



AHP ve ANP yöntemleri kullanılarak tehlikeli madde depo yeri seçimi: Kırıkkale ilinde bir uygulama

Selection of the warehouse location for hazardous materials using AHP and ANP methods: a case study in Kırıkkale

Nursena Oral¹ , Rabia Yumuşak² , Tamer Eren^{3,*} 

^{1,2,3} Kırıkkale University, Industrial Engineering Department, 71450, Kırıkkale, Turkey

Özet

Depolar, ürünlerin muhafaza edildiği ve lojistik açıdan stratejik noktalara kurulması gereken yapılardır. Faaliyetlerine göre sınıflandırılan depo çeşitlerinden biri tehlikeli madde depolarıdır. Tehlikeli maddeler, yapıları itibari ile insan sağlığına, emniyetine ve doğal hayata zarar verme tehlikesi taşırlar. Bu tehlike göz önüne alındığında maddelerin uygun yerlerde muhafaza edilmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada ise problemin öneminden hareketle tehlikeli madde için depo yeri seçimi yapılmıştır. Tehlikeli madde depo yeri seçimini etkileyen birçok kriter olması ve bu kriterlerin birbiri ile çelişmesi dolayısıyla çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmıştır. Stratejik konumu itibari ile Kırıkkale ilindeki 4 bölge, 4 ana ve 9 alt kriter dikkate alınarak değerlendirilmiş, analitik hiyerarşi prosesi yöntemi ve analitik ağ prosesi yöntemleri ile uygun depo yerinin seçilmesi amaçlanmıştır. Sonuç olarak tehlikeli maddelerin ikinci bölgede depolanması gerektiği kanaatine varılmıştır. Bu çalışmada ilk defa tehlikeli madde depo yeri seçimi probleminde analitik hiyerarşi prosesi ve analitik ağ prosesi çözümü karşılaştırması yapılmış olup literatüre katkı sağlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Tehlikeli madde, Depo yeri seçimi, Çok kriterli karar verme yöntemleri, Analitik hiyerarşi prosesi yöntemi, Analitik ağ prosesi yöntemi

1 Giriş

Son yıllarda her çeşit piyasada artan küreselleşme, rekabeti arttırarak yeni pazarlara girme, hızlı dağıtım olanakları ve farklı boyutlardaki ekonomileri kullanma ihtiyacı doğurmuştur. Dinamik ve değişken bir çevre tarafından karakterize edilen günümüz küresel ekonomisinde, araştırmacılar pek çok yer seçimi faktörünün göz önünde bulundurulmasının önemini vurgulamaktadır [1]. Tehlikeli maddeler katı, sıvı veya gaz halinde bulunabilen kimyasal, fiziksel ve yapısal özellikleri itibariyle çevre, insan sağlığı ve emniyetine çeşitli zararlar verebilecek maddelerdir [2]. Tehlikeli maddelerin üretimi giderek artmakta ve çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Söz konusu maddelerin herhangi bir kaza sonucunda çevreye vereceği zararların en aza indirilmesi gerektiği için depolanmaları ayrı bir problem olarak ortaya çıkmaktadır.

Depo yeri seçimi her türlü madde için genel bir problemdir. Yatırıma karar vermiş bir yönetici, başarı hedeflerini en iyi bir biçimde gerçekleştirebilmek için en uygun yeri arar [3]. Bu yüzden çalışmada ele alınan depo yeri

Abstract

Warehouses are the structures where the goods are preserved and they need to be established in strategical points logistically. One of the warehouses which are classified according to their fields of activity is hazardous material warehouses. Hazardous materials are the substances that endanger the human health, the safety of people and the natural environment because of their structures. Considering these dangers, it is crucial that those materials are preserved under proper circumstances in appropriate places. In this study, a selection of a location for the warehouse of hazardous materials is made regarding the importance of the problem. Because there are several criteria that affect the selection of the warehouse location for hazardous materials and these criteria conflict with each other, methods of multi criteria decision-making are used in this study. Four places in the city of Kırıkkale are evaluated considering their strategical location. Selection of the appropriate location for the warehouse is aimed by taking the 4 main criteria and 9 sub-criteria into the consideration and by using the methods of analytic hierarchy and the analytic network processes. As a result, it is concluded that hazardous materials should be preserved in the second district. This study contributes to the literature as it compares the methods of analytic hierarchy and the analytic network processes for the selection of the warehouse location for hazardous materials for the first time.

Keywords: Hazardous material, Warehouse location selection, Multi-criteria decision making methods, Analytical hierarchy process method, Analytical network processing method

seçimi probleminin koşullarını sağlayabilmek adına kriterlerin ve bu kriterleri sağlayabilecek yer alternatiflerinin belirlenmesi önem teşkil etmektedir. Birden fazla kriterin ve depo yeri alternatifinin olması sebebiyle bu problem çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemi olarak ele alınmıştır [4].

Literatür incelediğinde, kuruluş yeri seçimi ve tehlikeli maddeler konularında yapılan birçok çalışma olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmalardan ilkinde Korpela ve Tuominen [5] depo sahası seçimi için Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemine dayalı hem nitel hem de nicel yönlerin dikkate alınabileceği yer seçim sürecine entegre bir yaklaşım sunmuşlardır. Yaptıkları çalışmada, depolama için yer seçimi probleminin dağıtım stratejileri açısından en önemli unsur olduğunu savunmuşlardır. Uygun depo yeri seçimi sayesinde lojistik maliyetler önemli oranda azaltılabilmektedir. Hokkanen vd. [6] Helsinki’de yaptıkları çalışmada bir liman yeri seçimi problemi için Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi (SMAA) metodunu kullanmışlardır. Limanın en uygun yere kurulabilmesi için

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: tamereren@gmail.com (T. Eren)

Geliş / Recieved: Kabul 29.05.2020/ Accepted:16.11.2020 Yayınlanma / Published: 15.01.2021

doi: 10.28948/ngmuh.744734

11 kritere göre 24 alternatif arasından seçim yapılmıştır. Bu çalışma SMAA yönteminin kullanıldığı ilk tesis yeri seçim problemi olması açısından önem taşımaktadır. Daha sonra SMAA yöntemi çeşitlendirilerek başka problemlerin çözümleri için kullanılmıştır. Lahdelma vd. [7] yaptıkları çalışmada Finlandiya’da bir atık arıtma tesisinin yerinin seçimi için çeşitlendirilmiş SMAA yöntemlerinden biri olan SMAA-O yöntemini kullanarak 17 kritere göre 4 alternatifini değerlendirmişlerdir.

