



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



Pandemi sürecinde sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi için ilaç deposu ve aşı dağıtım merkezi yeri seçimi

Selection of medicine warehouse and vaccine distribution center for sustainable supply chain management in the pandemic process

Yazar(lar) (Author(s)): Nursena ORAL¹, Selma YAPICI², Rabia YUMUŞAK³, Tamer EREN⁴

ORCID¹: 0000-0002-9517-5086

ORCID²: 0000-0002-5172-6739

ORCID³: 0000-0002-0257-939X

ORCID⁴: 0000-0001-5282-3138

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Oral N., Yapıcı S., Yumuşak R. ve Eren T., “Pandemi sürecinde sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi için ilaç deposu ve aşı dağıtım merkezi yeri seçimi”, *Politeknik Dergisi*, 25(4): 1397-1409, (2022).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.884835

Pandemi Sürecinde Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi için İlaç Deposu ve Aşı Dağıtım Merkezi Yeri Seçimi

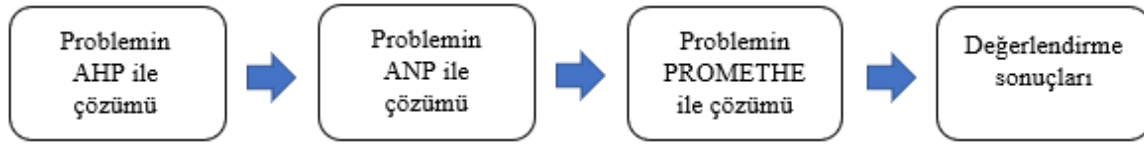
Selection of Medicine Warehouse and Vaccine Distribution Center for Sustainable Supply Chain Management in the Pandemic Process

Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ COVID-19 virüsünün yayılması ile tıbbi madde kaynaklarına ulaşımın kolayca sağlanması. / With the spread of the COVID-19 virus, providing easy access to medical supplies.
- ❖ İlaç ve aşı endüstrisi için mevcut talebin karşılanması. / Meeting existing demand for the medicine and vaccine industry.
- ❖ Stratejik konumu itibari ile Kırıkkale ilinde depo yeri seçilmesi. / Choosing a warehouse location in Kırıkkale province due to its strategic location.

Grafik Özet (Graphical Abstract)

Seçilen 4 farklı alternatif üzerinden ilaç deposu ve aşı dağıtım merkezi için ulaşım olanağı, arazi maliyeti, altyapı, doğal afet riski, nüfus, sağlık kuruluşu mevcudiyeti ve güvenlik kriterleri ile en uygun arazi yeri seçimi yapılmıştır. Problemin çözüm aşamaları Çizelge A'da yer almaktadır.



Çizelge A. Problemin çözüm aşamaları / Figure A. Solution stages of the problem

Amaç (Aim)

Pandemi sürecinde sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi için ilaç deposu ve aşı dağıtım merkezi bölgelerin karşılaştırılması ve seçilmesi. / Comparison and selection of medicine warehouse and vaccine distribution center regions for sustainable supply chain management during the pandemic process.

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Çözüm aşamasında AHP, ANP ve PROMETHEE yöntemleri kullanılmıştır. / AHP, ANP and PROMETHEE methods were used in the solution phase.

Özgünlük (Originality)

Bu çalışma ile ilaç deposu ve aşı dağıtım merkezi yeri seçimi problemi için AHP, ANP ve PROMETHEE yöntemleri çözüm karşılaştırması ilk defa yapılmıştır. / In this study was the first time in the literature solution comparison of AHP, ANP and PROMETHEE methods for the problem of choosing medicine warehouse and vaccine distribution center location.

Bulgular (Findings)

İlaç deposu ve aşı dağıtım merkezi için en uygun bölgenin belirlenmesinde en önemli kriter dağıtım olanaklarıdır. / The most important criterion in determining the most suitable region for medicine warehouse and vaccine distribution center is distribution facilities.

Sonuç (Conclusion)

Yapılan çözüm sonucunda ilaç deposu ve aşı dağıtım merkezi depo yeri seçimi için en uygun bölge, AHP ve ANP yönteminde A3 bölgesi, PROMETHEE yönteminde ise A4 bölgesi olarak belirlenmiştir. / As a result of the solution, the most important criterion in determining the most suitable region for medicine warehouse and vaccine distribution centers warehouse location was determined as A3 region in AHP and ANP method, A4 region in PROMETHEE method.

Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author(s) of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

Pandemi Sürecinde Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi için İlaç Deposu ve Aşı Dağıtım Merkezi Yeri Seçimi

Araştırma Makalesi / Research Article

Nursena ORAL¹, Selma YAPICI¹, Rabia YUMUŞAK², Tamer EREN^{1*}

¹Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Türkiye

²Kapadokya Üniversitesi, Kapadokya Meslek Yüksekokulu, Bilişim Güvenliği Teknolojisi, Türkiye

(Geliş/Received : 22.02.2021; Kabul/Accepted : 29.03.2021 ; Erken Görünüm/Early View : 31.03.2021)

