunluğu az olan alanlar tercih edilmektedir. Nüfus yoğunluğu verileri minimum 1000 m ve maksimum 5000 m üzeri olarak sınıflandırılmıştır (Kapılan, vd. 2018:578).

3.1.3. Yeraltı ve Yerüstü Sularına Uzaklık

Katı atık depolama tesislerinde oluşabilecek kirli su sızıntılarının, yerüstü ve yeraltı akarsularına karışma riski bulunduğundan dolayı bu tesislerin mevcut su kaynaklarından mümkün olduğunca uzak alanlara inşa edilmesi önerilmektedir. Bu gibi alanlar uzmanlar tarafından düşük tercihli seçenek olarak puanlanmaktadır (Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik 26.03.2010 Resmî Gazete Sayısı: 27533).

3.1.4. Fay Hatlarına Uzaklık

Atıklardaki sızıntı suyunun fay hatlarına ulaşması sonucunda yeraltı sularını kirletme potansiyeli oldukça yüksektir. Bundan dolayı fay hatlarına uzaklık kriteri bu tesisleri kurarken dikkate alınması gereken önemli bir kriterdir. Bu bağlamda katı atık imha ve depolama tesislerinin fay hatlarından uzak bölgelere kurulması öngörülmektedir (Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik 26.03.2010 Resmî Gazete Sayısı: 27533).

3.1.5. Doğal Koruma Alanlarına Uzaklık

Atıkların düzenli depolanmasına dair yönetmeliğe göre kültürel miras olarak kabul edilen milli parklar, sit alanları, özel korunan bölgeler ve turistik değer taşıyan alanlar atık veya imha tesisi sahası kuruluş yeri için uygun alanlar değildir. Bu alanlara ait tampon bölgenin 250 m kadar mesafesinde bu tür tesislerin kurulmasına izin verilmemektedir (Bayhan, 2015:57).

3.1.6. Göç Yollarına Uzaklık

Katı atık tesislerindeki atıkların muhteviyatındaki organik maddeler kuşları cezbedici nitelik taşımaktadır, dolayısıyla bu tesislerin göç yolları üzerine kurulması kuşların yoğun akışına neden olabileceği ve tesisin çalışmasını negatif yönde etkileyeceği için bu tesislerin göç yolları üzerine kurulmaması gerekmektedir (Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik 26.03.2010 Resmî Gazete Sayısı: 27533).

3.1.7. Boru Hatları ve Yüksek Gerilim Hatlarına Uzaklık

Katı atık depolama ve imha tesislerinin kurulacağı sahada akaryakıt, gaz ve içme-kullanma suyu naklinde kullanılan boru hatları, yüksek gerilim hatları bulunmamalıdır (Mersinli, 2021:26).

3.1.8. Havalimanlarına Uzaklık

Katı atık depolama ve imha tesislerindeki atıklar organik maddeler içerdiğinden dolayı kuşların bu bölgeye yoğunlaşmasına neden olmaktadır. Bu durum uçakların inişinde ve kalkışında tehlike arz etmektedir. Dolayısıyla katı atık tesislerinin havaalanlarının en az 5 km uzağında kurulmasını gerekmektedir (Bayhan, 2015:58).

3.2. Sosyoekonomik Faktörler

3.2.1. Arazi Maliyetleri

Katı atık ve imha tesislerinin kurulumu için en önemli kriterlerden biri de arazi maliyetleridir. Arazinin kullanım durumu ve mülkiyeti şahıs üzerine ise arazi değerinde veya kamulaştırma sırasında çıkabilecek problemler nedeniyle projenin gecikmesine neden olabilir. Bu bağlamda bu tür tesislerin kurulacağı arazilerin mümkün olduğunca kamu arazisi olması, kurucu idarenin zor durumda kalmaması açısından önemlidir (Bayhan, 2015:58).

3.2.2. Yollara Uzaklık

Katı atık ve imha tesislerinin koku, toz oluşumu ve çevresel görünüm açısından problem oluşturacağı için ulaşım yollarına 100 metreden daha yakın alanlara kurulması uygun bulunmamaktadır. Ayrıca bu tesislerin ulaşım yollarına 1000 metreden daha uzak alanlara kurulması taşıma maliyetlerini arttıracığından dolayı stratejik olarak en uygun bölgenin seçilmesi tavsiye edilmektedir (Mersinli, 2021:25).

3.2.3. Eğim

Arazi yüzeyinin stabilitesi, bölgede mevcut olan eğim değeri ile ölçülür. Depolama sahası uygunluk analizinde, yüzeydeki atık yüküne göre uygun sahaların belirlenmesinde eğim

parametresi hayati bir rol oynar. Aşırı yüklü dik eğim bölgede heyelan oluşmasına neden olmaktadır. Ayrıca araçlar ulaşım için daha fazla yakıt tüketir (Kapılan, vd. 2018:578).

3.2.4. Tarihi ve Kültürel Alanlara Uzaklık

Kurulacak olan tesisin bölgedeki turistik ve tarihi alanlara kentsel çevre açısından etkisinin olmaması için bu alanların en az 250 m uzağında bu tür tesislerin kurulması önerilmektedir (Mersinli, 2021:26).

3.2.5. Aktarma İstasyonlarına Uzaklık

Kurulması düşünülen tesisin mevcutta olan aktarma istasyonlarına optimum mesafede olması ulaşım maliyetlerine etki edeceğinden, aktarma istasyonlarına uzaklık kriteri önem arz etmektedir (Bayhan, 2015:58).

Yukarıdaki kriterler karar vericiler tarafından sözel ifadelerin sayısal karşılıklarının ifade edilmesi suretiyle puanlandırılmıştır. Karar vericiler kriterleri 5’li ölçek kullanarak, Çok Uygun, Uygun, Karasızım, Uygun Değil, Hiç Uygun Değil” şeklindeki ifadeleri 0.9, 0.7, 0.5, 0.3, 0.1 şeklinde puanlama yaparak değerlendirmişlerdir (Turan, Şimşek ve Aslan, 2015:188).