Demirel vd. [8] yaptıkları çalışmada Choquet İntegral Yöntemi kullanarak Türkiye’de bulunan büyük bir lojistik firması için depo yeri belirlemişlerdir. Depo yeri seçimi yapılırken işçi özellikleri, pazar, makro çevre, fiyat ve altyapı kriterleri üzerinde durulmuştur. Özcan vd. [9] yaptıkları çalışmada birçok alternatif arasından en iyi depo yerinin nasıl seçileceği göstermiştir. Depo yeri seçim probleminin çözümü için Eleme Ve Seçim Yansıtın Gerçeklik (ELECTRE), İdeal Sonuç Odaklı Çok Ölçütlü Karar Verme (TOPSIS) ve Gri Teori Yöntemi kullanmışlardır. Çalışma sonucunda bu üç yöntemden elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak yöntemlerin avantaj ve dezavantajlarını değerlendirmişlerdir. Kriter olarak elde bulundurma maliyeti, birim fiyat, hareket esnekliği, mağaza ve tedarikçilere uzaklık ele alınmıştır. Eroğlu vd. [2] yaptıkları çalışmada tehlikeli madde taşımacılığı tehlike değerlendirmesi yapılırken uzmanların görüşleri doğrultusunda dikkate alınması gereken hususların belirlenmesi için AHP yönteminden yararlanmışlardır. Bu yöntem sonucuna göre tehlikeli madde taşımacılığı tehlike değerlendirmesine imkân sağlayan bir indeks geliştirilmiştir. Aktepe ve Ersöz [10] yaptıkları çalışmada bir döküm fabrikası için 3 ayrı ilde 11 alternatif içerisinden AHP, Çok Kriterli Eniyileme ve Uzlaşık Çözüm (VIKOR), Oran Analizi Temelli Çok Amaçlı Eniyileme (MOORA) olmak üzere 3 farklı yöntem kullanılarak uygun depo yerinin seçilmesini amaçlamıştır. MOORA yönteminin kullanılması bu problem için literatüre yeni bir bakış açısı kazandırmıştır. Erbaş vd. [11] çalışmalarında Ankara bölgesinde kurulması düşünülen tehlikeli madde deposu için Coğrafi Bilgi Sistemlerindeki konum analizlerinden yararlanarak söz konusu kriterler için en uygun yerlerin belirlenmesini amaçlamıştır. Alternatifler belirlenirken hukuki ve politik kriterlerin de dikkate alınması gerektiğine değinilmiştir.

Özbek ve Erol [12] yaptıkları çalışmada depo yeri seçimi problemi için ÇKKV yöntemlerini kullanarak bütünleşik model önerisi sunmuşlardır. Yaptıkları çalışma ile işletmelerde yaşanabilecek diğer karar problemlerinin çözümlerinde de kullanılabilecek bütünleşik bir karar verme modeli kurmak amaçlanmıştır. Gül ve Eren [13] yaptıkları çalışmada bir kamu sektöründe 7 kriter belirleyerek depo yeri seçim süreci analizine yönelik AHP ve Hedef Programlama (HP) modeli birleştirilerek çok kriterli bir optimizasyon yaklaşımı geliştirmişlerdir. Belirlenen 5 hedef için ILOG CPLEX programı ile farklı senaryolarda sonuçlar elde etmişlerdir. Emeç ve Akkaya [14] yaptıkları çalışmada belirsiz bir durum içeren stokastik ortamdaki depo yeri sorununu çözmek için stokastik birçok kriterli karar verme yaklaşımı geliştirmişlerdir. Stokastik AHP ve bulanık VIKOR yöntemleri kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır.

Demirci [15] yaptığı çalışmada lojistik için önemli bir gider kalemi oluşturan depolama yer seçimi probleminde ağırlıklı çarpım ve ağırlıklı toplam tekniklerini aynı kriterler kullanılarak uygulamış ve sonuçlar üzerinde karşılaştırmalar yapmıştır. Aynı veriler ile aynı sonuçlara ulaşılmış olması yöntemlerin güçlü yanlarından biridir. Küçükkoç ve Acar [16] çalışmalarında dağınık askeri birlikler için dağıtım ağları dikkate alınarak mühimmat depolarının kurulmasına yönelik yer seçiminin yapılmasını hedeflemiştir. Önerilen modeller GAMS yazılımı kodlanmasıyla çözülmüş ve sayısal örnekler ortaya konulmuştur. Özbek ve Eren [17] üçüncü parti lojistik firma seçimi problemini ÇKKV yöntemlerinden AHP yöntemi ile çözmüşlerdir. İnce vd. [18] yeni kurulacak sağlık kuruluşu için yer seçimi problemini AHP yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Özder ve Eren [19] otomotiv sektöründe tedarikçi seçme problemine ANP ve hedef programlama yöntemleri ile çözüm aramışlardır. Özcan vd. [20] bakım planlaması için risk faktörlerini değerlendirip 9 kriter AHP yöntemi ile ağırlıklandırmışlardır. Hesaplanan risk değerleri temel alınarak revizyon bakım planlaması yapmışlardır. Deringöz vd. [21] pandemi sürecinde giyilebilir teknoloji uygulamalarını ÇKKV yöntemleri ile değerlendirmişlerdir. Covid-19 takibinde hastaların semptomlarını gözlemlemek için kullanılan GST’lerin seçiminde AHP yöntemi kullanmışlardır. Özder vd. [22] enerji sektöründe personel çizelgeleme probleminde personelin yetkinlik seviyelerini belirlemek için ANP yöntemi kullanmışlardır. Gür vd. [23] Ankara ilindeki uygulanabilecek monoray projelerini AHP ve hedef programlama kullanarak seçmişlerdir. Özcan vd. [24] büyük ölçekli bir hidroelektrik santraldaki ekipmanları AHP yöntemi kullanarak sıralamışlardır. Cömert ve Yener [25] Sakarya ilinde üretim yapan bir gıda firması bulanık AHP kullanarak depo yeri seçimi yapmışlardır. Çalışmada 4 ana kriter, 8 alt kriter ve 3 alternatif ele almışlardır. Sağnak [26] perakende sektöründe bulanık AHP yöntemi ile depo yeri seçimi yapmıştır.

Literatür taramasından elde edilen bilgiler ışığında depo yeri seçimi probleminde firmaların maksimum fayda sağlamaları gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Maksimum fayda, maksimum kar ile olduğu gibi tehlikeli maddelerin yapıları gereği taşıdıkları tehlikelerin en aza indirgenmesi ile de orantılıdır. Literatür incelendiğinde ÇKKV yöntemleri kullanılarak birçok çalışma yapıldığı fakat tehlikeli madde depo yeri seçimi konusunda yapılmış çalışmaların az sayıda olduğu görülmüştür. Bu sebeple tehlikeli madde depo yeri belirlemek için Kırıkkale ilinde bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmanın amacı tehlikeli madde depo yeri seçimi için Kırıkkale ilinde en uygun yer alternatifinin seçilmesini sağlamaktır. Bu seçimi yapabilmek için öne çıkan kriterler belirlenmiş ve bu kriterlerin önem dereceleri değerlendirildikten sonra en uygun alternatifin seçilmesi sağlanmıştır. Ana ve alt kriterlerin hiyerarşik yapıda olması ve alternatiflere ilişkin öncelik sıralarını belirlemek adına AHP yöntemi, karar seviyeleri ile kriterler arasındaki karmaşık ilişkilerin dikkate alınmasını sağlamak adına ise ANP yöntemi tercih edilmiştir. Literatürde ilk defa tehlikeli madde depo yeri seçiminde Türkiye için stratejik konumu itibari ile Kırıkkale ili ele alınmıştır. Ayrıca problem

hem AHP yöntemi ile hem de ANP yöntemi ile çözülerek kıyaslama yapılmış olup probleme farklı bir bakış açısı kazandırılmıştır. Sonuç olarak bu çalışma hem değerlendirilen alternatif açısından hem de kullanılan yöntemler açısından literatüre katkı sağlar niteliktedir.