ÖZ

Geçmişten günümüze kadar olan süreçte çeşitlenen sağlık problemlerinin etkisiyle tıbbi malzeme ve ilaç endüstrisine talep gittikçe artmaktadır. Talebin yanı sıra tüm Dünya'yı etkisi altına alan COVID-19 virüsünün yayılması tıbbi madde kaynaklarına kolayca ulaşmayı zorunlu hale getirmiştir. Zamanla yarışılan bu dönemde yapılan aşı çalışmalarının sonuç vermesiyle birlikte kaynağın tüketicilere sunulması kritik bir problem olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple yapılan çalışmada sağlık ürünlerini kapsayan ilaç deposu ve aşı dağıtım merkezi için yer seçimi problemi ele alınmıştır. İlaç ve aşı endüstrisine hizmet edecek depo kuruluşu için çok kriterli karar verme yöntemlerinden (ÇKKV) AHP (Analytic Hierarchy Process), ANP (Analytic Network Process) ve PROMETHEE yöntemleri kullanılarak en uygun depo yeri seçiminin yapılması hedeflenmiştir. Ele alınan problemde 5 alternatif senaryo çözümü birbiri ile karşılaştırılmıştır. Stratejik konumu itibari ile Kırıkkale ilindeki 4 alternatif bölge değerlendirilmiş olup 3 ana kriter ve 7 alt kriter dikkate alınarak çözümler gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma ile ilaç deposu ve aşı dağıtım merkezi yeri seçimi problemi için AHP, ANP ve PROMETHEE yöntemleri çözüm karşılaştırması ilk defa yapılmış olup literatüre katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: COVID-19, ilaç deposu ve aşı dağıtım merkezi için yer seçimi, AHP, ANP, PROMETHEE.

Selection of Medicine Warehouse and Vaccine Distribution Center for Sustainable Supply Chain Management in the Pandemic Process

ABSTRACT

Demand for the medical equipment and pharmaceutical industry is gradually increasing with the effect of health problems that have diversified in the process from past to present. In addition to this demand, the spread of the COVID-19 virus, which has affected the whole world, has made it necessary to easily access medical supplies. With the results of the vaccine studies conducted in this period, which competes with time, the supply of the resource to the consumers emerges as a critical problem. For this reason, the problem of choosing the place for the medicine warehouse and vaccine distribution center, which includes health products, was discussed in the study. For the warehouse organization that will serve the pharmaceutical and vaccine industry, it is aimed to select the most suitable warehouse location by using multi criteria decision making methods (MCDM), AHP (Analytic Hierarchy Process), ANP (Analytic Network Process) and PROMETHEE methods. In the problem under consideration, 5 alternative scenario solutions have been compared with each other. 4 alternative regions in Kırıkkale province were evaluated in terms of its strategic location, and solutions were realized by taking 3 main criteria and 7 sub criteria into consideration. With this study, solution comparison of AHP, ANP and PROMETHEE methods was made for the first time for the problem of choosing medicine warehouse and vaccine distribution center location and contributes to the literature.

Keywords: COVID-19, medicine warehouse and vaccine distribution center location, AHP, ANP, PROMETHEE.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İlaç en genel tanımı ile hastalıkların tedavisinde kullanılan veya organizmaların bir fonksiyonunun düzeltilmesine yardımcı, yüksek katma değere sahip ve bilgiye dayalı ileri teknoloji ürünleridir [1]. Teknik olarak aşı ise ilaç kategorisinde yer alan bir üründür. Aşının ilaçtan farkı tedavi edici değil, koruyucu olmasıdır.

Günümüzde sağlık kurumlarına hizmet veren işletmelerin devamlılığını sağlayabilmeleri için tedarik zinciri yönetimini doğru yapmaları gerekmektedir. Tedarik ağının aksamaması için lojistik faaliyetler oldukça önemlidir. İlaç endüstrisi büyük miktarlarda çok çeşitli malzemenin, çok hızlı bir akış içinde iletilmesini sağlayan bir lojistik ağı kullanmaktadır [2]. Bu ağ içerisinde depolar kritik noktalardır. Depo yeri seçimi problemi ise etkin ve verimli bir tedarik zinciri için oldukça temel bir karar verme problemidir. Sağlık

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : tamereren@gmail.com

kurumlarına hizmet veren işletmelerin depo yeri seçimi kararı verirken işlerin bugünkü ve gelecekteki durumunu göz önüne almaları gerekmektedir [3].

Tüm Dünyanın içerisinde bulunduğu pandemi sürecinin ciddiyeti, aşı geliştirme çalışmalarının hızlandırılmasını zorunlu bir hale getirmiştir. Bu bağlamda DSÖ (Dünya Sağlık Örgütü) her ülkenin COVID-19 aşıları için bir Ulusal Dağıtım ve Giriş Planı geliştirmesi gerektiğini belirtmiştir. Ülkelerin COVID-19 aşısına yaklaşımının tüm unsurlarını kapsamlı bir şekilde tanımlayan koordineli bir plana sahip olmasının önemine vurgu yapılarak, bu planın geliştirilmesine ilişkin rehberlik DSÖ'den alınabilmektedir [4].

İlaç ve aşı sektörü, mevcut pandemi sürecinde üretim hacmi ve ticaret kapasitesiyle ekonominin kritik sektörlerinden biri haline gelmiştir. Bunun en önemli sebeplerinden biri ilacın ikame edilemez olmasıdır. Dünyayı etkisi altında almış COVID-19 sebebiyle insan yaşamının bağlı olduğu medikal teknoloji endüstrisinde üretilen ilaç ve aşılar ulaşılabiliğinin kolay ve zamanında olması esastır. Bu probleme istinaden mevcut talebin daha hızlı karşılanabilmesi adına yeni bir ilaç deposu ve aşı dağıtım merkezi kurulmasının gerekli olduğu düşünülmüştür.