Tablo 2. Karar Vericiler İçin Sözel Değer Karşılıkları

Sözel Değer	Sayısal Değer
Çok Uygun	0,9
Uygun	0,7
Karasızım	0,5
Uygun Değil	0,3
Hiç Uygun Değil	0,1

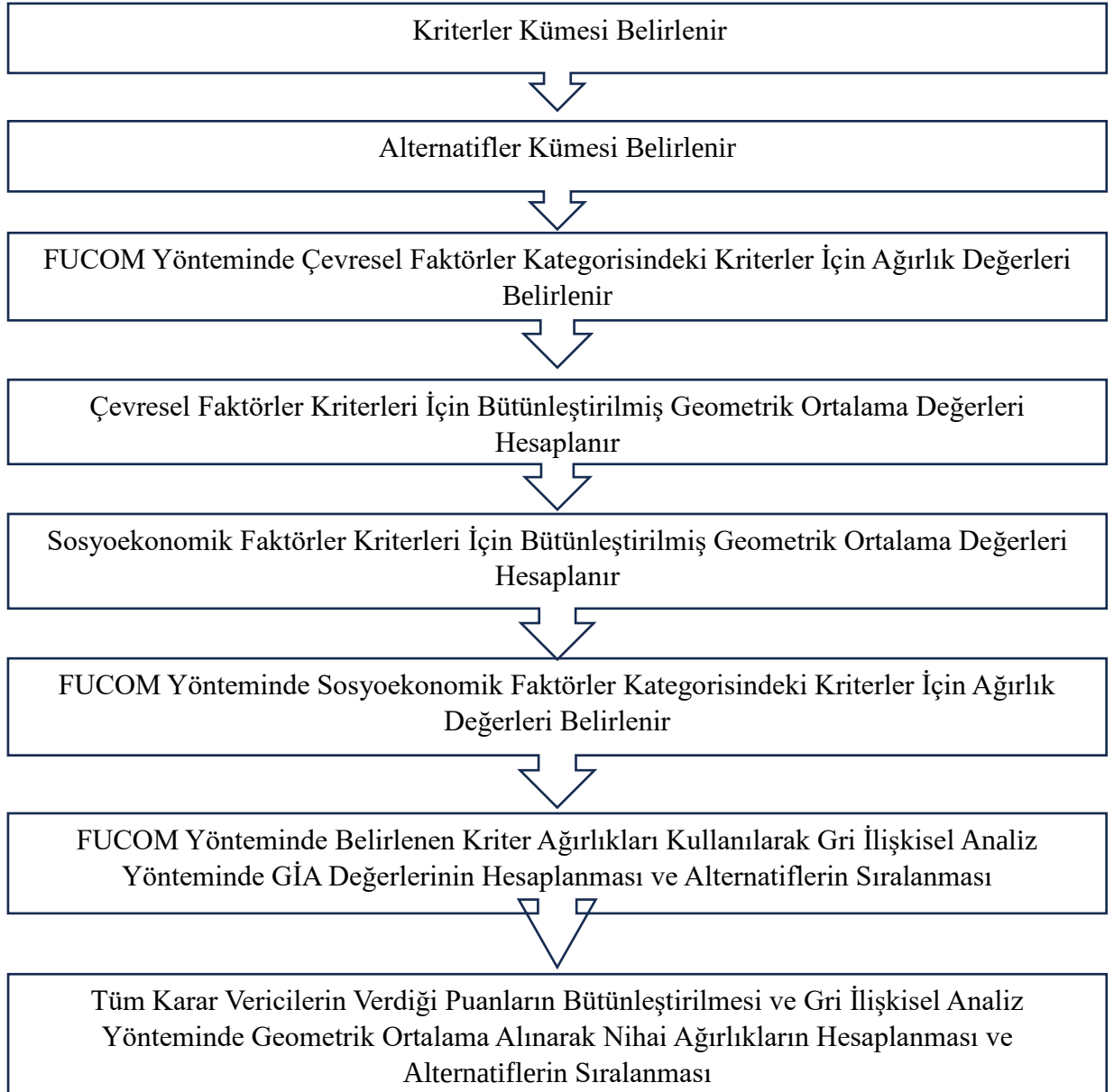
Giresun ilinde atık tesisi alanında faaliyet gösteren bir işletme yöneticisi ve diğer uzmanların yardımıyla, Çevre ve Şehircilik Bakanlığının mevzuatları çerçevesinde Giresun il sınırları içinde 5 adet alternatif bölge belirlenmiştir. Bu bölgeler seçilirken işletme yöneticisinin ve uzmanların tecrübesi ve gerekli mevzuatlar dikkate alınmıştır. Bu lokasyonlar aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 3. Alternatifler

	Alternatif Bölgeler
A 1	Batlama Mevkii
A 2	Ömerli Mevkii
A 3	Şafaklı Mevkii
A 4	Örencik Mevkii

A 5	Yeşilhisar Mevkii
------------	-------------------

Tablo 4. FUCOM ve GİA Yöntemleri İçin Metodolojik Akış

**3.3. FUCOM Yöntemi Çevresel Faktörler Kriterlerinin Çözümleri**

Tüm adımlara örnek olması açısından rastgele seçilen bir karar vericinin cevapları üzerinden adımlar aşağıdaki tabloda tek tek açıklanmıştır. Bu adımlar tüm karar vericilere uygulandıktan sonra, tüm karar vericilere ait verilerin geometrik ortalaması alınmış ve Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 5. FUCOM Yöntemi Çevresel Faktörler Karar Verici 1 Çözümü

Yeraltı ve Yerüstü Sularına Uzaklık	Yoğun Nüfuslu Alanlara Uzaklık	Yerleşim Alanlarına Uzaklık	Doğal Koruma Alanlarına Uzaklık	Boru Hatları ve Yüksek Gerilim Hatlarına Uzaklık	Hava Limanlarına Uzaklık	Göç Yollarına Uzaklık	Fay Hatlarına Uzaklık
3	2	1	5	4	7	8	6
Yerleşim Alanlarına Uzaklık	Yoğun Nüfuslu Alanlara Uzaklık	Yeraltı ve Yerüstü Sularına Uzaklık	Boru Hatları ve Yüksek Gerilim Hatlarına Uzaklık	Doğal Koruma Alanlarına Uzaklık	Fay Hatlarına Uzaklık	Hava Limanlarına Uzaklık	Göç Yollarına Uzaklık
1	2	2	3	4	8	9	9
Yerleşim Alanlarına Uzaklık	Yoğun Nüfuslu Alanlara Uzaklık	Yeraltı ve Yerüstü Sularına Uzaklık	Boru Hatları ve Yüksek Gerilim Hatlarına Uzaklık	Doğal Koruma Alanlarına Uzaklık	Fay Hatlarına Uzaklık	Hava Limanlarına Uzaklık	Göç Yollarına Uzaklık
0,341	0,171	0,171	0,114	0,085	0,043	0,038	0,038
0,000							

Yukarıda gösterilen şekildeki mavi kısımda (KV1)'in kriterleri sıralaması gösterilmektedir. Yeşil alanda ise kriterleri en önemliden önemsiz olana doğru sıralaması gösterilmektedir. Son olarak pembe kısımda çözümlenmiş nihai ağırlık katsayıları ve tam tutarlılıktan sapma oranının (DFC, X=0) 0'a eşit olduğu görülmektedir.

Yukarıdaki adımlar tüm karar vericilere uygulandıktan sonra tüm karar vericilere ait nihai sonuçların geometrik ortalaması alınmış ve aşağıdaki tablo ortaya çıkmıştır.