Çalışmanın ikinci bölümünde tehlikeli madde depo yeri seçimi problemi için materyal metod başlığı altında problem ele alınmış olup ÇKKV yöntemlerinden AHP ve Analitik Ağ Prosesi (ANP) yöntemi adımları verilmiştir. Üçüncü bölümde bu adımlar takip edilerek bulgulara yer verilmiş ve Kırıkkale ilinde bir uygulama yapılmıştır. Dördüncü bölümde ise uygulama sonuçları karşılaştırılmış ve gelecekte yapılabilecek diğer çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

2 Materyal ve metod

Tehlikeli madde depo yeri seçimi çok kriterli bir karar problemidir. Genellikle bu problemde en az iki alternatif var olup seçimi etkileyen birçok kriter yer almaktadır. Bu kriterlerin birbiri ile çeliştiği durumlarda literatürde sıklıkla kullanılan ÇKKV yöntemleri ile çözüm aranmaktadır. Bu çalışmada ise tehlikeli madde depo yeri seçimi için AHP ve ANP yöntemleri karşılaştırılmıştır.

2.1 Tehlikeli madde depo yeri seçim problemi

Tehlikeli maddeler, Birleşmiş Milletler önerilerine göre yapılarında taşıdıkları tehlikelere göre 9 ana ve 13 alt tehlike sınıfına ayrılmaktadır. ADR tehlikeli madde sınıflandırılması Tablo 1’de verilmiştir [27].

Tablo 1. ADR tehlikeli madde sınıflandırılması

Sınıf 1	Patlayıcı madde ve nesne
Sınıf 2	Sıkıştırılmış, sıvılaştırılmış veya basınç altında çözülmüş gaz
Sınıf 3	Yanıcı sıvı
Sınıf 4 (4.1)	Yanıcı katı, kendi kendine tepkimeye giren madde, hassasiyeti az patlayıcı
Sınıf 4 (4.2)	Kendiliğinden yanmaya yatkın madde
Sınıf 4 (4.3)	Su ile temas ettiğinde yanıcı gazlar çıkartan madde
Sınıf 5 (5.1)	Yükseltgen madde
Sınıf 5 (5.2)	Organik peroksit
Sınıf 6 (6.1)	Zehirleyici madde
Sınıf 6 (6.2)	Bulaşıcı madde
Sınıf 7	Radyoaktif madde
Sınıf 8	Aşındırıcı madde
Sınıf 9	Çeşitli tehlikeli maddeler

Tehlikeli maddelerin doğaları gereği depolanacakları yerin özellikleri önem teşkil etmektedir. Böyle bir kuruluş yerinin seçimini belirleyebilmek için çeşitli kriterlere ihtiyaç duyulur. Özellikle son zamanlarda gelişen bilim, teknoloji, artan enerji gereksinimleri, bu tür ürünlerin üretimin çeşitli aşamalarında kullanılması ve kullanımından sonra oluşan tehlikeli atıkların depolanması ihtiyacını karşılayacak bir kuruluş yeri seçiminin yapılmasını zorunlu kılmaktadır [11]. Depolar, yalnızca ürünlerin saklanması ve korunması

amacının yanında çeşitli hizmetlerin verildiği, müşteriye olabilecek en iyi hızda ulaşımın sağlandığı merkezler haline gelmiştir [28]. Başarı bir depolama hizmeti gerçekleştirebilmek için depolarda bulunması gereken temel koşullar aşağıdaki gibidir [29]:

• Uygun çalışma koşulları sağlanarak dağıtımın kolay yapılabilmesi yerler seçilmelidir.

• Dağıtım yapılacak maddelerin hangi tip depolarda ve hangi koşullar altında depolanması gerektiği belirlenmeli, minimum ulaşım süresini mümkün kılacak şekilde en uygun depo yerleri belirlenmelidir.

• Depolar arazi araştırması yapılmış ve çeşitli doğa olaylarından zarar görmeyecek alanlarda kurulmalıdır.

• Depolar ulaşım alanlarına (havayolları, karayolları, demiryolları) ve limanlara yakın, güvenli yerlerde olmalıdır.

Tüm bu bilgiler göz önüne alındığında tehlikeli maddeler için depo yeri seçimi problemi oldukça önem teşkil etmektedir.

2.2 Yöntemler

Birçok alternatifin bulunduğu karar verme problemlerinde, alternatifler arasında seçim yapmak zaman alan, zor ve önemli bir konudur. Günlük hayatta karşılaştığımız karar vermeyi zorlaştıran bir diğer konu ise bir alternatifin, bir kriterde üstünlük sağlarken diğer bir kriterde üstünlük sağlayamamasıdır. Bunun yanı sıra karşılaştırılabilirlik ve ölçülemezliğin olduğu problemler de vardır. ÇKKV yöntemleri, ilave yaklaşımlar ile sorunları ortadan kaldırarak karar verme aşamasında karar vericiye yardımcı bulunur [30].

Bu çalışmada depo yeri seçimi problemine yönelik 2 farklı yöntemin kullanıldığı bir yaklaşım yer almaktadır. 2.2.1 ve 2.2.2 başlıkları altında çalışmada kullanılan AHP ve ANP yöntemleri ile ilgili adımların açıklamaları verilmiştir.

2.2.1 AHP yöntemi

ÇKKV yöntemlerinden AHP yöntemi, Thomas L. Saaty [31] tarafından 1977 yılında geliştirilmiştir. AHP yöntemi karar probleminde, kriterleri birden fazla alternatife göre değerlendiren ve önem derecelerine göre sıralayan bir yöntemdir. Bu yöntem sayesinde karar vericilerin kriter önemlerini göz önüne alarak, maksimum faydayı sağlayacak kararları vermeleri amaçlanmıştır [10].

AHP uygulama aşamaları şu şekildedir [32]:

1. Adım: İlk adım karar hiyerarşisinin kurulmasıdır. Karar vericinin hedeflediği amaca göre kriterler ve alt kriterler belirlenir. Kriterler göz önüne alınarak alternatifler belirlenir.

2. Adım: Seviyeler için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmasıdır. İkili karşılaştırmalar 1- 9 puanlık skalada verilen değerlere göre hazırlanır. Tablo 2’de Saaty tarafından önerilen önem skalası verilmiştir [31].

3. Adım: Bu aşamaya ‘‘Sentez Aşaması’’ ismi de verilmektedir. Aynı skala kullanılarak her bir kriterin diğer kriterlere göre üstünlüğü hesaplanır. En büyük özdeğer ve özdeğere karşılık gelen özvektör hesaplanarak normalize edilir. Literatürde yaygın olarak kullanılan normalizasyon yöntemine göre her sütun elemanı, bulunduğu sütunun toplamına bölünür. Daha sonra bu satırın toplamı alınıp toplam satırdaki eleman sayısına bölünür [33].