Ülke genelinde gerek duyulan malzeme talebini hızlı bir şekilde karşılayabilmek için ilgili kurum ve kuruluşların seferber oldukları bu dönemde büyük şehirlere yakınlığı ve ulaşım hatları sebebi ile stratejik açıdan önemli bir konuma sahip Kırıkkale ilinde ilaç deposu ve aşı dağıtım merkezi yeri seçimi yapılması kararlaştırılmıştır. İlaç deposu ve aşı dağıtım merkezi yeri seçimi probleminde alternatif arazilerin hangi ilde seçilmesi gerektiği kararı verilirken karayolu, havayolu ve demiryolu olanaklarına dikkat edilmiştir. Kırıkkale'nin karayolu ağı incelendiğinde; Ankara'ya 76 km, Ankara çevreyolu bağlantısına ise 60 km uzaklıktadır. Havayolu ulaşımı bakımından başkentte bulunan Esenboğa Havalimanı'na 90 km mesafededir. Demiryolu ulaşımı bakımından ise iki ana demiryolu hat güzergâhına ve 4 istasyona sahip Kırıkkale'nin il sınırları içindeki demiryolu ağı uzunluğu 97 km'dir. Yolcu trenleri ile 16 gidiş ve 16 gelişli yük trenleri her gün çalışmaktadır [5]. Bahsedilen olanaklar göz önüne alındığında, ülke genelinde gerek duyulan malzeme talebini karşılayabilmek adına ilgili kurum ve kuruluşların seferber oldukları bu dönemde büyük şehirlere yakınlığı ve ulaşım hatları sebebi ile stratejik açıdan önemli bir konuma sahip Kırıkkale ilinde ilaç deposu ve aşı dağıtım merkezi yeri seçimi yapılması kararlaştırılmıştır. Karar verici Kırıkkale ilinde belirlenmiş olan alternatif bölgeleri birçok kriter ile değerlendirerek en uygun arazi yerini belirlemek zorundadır. Problem çözümünde; üstünlüklerin belirlenmesi ve sistematik olarak karşılaştırmaların yapılarak değerlendirme özelliği ile AHP yöntemi [6], karar kriterleri arasındaki ilişkileri göz önüne alan ve tek bir yöne bağlı kalarak modelleme zorunluluğunu ortadan kaldıran ANP yöntemi ve son olarak karar verme konusunda oldukça etkin sonuçlar vermekle beraber kullanımının kolay olmasıyla ikili karşılaştırmalarda her

bir değerlendirme ölçütü için farklı fonksiyon tiplerinin kullanılabilmesi özelliklerine sahip PROMETHEE yönteminin kullanılması uygun görülmüştür [7].

Çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın ikinci bölümünde konu hakkında yapılan literatür taramasına yer verilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde kullanılan materyal ve metotlar anlatılarak ÇKKV yöntemlerinden olan AHP, ANP ve PROMETHEE yönteminden bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde ilaç deposu ve aşı dağıtım merkezi yeri seçim problemi ele alınarak Kırıkkale ilinde beş farklı senaryo üzerinden örnek bir uygulama yapılmış ve uygulama adımları anlatılmıştır. Son bölümde ise çalışmanın sonuçları karşılaştırılarak gelecekte yapılabilecek diğer çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

2. LİTERATÜR TARAMASI (LITERATURE SURVEY)

Çalışmanın bu bölümünde tesis yeri seçimi kapsamında depo yeri seçimi konusunda yapılmış çalışmalara yer verilmektedir. İncelenen çalışmalarda kullanılan yöntemlere, uygulama alanlarına ve çalışma sonucunda elde edilen kazanımlara değinilmiştir. Literatür incelendiğinde depo yeri seçimi konusunda yapılmış çalışmalarda ÇKKV yöntemleri kullanılarak çözüme ulaşıldığı görülmüştür. Hong ve Xiaohua [8] çalışmalarında çok amaçlı acil durum lojistik merkez kuruluş yeri seçim problemini ele almışlardır. Bu problemi ekonomik, teknik ve çevresel faktörler göz önünde bulundurularak AHP yöntemi ile çözümlenmişlerdir. Özcan vd. [9] perakende sektöründe depo yeri seçimi problemi için TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), AHP, ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality) ve Gri Teori yöntemlerini kullanmıştır ve sonuçları kıyaslayarak değerlendirme yapmışlardır. Eroğlu vd. [10] çalışmalarında tehlikeli madde depo yeri seçimi için gerekli nitelikleri belirlemişler ve bu alanda çalışan firmalarla Delphi Tekniği ile görüşmüşlerdir. İki iterasyonda ana kriterler ve alt kriterleri belirleyerek bulanık AHP yöntemi ile önem derecelerini tespit etmişlerdir. En önemli ana kriterin politik ve hukuki faktörler, en önemli alt kriterin ise ADR'ye uygunluk olduğu sonucuna varmışlardır. Aktepe ve Ersöz [11] çalışmalarında büyük ölçekli bir döküm fabrikasındaki lojistik maliyetlerini en aza indirmek ve dağıtım ağı verimliliğine katkı sağlamak amacıyla AHP, VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) ve MOORA (Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis) yöntemlerini kullanarak depo yeri seçim modeli tasarlamışlardır. 6 ana kriter ve 5 alt kriter belirlemiş, 11 alternatif il arasından Samsun, Ankara ve Amasya illerinde ürün deposu kurulması gerektiği sonucuna varmışlardır. Özbek ve Erol [12] yaptıkları çalışmada ÇKKV yöntemlerinden AHP, SAW (Simple Additive Weighting), COPRAS (Complex Proportional Assessment) ve MOORA yöntemlerinin kullanıldığı bütünleşik bir model önerisi ile depo yeri