Tablo 6. FUCOM Yöntemi Çevresel Faktörler Bütünleştirilmiş Geometrik Ortalama Sonuçları

Kriterler	KV 1	KV 2	KV 3	KV 4	KV 5	KV 6	KV 7	KV 8	KV 9	KV 10	Geom Ort Sonuçları	Nihai Ağırlıklar	Sıralama
Yerleşim Alanlarına Uzaklık	0,119	0,341	0,368	0,368	0,184	0,368	0,162	0,114	0,145	0,370	0,227	0,242	1
Yoğun Nüfuslu Alanlara Uzaklık	0,178	0,171	0,184	0,184	0,368	0,184	0,323	0,342	0,290	0,123	0,221	0,235	2
Yeraltı ve Yer Üstü Sularına Uzaklık	0,356	0,171	0,123	0,123	0,123	0,123	0,162	0,171	0,145	0,185	0,159	0,169	3
Fay Hatlarına Uzaklık	0,040	0,043	0,092	0,092	0,053	0,061	0,046	0,049	0,097	0,041	0,058	0,062	7
Doğal Koruma Alanlarına Uzaklık	0,089	0,085	0,074	0,061	0,074	0,053	0,108	0,085	0,097	0,074	0,078	0,084	4
Göç Yollarına Uzaklık	0,059	0,038	0,061	0,074	0,061	0,092	0,054	0,068	0,072	0,062	0,063	0,067	6
Boru Hatları ve Yüksek Gerilim Hatlarına Uzaklık	0,089	0,114	0,053	0,053	0,046	0,074	0,081	0,114	0,097	0,092	0,078	0,083	5
Hava Limanlarına Uzaklık	0,071	0,038	0,046	0,046	0,092	0,046	0,065	0,057	0,058	0,053	0,055	0,059	8
											Toplam	1,00	

Tablo 6'dan elde edilen bilgilere göre katı atık tesisi yeri seçiminde çevresel faktörler kategorisinde en önemli kriterin (0,242)'lik bir oranla yerleşim alanlarına uzaklık kriteri olarak bulunduğu görülmektedir. Bu kriteri sırası ile yoğun nüfuslu alanlara uzaklık (0,235), yeraltı ve yerüstü sularına uzaklık (0,169), doğal koruma alanlarına uzaklık (0,084), boru hatları ve yüksek gerilim hatlarına uzaklık (0,083), göç yollarına uzaklık (0,067), fay hatlarına uzaklık (0,062) ve hava limanlarına uzaklık (0,059) kriterleri takip etmektedir.

3.4. FUCOM Yöntemi Sosyoekonomik Faktörler Çözümleri

Katı atık tesisi yeri seçimine etki eden kriterlerin ikinci kategorisi olan, sosyoekonomik faktörler için FUCOM yönteminde çözümlemeler yukarıdaki adımları takip ederek yapılmıştır. Gerekli çözümlemeler tablo 7'de gösterilmiştir. Tüm karar vericilere uygulanan adımlardan elde edilen nihai sonuçlar, tablo 8'de gösterilmiş ve yorumlanmıştır.

Tablo 7. FUCOM Yöntemi Sosyoekonomik Faktörler Karar Verici 1 Çözümü

Arazi Maliyetleri	Yollara Uzaklık	Eğim	Aktarma İstasyonlarına Uzaklık	Tarihi ve Kültürel Alanlara Uzaklık
2	4	3	1	5
Aktarma İstasyonlarına Uzaklık	Arazi Maliyetleri	Eğim	Yollara Uzaklık	Tarihi ve Kültürel Alanlara Uzaklık
1	2	3	4	9
Aktarma İstasyonlarına Uzaklık	Arazi Maliyetleri	Eğim	Yollara Uzaklık	Tarihi ve Kültürel Alanlara Uzaklık
0,456	0,228	0,152	0,114	0,051
0,000				

Atık tesisi yeri belirlemek için oluşturulan ikinci kategori sosyoekonomik faktörler için de aynı işlemler yapılmıştır. Yukarıdaki tabloda gösterilen mavi kısımda (KV1)'in belirlenen kriterler için yaptığı sıralama gösterilmektedir. İkinci adım olan yeşil kısımda ise karar vericinin kriterlere verdiği öncelik puanları görülmektedir. Ve son olarak pembe olan kısımda yapılan çözümleme sonucunda oluşan nihai ağırlık katsayıları ve tam tutarlılıktan sapma oranının (DFC, X=0) 0'a eşit olduğu gösterilmektedir.

Tablo 8. FUCOM Yöntemi Sosyoekonomik Faktörler Bütünleştirilmiş Geometrik Ortalama Çözümleri

Kriterler	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5	KV6	KV7	KV8	KV9	KV 10	Geom Ort Sonuçları	Son Kriter Ağırlığı	Sıralama
Arazi Maliyetleri	0,228	0,456	0,219	0,438	0,219	0,146	0,449	0,456	0,460	0,456	0,326	0,363	1
Yollara Uzaklık	0,114	0,114	0,438	0,219	0,438	0,219	0,112	0,152	0,153	0,228	0,193	0,214	2
Eğim	0,152	0,228	0,146	0,146	0,109	0,088	0,150	0,114	0,230	0,114	0,141	0,157	4
Tarihi ve Kültürel Alanlara Uzaklık	0,051	0,051	0,109	0,109	0,146	0,109	0,064	0,051	0,066	0,051	0,075	0,083	5
Aktarma İstasyonlarına Uzaklık	0,456	0,152	0,088	0,088	0,088	0,438	0,225	0,228	0,092	0,152	0,165	0,183	3
											Toplam	1	

Tablo 8’den elde edilen bilgilere göre katı atık tesisi yeri seçiminde sosyoekonomik faktörler kategorisinde en önemli kriter arazi maliyeti (0,363) olarak bulunmuştur. Bu kriteri sırası ile yollara uzaklık (0,214), aktarma istasyonlarına uzaklık (0,183), eğim (0,157) ve tarihi ve kültürel alanlara uzaklık kriterleri takip etmiştir.

3.5. Gri İlişkisel Analiz Yöntemi Uygulama Yapısı ve Alternatiflerin Sıralanması

Gri ilişkisel analiz yönteminin daha önce aktarılan adımları takip edilerek analiz yapılmış ve alternatifler sıralanmıştır. FUCOM yönteminde belirlenen kriter ağırlıklarına bağlı olarak GİA yönteminde alternatifler değerlendirilip en uygun tesis kuruluş yeri seçimi yapılmıştır. Bu kapsamda öncelikle atık tesisi alanında faaliyet gösteren bir işletme yöneticisi tarafından Giresun il sınırları içinde 5 adet alternatif lokasyon belirlenmiştir. Bu lokasyonlar 2’si kamu çalışanı ve 8’i de çevre mühendisliği danışmanlık ofisinde serbest çalışan olmak kaydıyla 10 çevre mühendisi tarafından değerlendirilmiştir. Karar vericiler bu lokasyonları iki kategori altında toplanan 13 kriteri baz alarak değerlendirmiştir. Karar vericiler kriterleri 5’li ölçek kullanarak, Çok Uygun, Uygun, Karasızım, Uygun Değil, Hiç Uygun Değil” şeklindeki ifadeleri 0.9, 0.7, 0.5, 0.3, 0.1 şeklinde puanlama yaparak değerlendirmişlerdir.