Tablo 2. Saaty tarafından önerilen önem skalası

Değer	Tanım	Açıklama
1	Eşit önem	İki seçenek eşit derecede önemli.
3	Biraz daha önemli	Bir seçenek diğerine göre biraz daha üstün.
5	Oldukça önemli	Bir seçenek diğerine karşı oldukça üstün.
7	Oldukça önemli	Bir seçenek diğerine göre çok üstün.
9	En önemli	Bir seçeneğin diğerinden üstün olduğunu gösteren kanıt çok büyük güvenilirliğe sahip.
2,4,6,8	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere ara değerler.

4. Adım: Son aşamada, tutarlılık indeksi (CI) ve karşılaştırmaların tutarlı olup olmadığının belirlenmesi için tutarlılık oranı (CR) bulunur [21, 25]. CI, CR hesaplamaları için **Denklem (1)** ve **(2)**'de verilmiştir;

$$CI = (n_{max} - n) / (n - 1) \quad (1)$$

$$CR = CI / RI \quad (2)$$

CR değeri 0,1 değerinden küçük bulunduğu takdirde karşılaştırmalar tutarlı kabul edilir. RI değerleri **Tablo 3**'te verilmiştir [21].

2.2.2 ANP yöntemi

ANP yöntemi, kriterler ve alt kriterler arasında bulunan her türlü ilişkilerin dikkate alınmasını gerektiren ve bu özelliği sayesinde daha etkin sonuçlar ortaya koyma olanağı sağlayan bir yöntemdir. AHP yönteminin temel özellikleri ve karşılaştırma mantığı ANP yönteminde de benzerlik göstermektedir. ANP yönteminde model, ağ modeli şeklindedir. Ağ yapısı sayesinde kriterler arasındaki ilişkiler ortaya konur [22].

Karar probleminin ağ modeli şeklinde olabilmesi için problem parçalara ayrılır. Parçalar küme, kümelerin alt parçaları da faktör olarak adlandırılır. Kümeler ağ yapısındaki düğüm noktalarını oluşturur. ANP yönteminin geri besleme ve bağımlılık özellikleri sebebiyle faktörler diğer faktörlerle bağımlı olabileceği gibi kendi aralarında da bağımlı olabilmektedirler. Karar verme problemleri, ANP yöntemi kullanılarak dört adımda çözülür [34]:

1. Adım: Problemin tanımlanarak modelin kurulmasıdır. Karar vericinin amacı doğrultusunda ağ yapısı oluşturulur ve bağımlılıkları belirlemek adına faktörler arasındaki ilişkiler kurulur.

2. Adım: Kriterler için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturularak öncelik vektörünün elde edilir. CR değeri hesaplanarak bu değer 0.1'e eşit veya düşük olması beklenir. Öncelik vektörleri matrise yerleştirilerek ağırlıklandırılmamış süper matris oluşturulur. ANP yönteminde ikili karşılaştırmaların yapılabilmesi için **Tablo 2**' de verilen temel ölçek kullanılır.

3. Adım: Ağırlıklandırılmış süper ve limit süper matrislerin oluşturulmasıdır. Limit süper matriste en önemli kriter, en yüksek önceliğe sahip olan kriterdir.

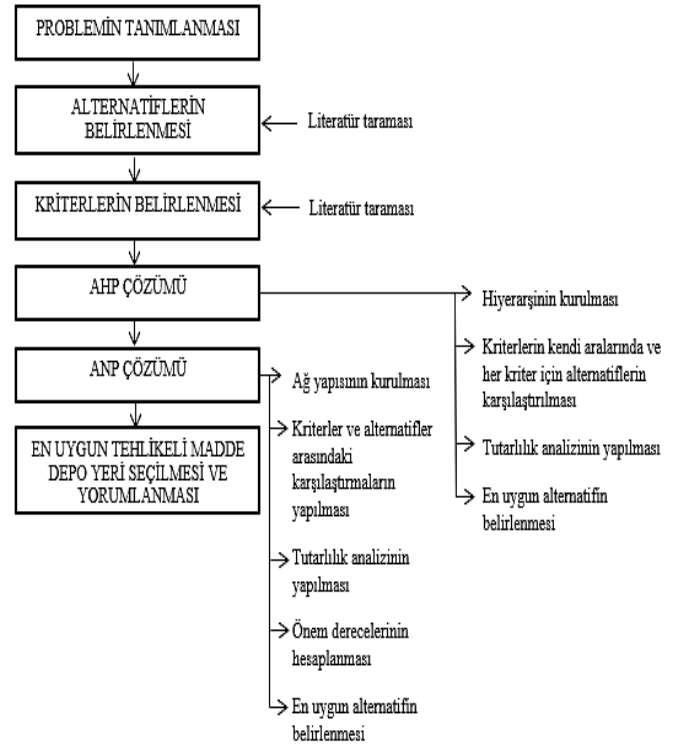
4. Adım: Limit süper matris sonuçlarına göre en yüksek öncelik değerine sahip alternatif en iyi alternatif olarak seçilir [34].

3 Bulgular ve tartışma

Çalışmanın bulgular ve tartışma kısmında AHP ve ANP yöntemleri ile tehlikeli madde depo yeri seçimi yapılmıştır. Karar verme problemi belirlendikten sonra alternatif bölgeler belirlenmiştir. Literatür taramasından elde edilen bilgiler kullanılarak kriterler belirlenmiş ve ilk olarak AHP yöntemi ile daha sonra ANP yöntemi ile çözüm yapılarak sonuca ulaşılmıştır.

3.1 Problemin tanımlanması

Kullanımı giderek artan tehlikeli maddeler, yapılarından dolayı çeşitli tehlikeler taşıdıkları için depolanmaları ve depo yerlerinin belirlenmesi karşımıza bir sorun olarak çıkmaktadır. Bu çalışmada tehlikeli madde depo yeri seçimi problemi için Kırıkkale ili içerisinde bir uygulama gerçekleştirilmiştir. İlk olarak tehlikeli madde depo yeri seçimi problemi tanımlanmıştır. Literatür taramasından edinilen bilgiler ile alternatif 4 bölge, 4 ana kriter ve 9 alt kriter belirlenmiştir. Çözüm için seçilen ÇKKV yöntemlerinden AHP ve ANP yöntemi ile çözüm yapılarak en uygun tehlikeli madde depo yeri seçimi yapılır. **Şekil 1**'de problemin çözümünde izlenecek akış şeması verilmiştir.



Şekil 1. Uygulama akış şeması

Tablo 3. RI değerleri

N	1 ve 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

3.2 Alternatifler

Kırıkkale ili stratejik konumu itibariyle 43 ilin geçiş noktasında bulunmaktadır. Kırıkkale ilinde bulunan Makina ve Kimya Endüstrisi Kurumu (MKE), I. Organize Sanayi Bölgesi (OSB), Orta Anadolu Rafinerisi, Keskin OSB ve Silah İhtisas Organize Sanayi Bölgesi ile önemli bir sanayi kentidir. Bu sebeple tehlikeli madde kullanımı fazla ve bu maddelerin depolanması problem teşkil etmektedir. Tehlikeli maddeler en fazla sanayi bölgelerinde kullanıldığı için özellikle sanayi bölgelerine ve dağıtım kolaylığı açısından karayollarına yakın olmalıdır. Tehlike oluşturabilecek durumlarda çevreye verilecek zararın önlenmesi için şehir merkezine yakın olmaması tercih edilmiştir. Alternatif olarak seçilen dört bölge aşağıda verilmiştir. Bölgeler belirlenirken Google Earth kullanılmıştır.