seçimi problemini ele almışlardır. Kriter ağırlıkları AHP yöntemi ile belirlenmiş ve SAW, COPRAS ve MOORA yöntemleri ile alternatifler sıralanmıştır. Gül ve Eren [13] yaptıkları çalışmada kamu sektöründe depo yeri seçim sürecine yönelik AHP yöntemini ve bir hedef programlama (HP) modelini birleştirerek çok kriterli bir optimizasyonu yaklaşımı geliştirmişlerdir. Alternatif ağırlıklarının hesaplanabilmesi için yedi farklı kriter belirlemişler ve AHP yöntemi ile alternatiflerin kendi içindeki öncelik sıralarını hesaplamışlardır. Cömert ve Yener [14] Sakarya ilinde üretim yapan bir gıda firması için bulanık AHP yöntemi kullanarak depo yeri seçimi yapmışlardır. Çalışmada 4 ana kriter, 8 alt kriter ve 3 alternatif ele almışlardır. Ofloğlu vd. [15] Trabzon'da afet lojistiğinde en uygun depo yerini belirlemek amacıyla çok kriterli karar verme modeli tasarlamışlardır. Bu modelde Entropi Tekniği yardımıyla kriter ağırlıklarını hesaplamışlar ve alternatif depo yerlerini ÇKKV yöntemlerinden olan TOPSIS, SAW ve VIKOR kullanarak sıralamışlardır. Emeç ve Akkaya [16] çalışmalarında Türkiye'nin birçok bölgesinde satıcıları bulunan bir süpermarket için en uygun depo yeri seçimini yapmayı amaçlamışlardır. Belirsiz koşullar içeren stokastik ortamdaki depo yeri sorununu çözebilmek adına Stokastik AHP ve Bulanık VIKOR yöntemlerini kullanarak hesaplamalarını yapmışlardır. Yavuz [17] yaptığı çalışmada depo yeri seçimi problemi için özellikle ÇKKV yöntemlerinde araştırmacıların kullanmış oldukları değişkenleri esas almıştır. Gri Sistem Teoremi ve VIKOR yöntemi ile organik tavuk üreten bir işletmeye ait Ankara'da kurulması düşünülen depo yeri seçimi için üç alternatif sunmuş ve birim işçilik maliyeti, birim stok bulundurma maliyeti, depo kapasitesi, ortalama mağazalara uzaklık, ortalama üretim merkezine uzaklık olmak üzere yedi kriter ile değerlendirilerek sonuca ulaşmıştır. Turgut ve Şahin [18] çalışmalarında AHP yöntemini kullanarak Mersin ilinde yaş meyve ve

sebzeler için depo yeri seçimi yapmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre kriterler arasından depo yeri seçimini etkileyen en önemli kriter maliyet olup depo için en uygun kuruluş yeri Tarsus ilçesi olarak belirlenmiştir. Sağnak [19] perakende sektöründe faaliyet gösteren bir kuruluş için bulanık AHP ve bulanık İnteraktif ve Çok Kriterli Karar Verme (TODIM) yöntemlerinin entegre edildiği bir çalışma gerçekleştirmiştir. İzmir'de belirlenen dört alternatif bölge 14 kriter ile değerlendirilmiş olup en önemli faktör taşıma maliyeti, en uygun alternatif ise Torbalı olarak belirlenmiştir. Ergün vd. [20] sürdürülebilir afet lojistiğine yönelik Giresun'da en uygun afet depo yeri seçimi için alternatifleri değerlendirmiş ve en uygun depo yerini seçmişlerdir. ÇKKV yöntemlerinden AHP yöntemi ile kriterleri ağırlıklandırmış, AHP temelli MAUT (Multi Attribute Utility Theaory) ve SAW yöntemleriyle uygun afet depo yeri seçimi yapmışlardır. Arslan [2] yaptığı çalışmada ilaç endüstrisinde ecza depolarının önemine vurgu yaparak ecza depo yeri seçimi yapmıştır. Çalışmasında 5 kriter ve 3 alternatif bölge belirleyerek AHP yöntemiyle en uygun depo alanını seçmiştir. Kış vd. [21] elektrik dağıtımını yapan bir şirket için depo yeri seçimi gerçekleştirmişlerdir. Çevresel ve firma olmak üzere iki gruba ayrılan kriterler Modifiye Edilmiş Kemeny Medyan Gösterge Sıralaması Uygunluk Yaklaşımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Yapıcı vd. [22] sağlık ürünlerinin muhafaza edildiği medikal bir depo için yer seçimi yapmışlardır. Bu problemi ÇKKV yöntemlerinden AHP ve ANP yöntemlerini kullanarak çözümlenmişler ve her iki çözümün sonucunda da 4 alternatif ilçe arasından medikal deponun Kırıkkale'nin Yahşihan ilçesinde kurulması gerektiği sonucuna varmışlardır. Oral vd. [23] yaptıkları çalışmada AHP ve ANP yöntemleri kullanılarak tehlikeli maddeler için en uygun depo yeri seçimi problemini ele almışlardır. Stratejik konumu itibarıyla Kırıkkale'de kurulması

Çizelge 1. Depo yeri seçimi literatürü (Warehouse location selection literature)