Bu çalışmada 13 kriter sırasıyla; yerleşim alanlarına uzaklık, yeraltı ve yerüstü sularına uzaklık, yoğun nüfuslu alanlara uzaklık, boru hatları ve yüksek gerilim hatlarına uzaklık, doğal koruma alanlarına uzaklık, göç yollarına uzaklık, havalimanlarına uzaklık, fay hatlarına uzaklık, arazi maliyetleri, eğim, yollara uzaklık, tarihi ve kültürel alanlara uzaklık, aktarma istasyonlarına uzaklık, tesis kuruluş yeri seçimi kararına etkileri bakımından sözel olarak değerlendirilmiştir. Yapılacak olan analiz sırasında bu sözel değerlerin karşılığı olan rakamlardan elde edilen veriler Excel çözücünde çözülmüş ve tesis yeri seçimi problemi için alternatifler sıralanmıştır. Tüm adımlara örnek olması açısından rastgele seçilen bir karar

vericinin cevapları üzerinden adımlar aşağıdaki tablolarda tek tek açıklanmıştır. Bu adımlar tüm karar vericilere uygulandıktan sonra, tüm karar vericilere ait verilerin geometrik ortalaması alınmış ve tablo 15'te gösterilmiştir. Bu verilere göre gri ilişkisel analiz yönteminin ilk adımı olan karar matrisi oluşturulmuştur. Aşağıdaki tabloda kriterlere ait verilerin sayısal karşılıkları gösterilmektedir.

Adım 1: Uzmanların verdiği puanlar neticesinde karar matrisinin oluşturulması.

Tablo 9. Gri İlişkisel Analiz Yöntemi İçin Karar Matrisi Örneği

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13
Kriter Yönü	maks	maks	maks	maks	maks	maks	maks	maks	min	min	min	maks	Min
A 1	0,3	0,3	0,7	0,7	0,9	0,9	0,7	0,9	0,3	0,5	0,7	0,9	0,7
A 2	0,3	0,7	0,5	0,5	0,9	0,7	0,9	0,7	0,1	0,7	0,7	0,7	0,7
A 3	0,3	0,3	0,7	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5	0,5	0,9	0,7	0,5
A 4	0,7	0,5	0,9	0,7	0,5	0,5	0,9	0,3	0,7	0,7	0,7	0,7	0,3
A 5	0,3	0,3	0,7	0,5	0,7	0,7	0,3	0,7	0,5	0,5	0,7	0,9	0,7

Adım 2: Referans Serisinin Eklenmesi

Tablo 7'deki değerler kullanılarak ikinci adım olan referans serisinin bulunduğu karar matrisi oluşturulmuştur. Sütundaki değerlerin maksimum olanı istenmişse maksimum, minimum değer isteniyorsa her bir sütundaki bu değerler alınarak referans serisinin bulunduğu bir karar matrisi oluşturulmuştur. Referans serisi oluşturulurken eşitlik (13)'ten yararlanılmıştır.

Tablo 10. Gri İlişkisel Analiz Yöntemi İçin Referans Serisi Örneği

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13
Kriter Yönü	maks	maks	maks	maks	maks	maks	maks	maks	min	min	min	maks	Min
Referans Seri	0,7	0,7	0,9	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9	0,1	0,5	0,7	0,9	0,3
A 1	0,3	0,3	0,7	0,7	0,9	0,9	0,7	0,9	0,3	4	0,7	0,9	0,7
A 2	0,3	0,7	0,5	0,5	0,9	0,7	0,9	0,7	0,1	0,7	0,7	0,7	0,7
A 3	0,3	0,3	0,7	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5	4	0,9	0,7	0,5
A 4	0,7	0,5	0,9	0,7	0,5	0,5	0,9	0,3	0,7	0,7	0,7	0,7	0,3
A 5	0,3	0,3	0,7	0,5	0,7	0,7	0,3	0,7	0,5	4	0,7	0,9	0,7

Adım 3: Kriterlerin Normalizasyonu

Tablo 8'de bulunan değerler kullanılarak GİA yönteminin üçüncü adımı olan normalizasyon işlemi yapılmıştır. Bu işlem sırasında fayda kriterleri için eşitlik (9) maliyet kriterleri için eşitlik (10) kullanılmıştır. Normalizasyon işlemi her kriter için tüm alternatiflere yönelik olarak uygulanmıştır. Kriterler göz önüne alındığında K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K12, K13 kriterlerinin fayda, K9, K10 ve K11 kriterlerinin maliyet kriteri olduğu görülmektedir. Örneğin; normalizasyon işlemi eşitlik (9) kullanılarak birinci alternatifin ilk üç kriteri için şu şekilde yapılmıştır.

$$X_i^*(j) = \frac{X_i(j) - \min X_i(j)}{\max X_i(j) - \min X_i(j)} = 0,3 - 0,3 / 0,7 - 0,3 = 0,000$$

$$X_i^*(j) = \frac{X_i(j) - \min X_i(j)}{\max X_i(j) - \min X_i(j)} = 0,3 - 0,3 / 0,7 - 0,3 = 0,000$$

$$X_i^*(j) = \frac{X_i(j) - \min X_i(j)}{\max X_i(j) - \min X_i(j)} = 0,7 - 0,5 / 0,9 - 0,5 = 0,500$$

Tablo 11. Gri İlişkisel Analiz Yöntemi İçin Normalizasyon Tablosu Örneği

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13
Kriter Yönü	maks	maks	maks	maks	maks	maks	maks	maks	min	min	min	maks	Min
Referans Seri	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0606	1,0000	1,0000	1,0000
A1	0,0000	0,0000	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	0,6667	1,0000	1,0000	1,0606	1,0000	1,0000	1,0000
A2	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,5000	1,0000	0,6667	1,0000	1,0606	1,0000	0,0000	1,0000
A3	0,0000	0,0000	0,5000	0,9500	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0606	1,0000	0,0000	1,0000
A4	1,0000	0,5000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	1,0606	1,0000	0,0000	1,0000
A5	0,0000	0,0000	0,5000	0,0000	0,5000	0,5000	0,0000	0,6667	1,0000	1,0606	1,0000	1,0000	1,0000

Adım 4: Mutlak Değer Tablosunun Oluşturulması:

Dördüncü adım olan bu adımda normalize edilmiş karar matrisindeki referans dizisine göre eşitlik (15) kullanılarak mutlak değerleri bulunmuş ve aşağıda gösterilen mutlak değer tablosu oluşturulmuştur.