Şekil 2. Birinci bölge alternatifi

Birinci bölge (A1) Merkez, Kızılırmak mahallesinde yer almaktadır. Kırıkkale-Kırşehir karayoluna 0.66 km, Kırıkkale şehir merkezine 6.2 km uzaklıkta bulunmaktadır. Alternatife ait Google Earth görüntüsü [Şekil 2](#)'de verilmiştir.



Şekil 3. İkinci bölge alternatifi

İkinci bölge (A2) Hacılar, Bahşili bölgesinde yer almaktadır. Kırıkkale-Karakeçili karayoluna 0.3 km, Kırıkkale şehir merkezine 19.5 km uzaklıkta bulunmaktadır. Alternatife ait Google Earth görüntüsü [Şekil 3](#)'te verilmiştir.



Şekil 4. Üçüncü bölge alternatifi

Üçüncü bölge (A3) Balışeyh bölgesinde yer almaktadır. Kırıkkale-Çorum, Yozgat karayoluna 0.51 km, Kırıkkale şehir merkezine 19 km uzaklıkta bulunmaktadır. Alternatife ait Google Earth görüntüsü [Şekil 4](#)'te verilmiştir.



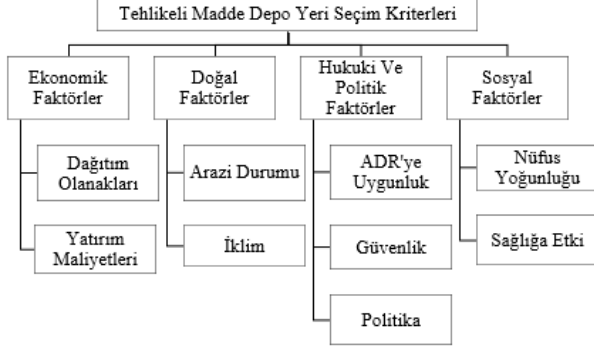
Şekil 5. Dördüncü bölge alternatifi

Dördüncü bölge (A4) Bahçelievler, Ahılı bölgesinde yer almaktadır. Vatan Caddesine 0.12 km, Kırıkkale şehir merkezine 5.4 km uzaklıkta bulunmaktadır. Alternatife ait Google Earth görüntüsü [Şekil 5](#)'te verilmiştir.

3.3 Kriterler

Tehlikeli madde depo yeri seçimine yönelik kriterler belirlenirken yapılan literatür taraması sonuçları dikkate alınmıştır. Ekonomik, doğal, hukuki ve politik, sosyal faktörler olmak üzere 4 ana kriter ve bu ana kriterler ile

ilişkili dağıtım olanakları [2], yatırım maliyetleri [8], arazi durumu [25], iklim [35], ADR'ye uygunluk [36], güvenlik [26], politika [8], nüfus [37] ve sağlığa [2] etki olmak üzere 9 alt kriter seçilmiştir. Seçilen kriterlere ait hiyerarşik yapı Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 5. Kriterler

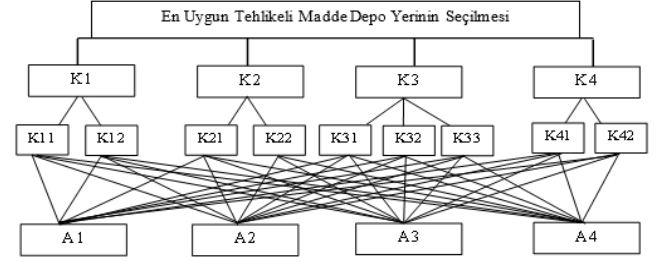
Belirlenen kriterlerin nasıl değerlendirildiğine ilişkin açıklamalar Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 3. Kriterler ve açıklamaları

Ana Kriterler	Alt Kriterler	Açıklamalar
Ekonomik Faktörler (K1)	Dağıtım Olanakları (K11)	Dağıtım süreci için ulaştırma olanakları, tehlikeli maddelerin yapılarından dolayı şehir merkezine uzaklığı ve deponun diğer tesislere yakınlığı göz önüne alınarak minimum maliyetle gerçekleştirilebilmelidir.
	Yatırım Maliyetleri (K12)	Depo kurulumunu etkileyen işçilik maliyetleri, depolama maliyetleri, yapı maliyetleri, ekipman maliyetleri vb. maliyetler yatırım maliyetlerinin belirlenmesinde rol oynar.
Doğal Faktörler (K2)	Arazi Durumu (K21)	Arazi uygunluğunu konum, deprem kuşağına yakınlık, eğim, arazi genişliği belirler.
	İklim (K22)	Nem, ısı farklılıkları, yağış miktarı, rüzgar, hakim rüzgar.
Hukuki Ve Politik Faktörler (K3)	ADR'ye Uygunluk (K31)	ADR'ye göre belirlenmiş araç depoları, araç yanaşma alanları, ambalajlama talimatları gibi sorumluluk ve yükümlülükler uygun olmalıdır.
	Güvenlik (K32)	Bölgede hakim olan iç-dış hırsızlık, terör tehlikesi.
	Politika (K33)	Şehir planlaması, şehir için politik bakış.
Sosyal Faktörler (K4)	Nüfus (K41)	Nüfus sayısına bağlı olarak tehlikeli maddelere duyulan ihtiyaç artmaktadır. Bu nedenle nüfus yoğunluğu fazla olan bölgelere yönelmek gerekmektedir. Aynı zamanda yerleşim alanlarına çok yakın yerlere depo kurulmamalıdır.
	Sağlığa Etki (K42)	Olası kaza durumlarında tarıma ve su kaynaklarına etki göz önüne alınmalıdır.