Yazarlar	Uygulama alanı	Kullanılan yöntemler
Hong ve Xiaohua [8]	Acil durum lojistik merkez kuruluş yeri seçimi	AHP
Özcan vd. [9]	Perakende sektöründe depo yeri seçimi	AHP, TOPSIS, ELECTRE, Gri Teori
Eroğlu vd. [10]	Tehlikeli madde depo yeri seçimi	Bulanık AHP, Delphi
Aktepe ve Ersöz [11]	Döküm fabrikası depo yeri seçimi	AHP, VIKOR, MOORA
Özbek ve Erol [12]	İşletme için depo yeri seçimi	AHP, SAW, COPRAS ve MOORA
Gül ve Eren [13]	Kamu sektöründe depo yeri seçimi	AHP, Hedef Programlama
Cömert ve Yener [14]	Gıda firması depo yeri seçimi	Bulanık AHP
Ofloğlu vd. [15]	Afet lojistiği depo kuruluş yeri seçimi	SAW, TOPSIS, VIKOR
Emeç ve Akkaya [16]	Süpermarket için en uygun depo yeri seçimi	Stokastik AHP, Bulanık VIKOR
Yavuz [17]	Organik tavuk üreten bir işletme için depo yeri seçimi	Gri Sistem Teorisi, VIKOR
Turgut ve Şahin [18]	Yaş meyve ve sebze depo yeri seçimi	AHP
Sağnak [19]	Perakende sektöründe depo yeri seçimi	Bulanık AHP, Bulanık TODIM
Ergün vd. [20]	Afet depo yeri seçimi	AHP, MAUT, SAW
Arslan [2]	Ecza depo yeri seçimi	AHP
Kış vd. [21]	Elektrik dağıtım şirketinde depo yeri seçimi	KEMIRA-M
Yapıcı vd. [22]	Medikal depo yeri seçimi	AHP, ANP
Oral vd. [23]	Tehlikeli madde depo yeri seçimi	AHP, ANP

istenen depo yeri seçimi problemi için dört alternatif bölge belirlenmiş ve dört ana olmak üzere dokuz alt kriter ile değerlendirilmiştir. Depo yeri seçimi problemine ilişkin literatür Çizelge 1’de verilmiştir. Yapılan literatür taraması sonucunda araştırmacıların depo yeri seçimi probleminin çok amaçlı ve çok kriterli yapısını dikkate alarak ÇKKV yöntemlerine yöneldiği görülmüştür. Çizelge 1’de görüldüğü üzere depo yeri seçiminde ÇKKV yöntemlerinden en çok AHP yönteminin kullanıldığı anlaşılmaktadır. Her bir araştırmacı ele aldığı sistemde belirlenen kriterler ve alternatifler kapsamında en uygun depo yerini seçmeyi amaçlamıştır. Literatürde birçok kriter yer almakla birlikte en önemli kriterin genellikle maliyet olduğu görülmüştür. Depo yeri seçimi ile ilgili yapılan araştırmalar perakende ve gıda sektöründe yoğunlaşmakta olup sağlık sektörünün ele alındığı çalışmaların az olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak çalışmanın literatüre sağladığı katkılar aşağıda verilmiştir.

- Sağlık sektöründe bir depo yeri seçimi literatürde ilk defa pandemi süreci dikkate alınarak yapılmıştır.
- Literatürde ilk defa depo yeri seçimi ile birlikte aşı dağıtım merkezi de belirlenmiştir.
- Depo yeri ve aşı dağıtım merkezi seçiminde literatürde ilk defa AHP-ANP-PROMETHEE yöntem kombinasyonu kullanılmıştır.
- Problem çözümünde beş farklı senaryo ele alınarak modelin analitiklik seviyesi artırılmıştır.

3. METARYEL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

İlaç deposu ve aşı dağıtım merkezi yeri seçimi çok kriterli bir karar problemidir. Depo yeri seçimi çalışmaları incelenmiş ve bu problemin çözümü için AHP, ANP ve PROMETHEE yöntemlerinin kullanılmasına karar verilmiştir. Çalışmanın bu bölümünde AHP, ANP ve PROMETHEE yöntemleri açıklanmıştır. ÇKKV yöntemleri sağlık [24, 25], enerji [26, 27] ve lojistik [28] gibi birçok sektörde bakım planlaması [29], teknoloji seçimi [30], personel seçimi [31] ve strateji seçimi [32] gibi farklı problem tiplerinde geniş uygulama alanına sahiptir.

3.1. AHP Yöntemi (AHP Method)

1977 yılında Saaty [33] tarafından geliştirilen AHP yöntemi, karar verme aşamasında göreceli ağırlıklara göre ikili karşılaştırma matrisleri yardımıyla alternatifleri sıralayarak karar vericiye kolaylık sağlayan bir yöntemdir [34]. AHP yöntemine ait uygulama adımları aşağıda verilmiştir.

Adım 1: Hiyerarşik yapının oluşturulması.

AHP yönteminde ilk adım belirlenen problem için karar hiyerarşisinin oluşturulmasıdır.

Adım 2: Kriterlerin karşılaştırılması.

Adım 1’de oluşturulan hiyerarşik yapıya göre kriterler için alternatiflerin birbiriyle karşılaştırılması ve her bir kriterin kendi arasında ikili karşılaştırılması sonucunda karar matrisleri oluşturulmaktadır. Karar matrisleri

Çizelge 2. Saaty önem skalası (Saaty importance scale)

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Eşit önemli
3	Kısmen önemli
5	Çok önemli
7	Aşırı derece önemli
9	Kesinlikle önemli
2, 4, 6, 8	Ara değerler

oluşturulurken Çizelge 2’de verilen ve Saaty [21] tarafından belirlenen önem skalası kullanılır.