Tablo 12. Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Mutlak Değer Tablosu

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13
A1	1,000 0	1,000 0	0,500 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,333 3	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0
A2	1,000 0	0,000 0	1,000 0	1,000 0	0,000 0	0,500 0	0,000 0	0,333 3	0,000 0	0,000 0	0,000 0	1,000 0	0,000 0
A3	1,000 0	1,000 0	0,500 0	0,050 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	1,000 0	0,000 0
A4	0,000 0	0,500 0	0,000 0	0,000 0	1,000 0	1,000 0	0,000 0	1,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	1,000 0	0,000 0
A5	1,000 0	1,000 0	0,500 0	1,000 0	0,500 0	0,500 0	1,000 0	0,333 3	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0

Adım 5: Gri İlişkisel Katsayı Matrisinin Oluşturulması:

Gri ilişkisel katsayı matrisindeki elemanlar kullanılarak aşağıdaki eşitliklerle birlikte tüm kriterler arasındaki minimum ve maksimum değerler hesaplanmıştır. Ayırıcı katsayısı $\zeta = 0$ için zıtlığın olmadığı bir ortam oluşur. Fakat $\zeta = 1$ için ayırıcılık en üst seviyededir. Literatür incelendiğinde daha önce yapılan çalışmalarda ayırıcı katsayı olarak $\zeta = 5,0$ kullanıldığı görüldüğünden yapılan uygulamada da aynı oran kullanılarak eşitlik (16) kullanılarak aşağıdaki tablo oluşturulmuştur.

Tablo 13. Gri İlişkisel Katsayı Matrisi Tablosu

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13
A1	0,333333	0,3333	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	0,6000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
A2	0,3333	1,0000	0,3333	0,3333	1,0000	0,5000	1,0000	0,6000	1,0000	1,0000	1,0000	0,3333	1,0000
A3	0,3333	0,3333	0,5000	0,9091	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,3333	1,0000
A4	1,0000	0,5000	1,0000	1,0000	0,3333	0,3333	1,0000	0,3333	1,0000	1,0000	1,0000	0,3333	1,0000
A5	0,3333	0,3333	0,5000	0,3333	0,5000	0,5000	0,3333	0,6000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Δ_{max}	1,0000												
Δ_{min}	0,0000												
ζ	0,5												

Adım 6: Gri İlişkisel Değerlerin Hesaplanması ve Alternatiflerin Sıralanması:

Gri ilişkisel değerlerin hesaplanmasının ardından alternatifler ideale en yakın olan alternatiften başlayarak büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. Gri ilişkisel değerler hesaplanırken FUCOM yönteminde belirlenen kriter ağırlıkları kullanılmıştır. Aşağıdaki tablolarda tek bir karar verici örneği üzerinden FUCOM yönteminde bulunan kriter ağırlıkları kullanılarak gri ilişki dereceleri hesaplanmış ve alternatifler sıralanmıştır. Tüm kriter ağırlıkları farklı önem düzeyine sahip olduğu için eşitlik (18)'den yararlanarak gri ilişki dereceleri hesaplanmış ve aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 14. FUCOM Yönteminde Bulunan Kriter Ağırlıkları Kullanılarak Gri İlişkisel Değerlerin Hesaplanması ve Alternatiflerin Sıralanması

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	Γ_{0i}	Sıralama
FUCOM Kriter Ağırlıkları	0,24	0,16	0,23	0,08	0,08	0,06	0,05	0,06	0,36	0,15	0,21	0,08	0,18		
A1	0,333 3	0,333 3	0,500 0	1,000 0	1,000 0	1,000 0	0,600 0	1,000 0	1,000 0	1,000 0	1,000 0	1,000 0	1,000 0	1,538	2
A2	0,333 3	1,000 0	0,333 3	0,333 3	1,000 0	0,500 0	1,000 0	0,600 0	1,000 0	1,000 0	1,000 0	0,333 3	1,000 0	1,466	4
A3	0,333 3	0,333 3	0,500 0	0,909 1	1,000 0	1,000 0	1,000 0	1,000 0	1,000 0	1,000 0	1,000 0	0,333 3	1,000 0	1,497	3
A4	1,000 0	0,500 0	1,000 0	1,000 0	0,333 3	0,333 3	1,000 0	0,333 3	1,000 0	1,000 0	1,000 0	0,333 3	1,000 0	1,673	1
A5	0,333 3	0,333 3	0,500 0	0,333 3	0,500 0	0,500 0	0,333 3	0,600 0	1,000 0	1,000 0	1,000 0	1,000 0	1,000 0	1,377	5

Çok kriterli karar verme yöntemlerinde birden fazla karar verici olması durumunda tüm karar vericilerin verdiği puanlara göre hesaplamalar yapıldıktan sonra, nihai sonucu elde etmek için sonuç değerlerinin geometrik veya aritmetik ortalaması alınır. Literatür incelendiğinde nihai sonuç elde etmek için geometrik ortalama alındığı çalışmalara rastlanmıştır. Örneğin, (Mersinli, 2021: 57) yaptığı çalışmada 10 farklı uzmandan aldığı verilerin geometrik ortalaması almış ve ikili karşılaştırma matrislerinden elde ettiği kriterlerin

Daha önce de belirtildiği üzere Giresun ilinin coğrafik yapısı ve verilere ulaşımın kısıtlılığı sebebiyle araştırma 5 alternatifle sınırlanmıştır. Katı atık depolama tesislerinde oluşabilecek kirli su sızıntılarının, yerüstü ve yeraltı akarsularına karışma riski bulunduğundan dolayı bu tesislerin mevcut su kaynaklarından mümkün olduğunca uzak alanlara inşa edilmesi önerilmektedir. Bu gibi alanlar uzmanlar tarafından düşük tercihli seçenek olarak puanlanmaktadır. Bu sebepten de anlaşılabileceği üzere karar vericilerin kriterlere ilişkin öncelikleri alternatif sıralamasını etkileyerek çözüm üzerinde etkisini göstermiş ve öncelik sıralamasında denize uzak olan Örencik mevkii alternatif sıralamasında ilk sırayı almıştır. Batlama, Ömerli, şafaklı ve Yeşilhisar mevkilerinin sıralaması ise denize uzaklığından sonra ulaşımın kolaylığı ve yerleşim alanlarına uzaklık ve eğim gibi kriterler dikkate alınmıştır. Tüm kriterler bir arada değerlendirildiğinde Giresun ilinde katı atık tesisi yeri seçimi için en uygun alanların sıralaması yukarıdaki gibi olmuştur.