3.4 Problemin AHP yöntemi ile çözümü

AHP yöntemi çözümünde kullanılan hiyerarşi Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 6. AHP yöntemi karar hiyerarşisi

Kriterlerin seçilmesinden sonra ana kriterler arasında ikili karşılaştırmalar Saaty'nin 1-9 skalası kullanılarak yapılmıştır. Oluşturulan matris Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Ana kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler	K1	K2	K3	K4
K1	1.00	2.00	0.33	0.50
K2	0.50	1.00	0.25	0.33
K3	3.00	4.00	1.00	2.00
K4	2.00	3.00	0.50	1.00

Her matris elemanı sütun toplamına bölünür ve normalize edilmiş matris elde edilir. Normalize edilmiş matris Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 5. Ana kriterler için normalize edilmiş matris

Kriterler	K1	K2	K3	K4
K1	0.15	0.20	0.16	0.13
K2	0.08	0.10	0.12	0.09
K3	0.46	0.40	0.48	0.52
K4	0.31	0.30	0.24	0.26

Normalize edilmiş matrisin satır elemanlarının aritmetik ortalaması bulunur. Elde edilen ortalama değerler önem ağırlıklarını belirlemiş olur. Daha sonra tutarlık oranı hesaplanır. CR değerinin 0.1'den küçük olması beklenir. Ana kriterler için CR değeri 0.01 olarak bulunmuştur. Ana kriter önem ağırlıkları Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 6. Ana kriterlerin önem ağırlıkları

Ana Kriterler	Ağırlıklar
K1	0.161
K2	0.096
K3	0.466
K4	0.277

Ana kriterlerin önem ağırlıkları bulunduktan sonra alt kriterlerin önemleri aynı adımlar tekrar edilerek bulunmuştur. Bu çalışmada K3 ana kriterinin alt kriterlerinin bulunması gösterilmiştir. Tablo 8'de alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi verilmiştir.

Tablo 7. K3 ana kriterinin alt kriterleri ikili karşılaştırma matrisi

Alt Kriterler	K31	K32	K33
K31	1.00	3.00	5.00
K32	0.33	1.00	3.00
K33	0.20	0.33	1.00

Tablo 9’da K3 alt kriterleri için normalize edilmiş matris verilmiştir.

Tablo 8. K3 alt kriterleri için normalize edilmiş matris

Alt Kriterler	K31	K32	K33
K31	0.65	0.69	0.56
K32	0.22	0.23	0.33
K33	0.13	0.08	0.11

K3 alt kriterlerinin CR değeri 0.03 olarak bulunmuştur. Önem ağırlıkları Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 9. K3 alt kriterlerinin önem ağırlıkları

Alt Kriterler	Ağırlıklar
K31	0.633
K32	0.260
K33	0.106

Bulunan önem ağırlıkları ile Tablo 10’da verilen K3 alt kriterlerinin önem ağırlıkları çarpılarak küresel ağırlıklar elde edilir. Aynı işlem diğer kriterler için de tekrarlanır. Bu değerler Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 10. Alt kriterlerin küresel ağırlıkları

Ana Kriterler	Yerel Ağırlık 1	Alt Kriterler	Yerel Ağırlık 2	Küresel Ağırlık
K1	0.161	K11	0.75	0.12
		K12	0.25	0.04
K2	0.096	K21	0.75	0.07
		K22	0.25	0.02
K3	0.466	K31	0.63	0.30
		K32	0.26	0.12
		K33	0.11	0.05
		K41	0.33	0.09
K4	0.277	K42	0.67	0.18

Tablo 12’de K31 alt kriteri ile depo yeri alternatifleri arasındaki karşılaştırma matrisi verilmiştir.

Tablo 11. Alternatiflerin K31 alt kriteri için kıyaslanmasındaki karşılaştırma matrisi

Alternatifler	A1	A2	A3	A4
A1	1.00	0.33	2.00	0.50
A2	3.00	1.00	4.00	2.00
A3	0.50	0.25	1.00	0.25
A4	2.00	0.50	4.00	1.00

Tablo 13’te bu alt kriterin normalize edilmiş matrisi verilmiştir.

Tablo 12. K31 alt kriteri normalize edilmiş matrisi

Alternatifler	A1	A2	A3	A4
A1	0.15	0.16	0.18	0.13
A2	0.46	0.48	0.36	0.53
A3	0.08	0.12	0.09	0.07
A4	0.31	0.24	0.36	0.27

Tehlikeli madde depo yeri alternatiflerinin K31 alt kriteri ile kıyaslanmasındaki CR değeri 0.02 olarak bulunmuştur. Önem ağırlıkları Tablo 14’te verilmiştir.

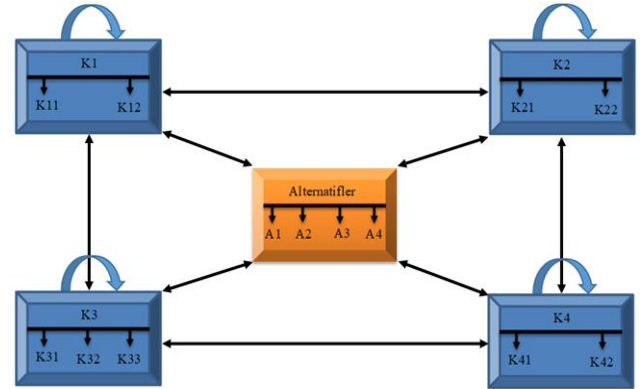
Tablo 13. K31 alt kriteri önem ağırlıkları

Alternatifler	Ağırlıklar
A1	0.16
A2	0.46
A3	0.09
A4	0.29

Tablo 14’te görüldüğü gibi yapılan işlemler sonucunda CR 0.1’den küçük çıkmıştır ve bu nedenle sonuç tutarlıdır. Tehlikeli madde depo yeri için en uygun bölgenin A2 olduğu görülmüştür.

3.5 Problemin ANP yöntemi ile çözümü

ANP yöntemi çözümü için “Super Decisions” programı kullanılmıştır. Kurulan hiyerarşik yapı Şekil 7’de verilmiştir. Hiyerarşik yapı kurulduktan sonra kriterler arasındaki ilişkiler belirlenerek tüm kriterler ile alternatifler bağlanması sağlanmıştır. Böylelikle ağ yapısı oluşturulur. Ağ yapısı Şekil 8’de verilmiştir.



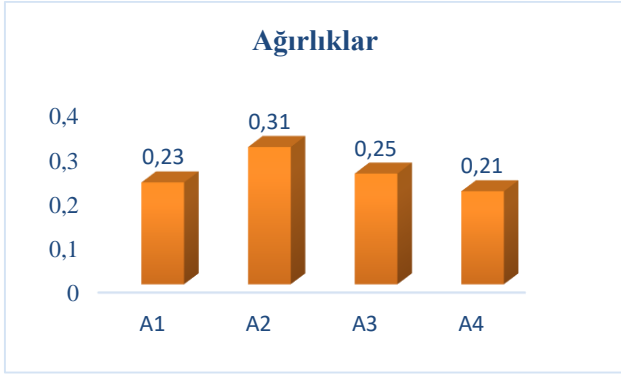
Şekil 7. ANP yöntemi için ağ yapısı

Daha sonra kriterler arasında ikili karşılaştırma matrisleri oluşturularak öncelik vektörü belirlenir. Karşılaştırma matrisleri için CR hesaplanır. Bu değer 0.1’e eşit veya düşük olması tutarlı olduğunu gösterir. Karşılaştırmalar sonucunda süper matris ve limit matrisi elde edilir. Alternatif ve kriterlerin önem dereceleri belirlenir. ANP yöntemi sonucunda ulaşılan alt kriter önem ağırlıkları Tablo 15’te gösterilmiştir.

ANP yöntemi sonucunda ulaşılan alternatiflere ait önem ağırlıkları Şekil 9’da verilmiştir.