Adım 3: Normalize matrislerin ve göreceli önem ağırlıklarının elde edilmesi.

Her kriter için normalleştirme işlemi (1) kullanılarak, her kriter için önem ağırlıkları (2) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

$$w_i = \frac{\sum_{i=1}^n b_{ij}}{n} \quad (2)$$

Adım 4: Karşılaştırma matrisleri için tutarlılık oranlarının hesaplanması ve kontrol edilmesi.

Tutarlılık indeksi (CI) ve karşılaştırmaların tutarlı olup olmadığının belirlenmesi için tutarlılık oranı (CR) bulunur. CI, CR hesaplamaları için kullanılan formüller (3) ve (4)’te verilmiştir;

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} \quad (3)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4)$$

CR değerinin 0,1’den küçük bulunduğu durumlarda karşılaştırmalar tutarlı kabul edilir. RI değerleri Çizelge 3’te verilmiştir [35].

Adım 5: En iyi alternatifin belirlenmesi ve seçimi.

AHP yöntemi sonucunda en yüksek önem ağırlığına sahip olan alternatif, seçilmesi gereken en iyi alternatiftir [35].

3.2. ANP Yöntemi (ANP Method)

Saaty [36] tarafından 1996’da ortaya atılan ANP yöntemi, karmaşık karar verme problemlerine gerçekçi bir çözüm olanağı sunmaktadır. ANP yöntemi, kriter ve alternatifler arasındaki geri besleme ile kümeler arasındaki ve küme içi bağımlılığı hesaba katarak çözüm sonucuna ulaşılan bir yöntemdir [36]. ANP yönteminin uygulama adımları aşağıda verilmiştir.

Adım 1: Problemin tanımlanması ve ağ yapısının oluşturulması.

Ele alınan karar problemi tanımlanarak hedef, alt kriterler, ana kriterler ve alternatifler belirlenmektedir.

Adım 2: Kriterlerin birbirleri ile olan ilişkilerin belirlenmesi.

Kriterlerin birbirleri arasındaki içsel, dışsal bağımlılıkları ve geri bildirimler ilişkilendirilmektedir [37].

Çizelge 3. RI değerleri (RI values)

n	1 ve 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0,58	0,9	1,12	1,2	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Adım 3: Kriterler arası ikili karşılaştırmaların yapılması. Kriterler arası ikili karşılaştırmalar, bir kriterin diğer bir kriterine göre önemini belirlemek adına yapılmaktadır.

Adım 4: Matrislerin özvektörlerinin hesaplanması ve tutarlılık analizi.

Her bir kriter için tutarlılık indeksi (CI) ve tutarlılık oranı (CR) hesaplanmaktadır. RI ve CR için AHP yöntemi anlatımında verilen Eş. 3 ve Eş. 4 kullanılmaktadır. CR değerinin 0,10'dan küçük olması beklenir. Bulunan değer 0,10'dan büyük ise karşılaştırmalarda tutarsızlık olduğu anlaşılır. Bu durumda kriterler arası ilişkiler ve karşılaştırmalar gözden geçirilmelidir.

Adım 5: Süper matrislerin oluşturulması.

Ana kriterler, alt kriterler ve alternatifler arasındaki tüm etkileşimler ve karşılaştırmalar göz önüne alınarak süper matrisler (ağırlıklandırılmamış, ağırlıklandırılmış ve limit) oluşturulmaktadır.

Adım 6: Kriter önem dereceleri belirlenerek en iyi alternatifin seçilmesi.

ANP yönteminden elde edilen limit süper matrisi sonuçlarına göre en yüksek önem ağırlığına sahip kriter ve alternatif en iyi olarak seçilmektedir.

3.3. PROMETHEE Yöntemi (PROMETHEE Method) Jean-Pierre Brans tarafından 1982 yılında geliştirilen PROMETHEE yöntemi, kriterlere göre alternatifleri sıralamak ve seçmek amacıyla üstünlük ilkesine dayanan bir yöntemdir. Her bir kriter için ayrı bir tercih fonksiyonu tanımlanır ve her kriter için ayrı bir değerlendirme gerçekleştirilir [38]. PROMETHEE yönteminin uygulama adımları aşağıda verilmiştir.

Adım 1: Veri matrisinin oluşturulması.

Alternatifler, kriterler ve bunlara ilişkin ağırlıklar için problemin çözümünde kullanılan veri matrisi oluşturulmaktadır.

Adım 2: Kriterler için tercih fonksiyonların tanımlanması.

6 farklı tercih fonksiyonu arasından kriterlerin yapısına göre en uygun fonksiyon tipi seçilmektedir. Fonksiyon tipleri Çizelge 4'te verilmiştir [39]

PROMETHEE çözümünü yaparken; fiyat, maliyet, güç gibi nicel veriler için 3. ve 5. tip tercih fonksiyonu, nitel kararlar için 2. ve 4. tip tercih fonksiyonu, evet hayır kararlarında ise 1.tip tercih fonksiyonunu kullanmak daha uygundur.

Adım 3: Ortak tercih fonksiyonlarının belirlenmesi.

x ve y alternatiflerinin tercih indeksi w_j ($j=1,2,...k$) ağırlıklarına sahip k kriterini hesaplamak için kullanılan formül (5)'te verilmiştir.

$$P(x, y) = \begin{cases} 0, & f(x) \leq f(y) \\ p[f(x) - f(y)], & f(x) > f(y) \end{cases} \quad (5)$$

Adım 4: Tercih indekslerinin belirlenmesi.