4. Sonuç ve Tartışma

Tersine lojistik kapsamında geriye dönen ürünlerin tamir edilmesi, geri dönüştürülmesi veya uygun şekilde bertaraf edilmesi sürdürülebilir bir ekolojik yapı açısından oldukça önemli bir konudur. Bu faaliyetler sonucunda elde edilen ekonomik getirinin de inkâr edilemez boyutlarda olduğu görülmektedir. Çevreyi korumaya yönelik yasalar ve mevzuatlar, müşteri gücü, işletmelerin sosyal ve toplumsal sorumluluk faaliyetleri gibi parametrelerden dolayı işletmelerin yeşil lojistik uygulamalarına önem vermelerinin işletmelere pozitif yönde katkı sağlayacağı yapılan çalışmalarda görülmektedir. Bunlara bağlı olarak işletmelerin oluşturacakları stratejik kararları ile lojistik yönetiminin ve uygulamalarının her aşmasında bunu ortaya koymaları ve çevre duyarlılığı konusunda işletme bilincini giderek artan seviyede oluşturmaları kaçınılmaz bir hale gelmiştir. Bu kapsamda tersine lojistik faaliyetlerini, işletmelerin tedarik zinciri süreçlerine entegre etmeleri, ekonomik kalkınma ve sürdürülebilirlik açısından önem arz etmektedir.

Şirketlerdeki tersine lojistik süreci, kullanım dışı ürünü toplamak ve optimal kullanımı için en uygun yönetim seçeneğini uygulayacak olan kurtarma birimine teslim etmek için bir sistemin tasarımı, geliştirilmesini ve etkin kontrolünü gerektirir. Bu amaçla, tersine lojistik yönetimi stratejik, taktiksel ve operasyonel kararlarla desteklenmelidir. Ancak bu kararların uygulanması ve tersine lojistiğin genel gelişimi, kullanım dışı ürünler için mevcut yeniden kullanım, yeniden üretim veya geri dönüşüm sistemlerine bağlı olacaktır (Uriarte vd. 2018:5).

Tersine lojistik faaliyetleri sektörün türüne göre değişim gösterir. Örneğin, otomotiv sektöründe ürün geri alımları belirgin olarak görülebilir. Ardından kâğıt ve cam sektörleri

gelir ki sürecin etkin bir şekilde yönetilmesi sonucu büyük maliyetlerin geri kazanımı söz konusudur (Yıldız, 2013:49). Bu noktada tersine lojistik sürecinde geriye dönen ürünleri uygun şekilde imha etmek veya yeniden kullanılmasını sağlamak amacıyla katı atık tesislerinin kurulması ihtiyaç haline gelmiştir. Bu tür tesisler çevre sağlığı açısından tehdit oluşturduğundan dolayı sıkı bir fizibilite çalışması yapılarak ve bu tür tesislerin kurulmasında rol oynayan Çevre ve Şehircilik Bakanlığının mevzuatlarının gerektirdiği tüm kriterler göz önünde bulundurularak kurulmalıdır.

Mevcut literatürün incelenmesi, katı atık tesisi yer seçimi için ÇKKV yöntemlerinin uygulanmasında önemli ilerlemeler olduğunu vurgulamaktadır. Ancak, daha yakından incelendiğinde, birkaç boşluk kalmaktadır. Bazı önceki çalışmalar, tehlikeli madde atık yerlerine odaklanırken (Pandiyen vd., 2011; Günay ve Dere, 2024), bazıları da CBS odaklı çalışmalardır (Alavi vd., 2013; Şener vd., 2011; Kabite vd., 2012). Bu çalışmada, daha bütünsel ve hesaplama açısından verimli bir yaklaşım sergilenerek en uygun yerler belirlenmiştir.

En uygun alternatifi belirlemenin ötesinde, çalışma karar vericiler için stratejik öngörüler sağlamaktadır. Seçilen yerler yalnızca teknik ve çevresel uygunluk açısından optimum olmakla kalmayıp aynı zamanda daha geniş kentsel planlama stratejilerine, afet dayanıklılığına ve sürdürülebilirlik girişimlerine de katkıda bulunmaktadır. Karar vericiler, atık yönetimi altyapısı gelişimini kentsel büyüme projeksiyonlarıyla uyumlu hale getirmek için çalışılan yöntemi kullanabilir ve böylece uzun vadeli verimlilik ve uyarlanabilirlik sağlayabilir. Çalışma ayrıca farklı bölgelerde tekrarlanabilen bir çerçeve sunarak karar vericilerin çeşitli bağlamlarda minimum değişikliklerle depolama alanı konumlarını değerlendirmelerine olanak tanır.

Katı atık tesisi yeri belirlemek amacıyla önceden yapılan çalışmalara bakıldığında, atık yönetmeliğinin gerektirdiği koşullar nedeniyle genellikle kriterlerin aynı olduğu görülmektedir. Örneğin Mersinli (2021), Bursa'da yaptığı çalışmada, Doğal Çevre/Çevresel, Kentsel Çevre/Yapısal, Sosyal/Ekonomik Çevre ve Teknolojik olmak üzere dört (4) ana kategoride ve bunlara bağlı olarak otuz bir (31) alt kriter oluşturmuştur. Her ne kadar kriterler aynı olsa da sıralamaları bölgelere göre farklılık göstermektedir örneğin Bursa'da yapılan bu çalışmada yeraltı ve yer üstü sularına uzaklık kriterinden ziyade yerleşim alanlarına uzaklık kriteri ön plana çıkmış ve uzman görüşleri sonucu belirlenen bölgeler ormanlık alanlar olmuştur. Giresun ilinde ise arazi koşulların elverişsiz olmasından dolayı denizden uzak ve yerleşim alanlarına uygun mesafede olan alternatifler değerlendirilmiş ve Bursa'da yapılan çalışmaya göre alternatif bölgeler genellikle birbirine yakın olmuştur.

Özkan (2018), Samsun 'da yaptığı çalışmada 12 alternatifi değerlendirmiştir ve ÇKKV yöntemini ve mekânsal veri analiz yöntemi olan CBS yöntemini birlikte kullanmıştır. Giresun'da coğrafi koşulların atık tesisi kurmak için elverişli olmaması sebebi ve Coğrafi bilgi sistemi (CBS) verilerine ulaşma kısıtı sebebiyle çalışmada CBS yöntemi kullanılamamış ve çalışma 5 alternatifle kısıtlı tutulmuştur.

Diğer yandan Günay ve Dere (2024)te Türkiye'de İstanbul'da afet atık yönetimi için en uygun tehlikeli katı atık depolama sahalarının seçimi değerlendirdikleri çalışmada deprem riski, arazi maliyetleri ve yoğun nüfuslu alanlara yakınlık kriteri ön plana çıkmıştır. Giresun ilinde ise bu kriterler öncelikli kriterler arasında değildir.