Tablo 14. Alt ve ana kriterlerin önem ağırlıkları

Ana Kriterler	Ana Kriter Ağırlıkları	Alt Kriterler	Alt Kriter Ağırlıkları
K1	0.155	K11	0.566
		K12	0.434
K2	0.334	K21	0.67
		K22	0.33
		K31	0.685
K3	0.227	K32	0.254
		K33	0.061
		K41	0.208
K4	0.284	K42	0.792



Şekil 8. Alternatif önem ağırlıkları

ANP yöntemine göre en önemli kriter sosyal faktörler ana kriterinin (K4) alt kriteri olan sağlığa etki (K42) olarak belirlenmiştir. Alternatifler arasından tehlikeli madde depo yeri için Hacılar, Bahşili bölgesinde yer alan 2. alternatif (A2) depo yeri seçilmiştir.

4 Sonuçlar

Bu çalışmada, tehlikeli madde depo yeri seçimi problemi için Kırıkkale ilinde belirlenen Merkez, Bahşili, Balışeyh ve Bahçelievler olmak üzere dört alternatif bölge arasından seçim yapılmıştır. Yapılan literatür taraması sonucunda edinilen bilgilere göre ekonomik, doğal, hukuki ve politik, sosyal faktörler olmak üzere 4 ana kriter ve bu ana kriterler ile ilişkili dağıtım olanakları, yatırım maliyetleri, arazi durumu, iklim, ADR'ye uygunluk, güvenlik, politika, nüfus ve sağlığa etki olmak üzere 9 alt kriter belirlenmiştir. Çok sayıda kriter olması sebebiyle ÇKKV yöntemlerinden AHP ve ANP yöntemleri tercih edilmiştir.

AHP yöntemi sonucunda önem ağırlıkları en yüksekten düşüğe doğru K31, K42, K11, K32, K41, K21, K33, K12, K22 olarak sıralanmıştır. En yüksek önem ağırlığına sahip ADR'ye uygunluk (K31) kriteri tehlikeli maddelerin yapılarından dolayı depo yeri seçiminde yerine getirilmesi gereken özel sorumluluk ve yükümlülükleri kapsamaktadır. ANP yönteminde ise önem ağırlıkları en yüksekten düşüğe doğru K42, K31, K21, K11, K12, K22, K32, K41, K33 olarak sıralanmıştır. En yüksek önem ağırlığına sahip sağlığa etki (K42) kriteri olası kaza durumlarında tehlikeli maddelerin, tarıma ve su kaynaklarına verebileceği zararları kapsamaktadır. Zararları en aza indirmek adına depo yeri tarım ve su kaynaklarına uzak bölgelerde kurulmalıdır. AHP yöntemi karar vericinin önceliklerini dikkate alarak nitel ve

nicel değişkenlerin bir arada değerlendirildiği bir yöntemdir. ANP yöntemi ise kriterlerin kendi içerisinde ve diğer kriterler ile bağımlılığını dikkate almaktadır. Bu sebeple kriter önem ağırlık sıralamasında iki yöntemden farklı sonuçlar elde edilmiştir.

AHP ve ANP yöntemleri sonuçlarından elde edilen sırasıyla 0.46 ve 0.31 alternatif önem ağırlıkları neticesinde tehlikeli madde depo yeri için en uygun bölge ikinci alternatif olan Hacılar, Bahşili olarak belirlenmiştir. Kırıkkale-Karakeçili karayoluna 0.3 km ve Kırıkkale şehir merkezine 19.5 km uzaklıkta bulunan bu bölge belirlenen kriterler göz önüne alındığında lojistik açısından oldukça iyi bir konuma sahiptir. AHP yöntemi ve ANP yönteminden elde edilen alternatif önem ağırlıkları karşılaştırılması sonuçları Tablo 16'da verilmiştir.

Tablo 15. Sonuçların karşılaştırılması

Alternatifler	AHP Çözümü		ANP Çözümü	
	Ağırlıklar	Sıralama	Ağırlıklar	Sıralama
A1	0.16	3	0.23	3
A2	0.46	1	0.31	1
A3	0.09	4	0.25	2
A4	0.29	2	0.21	4

Sıralamalar AHP ve ANP yöntemlerinin değerlendirilmesindeki farklılıktan meydana gelmektedir. Fakat her iki yöntemde de en uygun depo yerinin Hacılar, Bahşili bölgesi olarak seçilmesi, bölgenin istenen kriterlere sahip, güçlü bir konumda bulunduğunu göstermektedir.

Bu çalışmadan elde edilen bilgiler dahilinde tehlikeli madde depo yeri seçiminin kritik bir problem olduğu sonucu çıkarılmıştır. Daha doğru sonuçlara ulaşabilmek adına birden fazla yöntem kullanılarak elde edilen sonuçların karşılaştırılması gerektiği öngörülmüştür. İleride AHP ve ANP yöntemi sonucunda seçilen bölge ile mevcut diğer tehlikeli madde depo bölgelerinin karşılaştırılmasına yönelik bir çalışma yapılabilir. Böyle bir çalışma, ulaşılan iki alt kriterden hangisinin önem ağırlığının yüksek olduğunun belirlenmesi açısından yol gösterici olacaktır. Ayrıca bu çalışmanın benzeri PROMETHEE gibi farklı sıralama yöntemleri ile gerçekleştirilebilir.

Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı 2020/1 kapsamında 1919B012001288 başvuru numaralı proje ile desteklenmektedir. TÜBİTAK kurumuna teşekkürlerimizi sunarız.

Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Benzerlik oranı (iThenticate): %17

Kaynaklar

- [1] M. A. Badri, Combining the analytic hierarchy process and goal programming for global facility location-