Tüm bu çalışmalar değerlendirildiğinde atık tesisi yeri belirlemek için yapılan çalışmalarda kullanılacak kriterlerin bölgeden bölgeye şehirden şehire farklılık gösterdiği söylenebilir. Bu kapsamda belirlenecek kriterlerin ve alternatif bölgelerin çalışma alanının özellikleri ile uyumlu olması yapılacak çalışmaların sonuçlarının anlamlı çıkmasıyla doğru orantılı olduğu öngörülmüştür.

Giresun'da yapılan bu çalışmada çevresel ve sosyoekonomik faktörler kategorilerinin alt başlıklarında toplam 13 Kriter kullanılmıştır. Giresun'da coğrafi koşulların atık tesisi kurmak için elverişli olmaması sebebiyle çalışma 5 alternatifle kısıtlı tutulmuştur.

Çalışmada kullanılan kriterler sırasıyla yerleşim alanlarına uzaklık, yoğun nüfuslu alanlara uzaklık, yeraltı ve yerüstü sularına uzaklık, fay hatlarına uzaklık, doğal koruma alanlarına uzaklık, göç yollarına uzaklık, boru hatları ve yüksek gerilim hatlarına uzaklık, arazi maliyetleri, yollara uzaklık, eğim, tarihi ve kültürel alanlara uzaklık, aktarma istasyonlarına uzaklık kriterleri ön plana çıkmıştır. Alternatifler ise Batlama, Örencik, Ömerli, Şafaklı ve Yeşilhisar mevkileri olarak belirlenmiştir. Araştırmada belirlenen kriter ağırlıkları ve alternatifler Excel programında çözülerek tablolar halinde bulgular kısmında sunulmuştur.

FUCOM yöntemine göre kriter ağırlıkları yerleşim alanlarına uzaklık (0.242), yoğun nüfuslu alanlara uzaklık (0.235), yer altı ve yer üstü sularına uzaklık (0.169), doğal koruma alanlarına uzaklık (0,084), boru hatları ve yüksek gerilim hatlarına uzaklık (0,083), göç yollarına uzaklık (0,067), fay hatlarına uzaklık (0,062) ve hava limanlarına uzaklık (0,059) arazi maliyetleri (0,363) yollara uzaklık (0,214), aktarma istasyonlarına uzaklık (0,183), eğim (0,157) ve tarihi ve kültürel alanlara uzaklık (0,083) olduğu tespit edilmiştir.

Son olarak Gri İlişkisel analiz yöntemiyle alternatifler belirlenmiştir. FUCOM yöntemi ile belirlenen kriter ağırlıkları GİA yöntemine aktararak alternatiflerin sıralanması yapılmıştır. Sonuç olarak katı atık tesisi yeri seçim problemi için en uygun alternatif A4 alternatifi olarak

bulunmuştur. Tüm alternatiflerin uygunluk sıralaması ise $A4 > A1 > A2 > A3 > A5$ olarak bulunmuştur.

Katı atık tesisi kurmayı planlayan belediyeler ve özel sektör kuruluşları bu çalışmada ortaya çıkan sonuçları değerlendirebilirler.

Bu çalışmanın tesis yeri seçimi için gelecek dönemlerdeki yapılacak olan çalışmalara yol göstereceği düşünülmektedir. Yapılan çalışma maliyet kısıtı sebebiyle Giresun il sınırları ile sınırlandırılmıştır. Daha sonra yapılacak olan çalışmalar bölgesel bazda yapılabilir. Giresun ilinde halihazırda uygun konumsal veri bulunamaması sebebiyle bu çalışma coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak yapılamamıştır. Sonraki dönemlerde yapılacak çalışmalarda araştırmacılar CBS yönteminden yararlanabilirler.

Gerçek dünyada uygulanabilirliği sağlamak için çalışma, karar vericilerin çalışılan modeli pratikte nasıl uygulayabilecekleri konusunda yol gösterici olabilir. FUCOM ve GİA ile entegrasyon, yerel yönetimlerin, şehir planlamacılarının ve atık yönetimi yetkililerinin dinamik veri girdilerine göre depolama alanlarını sistematik olarak değerlendirmelerine olanak tanır. Çevresel etki, altyapı kullanılabilirliği ve kamuoyunun kabulü gibi kriterleri birleştirerek yöntem şeffaf, kanıta dayalı karar almayı destekleyebilir. Gelecekteki araştırmalar, önerilen yaklaşımın uyarlanabilirliğini daha da artırmak için gerçek zamanlı çevresel izleme sistemlerinin entegre edilmesine odaklanabilir.

KAYNAKLAR

- Akyurt, İ, Z (2009) İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi, Lojistik Yönetimi Ders Kitabı
- Alavi, N., Goudarzi, G., Babaei, A. A., Jaafarzadeh, N., & Hosseinzadeh, M. (2013). Municipal solid waste landfill site selection with geographic information systems and analytical hierarchy process: a case study in Mahshahr County, Iran. *Waste Management & Research*, 31(1), 98-105.
- Altan, Ş., Karas Aydın, E. (2015). Bulanık Dematel ve Bulanık Topsis Yöntemleri ile Üçüncü Parti Lojistik Firma Seçimi İçin Bütünleşik Bir Model Yaklaşımı. *Suleyman Demirel University Journal Of Faculty Of Economics and Administrative Sciences*, 20(3).
- CSB (2021), Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, <https://cygm.csb.gov.tr/yonetmelikler-i-440>, Erişim Tarihi: 04.10.2022
- Çetin, Ö. (2013). *Tersine Lojistik Açısından Katı Atık Yönetiminin İncelenmesi ve Kazanç Ençoklanması Üzerine Bir Uygulama* (Doctoral Dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Durmić, E. (2019). Evaluation Of Criteria For Sustainable Supplier Selection Using Fucom Method. *Operational Research In Engineering Sciences: Theory And Applications*, 2(1), 91-107.
- Ersöz, F., Kabak, M. (2010). Savunma Sanayi Uygulamalarında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Literatür Araştırması. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 9(1), 97-125.
- Feng, C. M., Wang, R. T. (2000). Performance Evaluation For Airlines Including The Consideration Of Financial Ratios. *Journal Of Air Transport Management*, 6(3), 133-142.
- Günay, E. E., & Dere, S. Hazardous Solid Waste Landfill Site Selection for İstanbul, Türkiye using Multi-Criteria Decision-Making Methods and GIS Data. *Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences*, 10(2), 446-463.
- Habibi, F., Asadi, E., Sadjadi, S. J., Barzinpour, F. (2017). A Multi-Objective Robust Optimization Model For Site-Selection And Capacity Allocation Of Municipal Solid Waste Facilities: A Case Study İn Tehran. *Journal Of Cleaner Production*, 166, 816-834.
- Hepdeniz, K., Soyaslan, İ. İ. (2019). CBS ve AHY Yöntemi Kullanılarak Bucak (Burdur/Türkiye) Mermer Atık Sahasının Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 1045-1057.
- Kabite, G., Suryabhagavan, K. V., Argaw, M., & Sulaiman, H. (2012). GIS-based solid waste landfill site selection in Addis Ababa, Ethiopia. *International journal of Ecology and environmental sciences*, 38(2-3), 59-72.
- Kapilan, S., Elangovan, K. (2018). Potential Landfill Site Selection For Solid Waste Disposal Using Gıs And Multi-Criteria Decision Analysis (McdA). *Journal Of Central South University*, 25(3), 570-585.
- Karkacier, O., Yazgan, A. E. (2017). Turizm Sektöründe Gri İlişkisel Analiz GİA Yöntemiyle Finansal Performans Değerlemesi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (37), 154-162.
- Kenger, M. D. (2017). *Banka Personel Seçiminin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Entropi Temelli Maut, Aras ve Gri İlişkisel Analiz Yöntemleri ile Değerlendirilmesi*. Master's Thesis, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Keskin, İ. (2016). *Mühimmat Depoları Yer Seçimi İçin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Destekli Bir Model Önerisi*, Yüksek Lisans Tezi, Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Khorsandi, H., Faramarzi, A., Aghapour, A. A., Jafari, S. J. (2019). Landfill Site Selection Via Integrating Multi-Criteria Decision Techniques With Geographic Information Systems: A Case Study İn Naqadeh, Iran. *Environmental Monitoring And Assessment*, 191(12), 1-16.
- Kısa, A. (2015). *Tersine Lojistik Kapsamında Katı Atık Yönetiminin İncelenmesi: İstanbul Büyükşehir Belediyesinde Bir Alan Çalışması*. Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Kuo, Y., Yang, T., Huang, G. W. (2008). The Use Of Grey Relational Analysis İn Solving Multiple Attribute Decision-Making Problems. *Computers Industrial Engineering*, 55(1), 80-93.
- Mersinli, H. (2021). *Entegre Katı Atık Yönetiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanarak Düzenli Depolama Tesisi Yer Seçimi: Bursa Örneği* (Doctoral Dissertation, Bursa Uludağ University (Turkey)).
- Nakıboğlu, G. (2007). Tersine Lojistik: Önemi ve Dünyadaki Uygulamaları. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(2), 181-196.
- Nguyen, M. D. T., Nguyen, T. H. T., Do, N. T., Lam, P., Dang, D., & Van Pham, M. (2024). Landfill site selection for municipal solid waste using the geospatial technique: a case study in Tuy Hoa city and surrounding areas. *Journal of Mining and Earth Sciences Vol*, 65(5), 82-96.
- Özbek, A., Erol, E. (2016). Copras ve Moora Yöntemlerinin Depo Yeri Seçim Problemine Uygulanması. *Ekonomi İşletme Siyaset ve Uluslararası İlişkiler Dergisi*, 2(1), 23-42.
- Özkan, B. (2018). *Kentsel Katı Atık Tesisi Yer Seçimi ve Atık Toplama Sistemi İçin Coğrafi Bilgi Sistemi Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi*. Master's Thesis, ESOGÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Pandiyan, P., Murugesan, A., Vidhyadevi, T., Dineshkirupha, S., Pulikesi, M., & Sivanesan, S. (2011). A decision making tool for hazardous waste landfill site selection. *American Journal of Environmental Sciences*, 7(2), 119.
- Pamuçar, D., Stević, Ž., & Sremac, S. (2018). A new model for determining weight coefficients of criteria in mcdm models: Full consistency method (fucom). *symmetry*, 10(9), 393.
- Peker, İ., Birdoğan, B. (2011). Gri İlişkisel Analiz Yöntemiyle Türk Sigortacılık Sektöründe Performans Ölçümü. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, (7).
- Samastı, M., Türkan, Y. S., Güler, M., Ciner, M. N., & Namlı, E. (2024). Site selection of medical waste disposal facilities using the interval-valued neutrosophic fuzzy EDAS Method: the case study of Istanbul. *Sustainability*, 16(7), 2881.
- Sarıçalı, G., Kundakcı, N. (2016). Ahp ve Copras Yöntemleri ile Otel Alternatiflerinin Değerlendirilmesi. *International Review Of Economics And Management*, 4(1), 45-66.
- Senger, Ö., Albayrak, Ö. K. (2016). Gri İlişki Analizi Yöntemi ile Personel Değerlendirme. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, (17), 235-258.
- Şener, Ş., Sener, E., & Karagüzel, R. (2011). Solid waste disposal site selection with GIS and AHP methodology: a case study in Senirkent–Uluborlu (Isparta) Basin, Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 173, 533-554.
- Terzioğlu, M. K., Temelli, S., Yaşar, A., ve Özdemir, Ö. (2023). Bankacılık Sektöründe Finansal ve Çevresel Performansların Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Karşılaştırılması. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(25), 21-45.
- Turan, İ., Şimşek, Ü., ve Aslan, H. (2015). Eğitim Araştırmalarında Likert Ölçeği ve Likert-Tipi Soruların Kullanımı ve Analizi. *Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (30), 186-203.
- Türkoğlu, M., ve Duran, G. (2023). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Bölgesel Kapsamlı Ekonomik Ortaklık (Rcep) Ülkelerinin Lojistik Performanslarının Değerlendirilmesi. *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, 15(1), 45-69.
- Uriarte-Miranda, M.-L., Caballero-Morales, S.-O., Martinez-Flores, J.-L., CanoOlivos, P., Akulova, A.-A. (2018). Reverse Logistic Strategy For The Management Of Tire Waste İn Mexico And Russia: Review And Conceptual Model. *Sustainability*, 10(10),
- Wang, P., Zhu, Z., & Wang, Y. (2016). A novel hybrid MCDM model combining the SAW, TOPSIS and GRA methods based on experimental design. *Information sciences*, 345, 27-45.
- Wu, H. H. (2002). A comparative study of using grey relational analysis in multiple attribute decision making problems. *Quality Engineering*, 15(2), 209-217.
- Yıldırım, Ü., Güler, C. (2016). Identification Of Suitable Future Municipal Solid Waste Disposal Sites For The Metropolitan Mersin (Se Turkey) Using Ahp And Gıs Techniques. *Environmental Earth Sciences*, 75(2), 101.
- Yıldız, D. (2013). Ambalaj Atıklarında Tersine Lojistik Uygulaması ve Öneriler. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi
- Zeydan, M., Çolpan, C., ve Çobanoğlu, C. (2011). A Combined Methodology For Supplier Selection And Performance Evaluation. *Expert Systems With Applications*, 38(3), 2741-2751.
- Zhai, L. Y., Khoo, L. P., Zhong, Z. W. (2009). Design Concept Evaluation İn Product Development Using Rough Sets And Grey Relation Analysis. *Expert Systems With Applications*, 36(3), 7072-7079