- allocation problem. International Journal Of Production Economics, 62 (3), 237-248, 1999. [https://doi.org/ 10.1016/S0925-5273\(98\)00249-7](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00249-7)
- [2] Ö. Eroğlu, Ö. Bali and M. Ağdaş, Criteria evaluation model for third party logistics provider selection in fuel transportation. In XI. Logistics and Supply Chain Congress, pp. 451-470, Kayseri, Türkiye, 2013.
- [3] D. S. Korkut, A. M. Doğan ve İ. Bekar, Kuruluş yeri seçimini etkileyen faktörlerin Düzce ili açısından değerlendirilmesi. Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi, 6 (1), 20-31, 2010.
- [4] T. Ustasüleyman ve S. Perçin, Analitik ağ süreci yaklaşımıyla kuruluş yeri seçimi. Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 9 (3), 37-55, 2007.
- [5] J. Korpela and M. Tuominen, A decision aid in warehouse site selection. International Journal Of Production Economics, 45 (1-3), 169-180, 1996. [https://doi.org/10.1016/0925-5273\(95\)00135-2](https://doi.org/10.1016/0925-5273(95)00135-2)
- [6] J. Hokkanen, R. Lahdelma and P. Salminen, A multiple criteria decision model for analyzing and choosing among different development patterns for the helsinki cargo harbor. Socio-Economic Planning Sciences, 33 (1), 1-23, 1999.
- [7] R. Lahdelma, R. P. Salminen and J. Hokkanen, Locating a waste treatment facility by using stochastic multicriteria acceptability analysis with ordinal criteria. European Journal of Operational Research, 142 (2), 345-356, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00303-4](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00303-4)
- [8] T. Demirel, N. Ç. Demirel and C. Kahraman, Multi-criteria warehouse location selection using choquet integral. Expert Systems with Applications, 37 (5), 3943-3952, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.11.022>
- [9] T. Özcan, N. Çelebi and Ş. Esnaf, Comparative analysis of multi-criteria decision making methodologies and implementation of a warehouse location selection problem. Expert Systems with Applications, 38 (8), 9773-9779, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.02.022>
- [10] A. Aktepe ve S. Ersöz, AHP-VIKOR ve Moora yöntemlerinin depo yeri seçim probleminde uygulanması. Endüstri Mühendisliği Dergisi, 25 (1- 2), 2- 15, 2014.
- [11] M. Erbaş, Ö. Bali ve T. Durğut, Tehlikeli madde depo yeri seçiminin coğrafi bilgi sistemleri açısından incelenmesi. 5. Uzaktan Algılama- CBS Sempozyumu, İstanbul, Türkiye, 14-17 Ekim 2014.
- [12] A. Özbek ve E. Erol, COPRAS ve Moora yöntemlerinin depo yeri seçim problemine uygulanması. Ekonomi İşletme Siyaset ve Uluslararası İlişkiler Dergisi, 2 (1), 23-42, 2016.
- [13] E. Gül ve T. Eren, Lojistik dağıtım ağ problemlerinde analitik hiyerarşi prosesi yöntemi ve hedef programlama ile depo seçimi. Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 2 (1), 1-13, 2017.
- [14] Ş. Emeç and G. Akkaya, Stochastic ahp and fuzzy vikor approach for warehouse location selection problem. Journal of Enterprise Information Management, 31 (6), 950-962, 2018. <https://doi.org/10.1108/JEIM-12-2016-0195>
- [15] A. Demirci, Lojistik maliyetler için çok kriterli karar verme yaklaşımı: depolama alanı seçimi örneği. Toros Üniversitesi İİSBF Sosyal Bilimler Dergisi, 6 (10), 23-43, 2019.
- [16] İ. Küçükkoç and M. Acar, Combined facility location and distribution network design problem: progressive models and a case study. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 26 (1), 157-173, 2020. <https://doi.org/10.5505/pajes.2019.11456>
- [17] A. Özbek, T. Eren, Üçüncü parti lojistik (3PL) firmanın analitik hiyerarşi süreciyle (AHS) belirlenmesi. International Journal of Engineering Research and Development, 4(2), 46-54, 2012.
- [18] Ö. İnce, N. Bedir, ve T. Eren, Hastane kuruluş yeri seçimi probleminin AHP ile modellenmesi: Tuzla ilçesi uygulaması. Gazi Sağlık Birimleri Dergisi, 1(3), 08-21, 2016.
- [19] E. H. Özder ve T. Eren, Çok ölçütlü karar verme yöntemi ve hedef programlama teknikleri ile tedarikçi seçimi. Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4(3), 196-207, 2016.
- [20] E. Özcan, R. Yumuşak and T. Eren, Risk based maintenance in the hydroelectric power plants. Energies 12, 1502-1523, 2019. <https://doi.org/10.3390/en12081502>
- [21] A. Deringöz, T. Danışan ve T. Eren, Covid-19 takibinde giyilebilir sağlık teknolojilerinin çkkv yöntemleri ile değerlendirilmesi. Politeknik Dergisi, (basımda), 2021. 1-1. <https://doi.org/10.2339/poli teknik.768219>
- [22] E. H. Özder, E. Özcan and T. Eren, Staff task-based shift scheduling solution with an ANP and goal programming method in a natural gas combined cycle power plant. Mathematics, 7, 192-218, 2019. <https://doi.org/10.3390/math7020192>
- [23] Ş. Gür, M. Hamurcu ve T. Eren, Ankara'da Monoray projelerinin analitik hiyerarşi prosesi ve 0-1 hedef programlama yöntemleri ile seçimi. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 23(4), 437-443, 2017. <https://doi.org/10.5505/pajes.2016.03903>
- [24] E. C. Özcan, T. Danışan, R. Yumuşak and T. Eren, An artificial neural network model supported with multi criteria decision making approaches for maintenance planning in hydroelectric power plants. Eksploatacja i Niezawodnosc–Maintenance and Reliability, 22(3), 400-418, 2020. <http://dx.doi.org/10.17531/ein.2020.3.3>.
- [25] S. E. Cömert ve F. Yener, Bir gıda firması için bulanık analitik hiyerarşi prosesi ile depo yeri seçimi. Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 2 (2), 161-177, 2017.
- [26] M. Sağnak, Depo yeri seçimi: perakende sektöründe melez çok kriterli karar verme uygulaması. Journal of Yaşar University, 15 (59), 615-623, 2020. <https://doi.org/10.19168/jyasar.689277>

- [27] UNECE, European Agreement Concerning The International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR). Geneva, 1968.
- [28] T. Can, M. Çilingirtürk ve H. Koçak, Dışbükey programlama ile lojistik merkezi tespiti. Yönetim Dergisi, 17 (54), 17-25, 2006.
- [29] M. Önsüz ve B. Atalay, Afet lojistiği. Osmangazi Tıp Dergisi, 37 (3), 1-6, 2015.
- [30] F. Urfaloğlu ve T. Genç, Çok kriterli karar verme teknikleri ile Türkiye'nin ekonomik performansının Avrupa Birliği üye ülkeleri ile karşılaştırılması. Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 35 (2), 329-360, 2013.
- [31] T. L. Saaty, How to make a decision: the analytic hierarchy process. European Journal of Operational Research, 48 (1), 9-26, 1990. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-1](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-1)
- [32] T. Schoenherr, V. M. R. Tummala and T. P Harrison, Assessing supply chain risks with the analytic hierarchy process: providing decision support for the offshoring decision by a US manufacturing company. Journal of Purchasing and Supply Management, 14 (2), 100-111, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2008.01.008>
- [33] M. Dağdeviren ve T. Eren, Tedarikçi firma seçiminde analitik hiyerarşi prosesi ve 0-1 hedef programlama yöntemlerinin kullanılması. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 16 (1), 41-52, 2001. <https://doi.org/10.17341/gummfd.36633>
- [34] F. Y. Partovi, An analytic model for locating facilities strategically. Omega, 34 (1), 41-55, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2004.07.018>
- [35] E. Danışman, Tehlikeli madde lojistiğinde risk faktörlerinin değerlendirilerek depo yerinin seçimi. Yüksek Lisans Tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Türkiye, 2019.
- [36] Ö. Eroğlu, Ö. Bali ve C. Gencer, Delphi tekniğine bulanık ahp ile tehlikeli madde depo yeri seçimi için gerekli niteliklerin belirlenmesi. III. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, Trabzon, Türkiye, 15-1 Mayıs 2014.
- [37] Ş. Emeç and Akkaya, G., Stochastic AHP and fuzzy VIKOR approach for warehouse location selection problem. Journal of Enterprise Information Management, 31(6), 950-962, 2018. <https://doi.org/10.1108/ JEIM-12-2016-0195>