Her alternatif çifti için tercih indeksleri belirlenmektedir. Tercih indeksi (6) ile hesaplanmaktadır.

$$\pi(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^k w_i * P_i(x, y)}{\sum_{i=1}^k w_i} \quad (6)$$

Çizelge 4. Tercih fonksiyonları (Preferences functions)

Tercih Fonksiyonu Tipi	Fonksiyon Tanımı	Parametre
Birinci Tip (Olağan)	$P(d) = \begin{cases} 0, & \forall x \leq 0 \\ 1, & \forall x \geq 0 \end{cases}$	-
İkinci Tip (U Tipi)	$P(d) = \begin{cases} 0, & x \leq 1 \\ 1, & x \geq 1 \end{cases}$	1
Üçüncü Tip (V Tipi)	$P(d) = \begin{cases} \frac{x}{m}, & x \leq m \\ 1, & x \geq m \end{cases}$	m
Dördüncü Tip (Seviyeli)	$P(d) = \begin{cases} 0, & x \leq q \\ \frac{1}{2}, & q < x \leq q + p \\ 1, & x > q + p \end{cases}$	q, p
Beşinci Tip (Lineer)	$P(d) = \begin{cases} 0, & x \leq s \\ \frac{(x-s)}{r}, & s < x \leq s + r \\ 1, & x > s + r \end{cases}$	s, r
Altıncı Tip (Gaussian)	$P(d) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}, & x > 0 \end{cases}$	σ

Adım 5: Alternatifler için negatif Φ^- ve pozitif Φ^+ üstünlükler belirlenmesi.

x alternatifi için pozitif ve negatif üstünlük (7) ve (8)'deki formüller ile hesaplanmaktadır.

$$\Phi^+(x) = \frac{1}{n-1} \sum \pi(x, y) \quad (7)$$

$$\Phi^-(x) = \frac{1}{n-1} \sum \pi(y, x) \quad (8)$$

Adım 6: En iyi alternatifin belirlenmesi ve seçimi.

Kısmi önceliklerin belirlenmesi için gereken durumlar aşağıda verilmiştir:

1.Durum: Eş.9, Eş.10 ve Eş.11'de verilen koşullardan herhangi biri sağlanıyorsa x alternatifi y alternatifine tercih edilir.

$$\Phi^+(x) > \Phi^+(y) \text{ ve } \Phi^-(x) < \Phi^-(y) \quad (9)$$

$$\Phi^+(x) > \Phi^+(y) \text{ ve } \Phi^-(x) = \Phi^-(y) \quad (10)$$

$$\Phi^+(x) = \Phi^+(y) \text{ ve } \Phi^-(x) < \Phi^-(y) \quad (11)$$

2.Durum: Eş. 12' de verilen koşul sağlanıyorsa x alternatifi ile y alternatifi aynıdır.

$$\Phi^+(x) = \Phi^+(y) \text{ ve } \Phi^-(x) = \Phi^-(y) \quad (12)$$

3.Durum: Aşağıda Eş. 13 ve Eş. 14'te verilen koşullardan herhangi biri sağlanıyorsa x alternatifi y alternatifi ile karşılaştırılmaz.

$$\Phi^+(x) > \Phi^+(y) \text{ ve } \Phi^-(x) > \Phi^-(y) \quad (13)$$

$$\Phi^+(x) < \Phi^+(y) \text{ ve } \Phi^-(x) < \Phi^-(y) \quad (14)$$

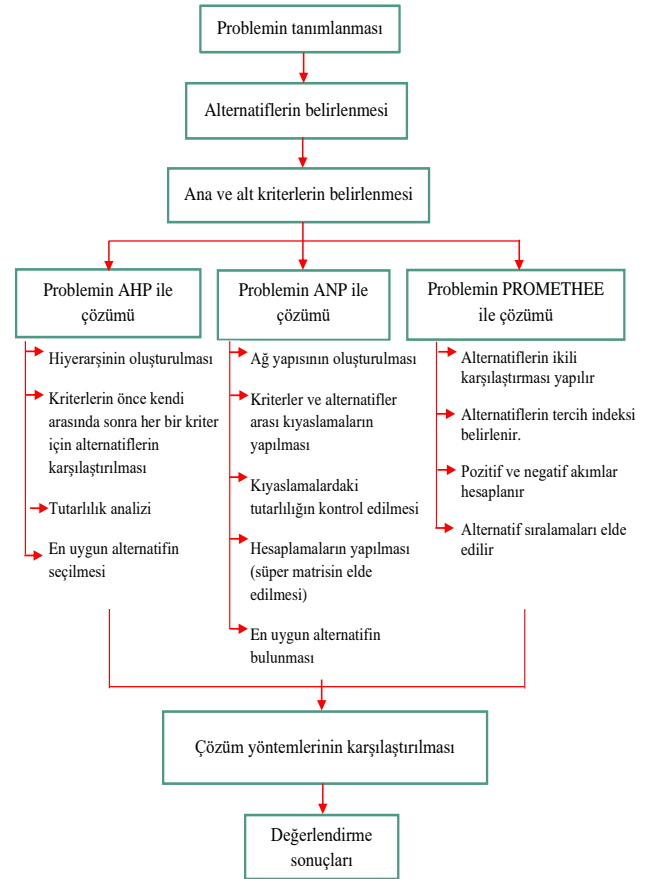
Adım 7. PROMETHEE II ile alternatifler için tam önceliklerin belirlenmesi:

PROMETHEE II' de Eş. 15'te verilen formül yardımıyla alternatiflerin tam öncelikleri belirlenir. Hesaplanan alternatiflerin tam öncelik değerleri kullanılarak alternatifler aynı düzlemde değerlendirilerek genel sıralama belirlenir [30].

$$\Phi(x) = \Phi^+(x) - \Phi^-(x) \quad (15)$$

4. UYGULAMA (CASE STUDY)

Kırıkkale ilinde gerçekleştirilecek uygulama için problem adımları belirlenmiş alternatif ve kriterler eklenmiştir. Problem çözümü AHP, ANP ve PROMETHEE yöntemleri kullanılarak 5 ayrı senaryoda incelenmiştir. Her bir senaryodan elde edilen sonuç Çizelgeleri verilerek veriler birbiriyle karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmada kullanılan yöntemlerin adımlarının özetlendiği bir akış şeması oluşturularak Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Problem akış şeması (Problem flow chart)

4.1. Problemin Tanımlanması (Defining the Problem)

Tüm Dünya'yı etkisi altına alan COVID-19 virüsünün yayılması tıbbi madde kaynaklarına kolayca ulaşmayı zorunlu hale getirmiştir. Aşı çalışmalarının sonuç vermeye başlamasıyla birlikte kaynağın tüketicilere hızlı ulaştırılabilmesi adına yapılan bu çalışmada, sağlık ürünlerini kapsayan ilaç deposu ve aşı dağıtım merkezi için yer seçimi problemi ele alınmıştır.

4.2. Alternatifler (Alternatives)

Gelişmekte olan ve stratejik konum olanaklarına bakıldığında 43 ilin geçiş noktasında bulunan Kırıkkale, ilaç deposu ve aşı dağıtım merkezi yeri seçimi için alternatifler arasında Türkiye'nin en avantajlı illerinden biridir. Bu bağlamda yer seçiminin Kırıkkale ilinde gerçekleştirilmesi gerektiği düşünülmüştür. Literatürde depo yeri seçimi problemi incelendiğinde öncelikle saha araştırması yapıldığı görülmüştür [22, 23]. Bu sebepten dolayı Kırıkkale ilindeki probleme uygun arsalar seçilerek alternatifler belirlenmiştir. Kırıkkale'de bulunan mevcut satılık arazi ilanları incelenerek 8 ilçe ve merkez arasından ilaç deposu ve aşı dağıtım merkezi için en çok olanağa sahip 4 adet arazi belirlenmiştir. Alternatif olarak seçilen 4 arazi Şekil 2'de verilmiştir.



A. Birinci bölge alternatifi (A1) (First zone alternative (A1))



B. İkinci bölge alternatifi (A2) (Second zone alternative (A2))



C. Üçüncü bölge alternatifi (A3) (Third zone alternative (A3))



D. Dördüncü bölge alternatifi (A4) (Fourth zone alternative (A4))

Şekil 2. Alternatif arazi bölgeleri

A'da 1. alternatif Yahşihan Erenler Mahallesi'nde yer almaktadır. Yahşihan ilçesinde 2 adet hastane, 21 adet eczane, 1 adet toplum sağlığı merkezi (TSM), 5 adet sağlık ocağı, 1 adet fizik tedavi ve rehabilitasyon merkezi bulunmaktadır. Seçilen arazi Ankara- Kırıkkale yoluna 0,27 km, Yahşihan Polis Merkezi Amirliğine ise 1,33 km uzaklıktadır.

B'de 2. alternatif Delice Fatih Mahallesi'nde yer almaktadır. Delice ilçesinde 1 adet hastane, 1 adet ambulans hizmetleri, 1 adet TSM, 3 adet eczane bulunmaktadır. Seçilen arazi Kırıkkale Çorum Yozgat yoluna 0,1 km, Delice Emniyet Amirliğine ise 7,17 km uzaklıktadır.

C'de 3. alternatif verilen Bahşili Hüseyin Onbaşı Mahallesi'nde yer almaktadır. Bahşili ilçesinde 1 adet TSM, 1 adet sağlık ocağı, 1 adet eczane bulunmaktadır. Seçilen arazi en yakın ulaşım yoluna 0,04 km, Bahşili Polis Merkezi Amirliğine ise 1,31 km uzaklıktadır.

D'de 4. alternatif verilen Merkez Fabrikalar Mahallesi'nde yer almaktadır. Kırıkkale merkezde 10 adet hastane, 15 adet sağlık ocağı, 65 adet eczane, 1 adet ecza deposu, 2 adet tıbbi malzeme deposu, 2 adet ağız ve diş sağlığı merkezi, 2 adet poliklinik, 3 adet ambulans hizmetleri, 1 adet anne ve çocuk sağlığı merkezi, 1 adet bağımlılıkla mücadele merkezi, 4 adet fizik tedavi ve rehabilitasyon merkezi, 1 adet evde bakım hizmetleri birimi, 3 adet diyaliz merkezi, 2 adet tıbbi laboratuvar, 1 adet verem savaş dispanseri bulunmaktadır. Seçilen arazi

Kırıkkale Yozgat Çorum yoluna 0,15 km, Hürriyet Polis Merkezi Amirliğine ise 7,92 km uzaklıktadır.

4.3. Kriterler (Criteria)

Problemde kullanılan kriter ve alt kriterlere ilişkin açıklamalar Çizelge 5'te verilmiştir.

4.4. Problemin Çözümü (Solution of the problem)

Bu çalışmada ilaç deposu ve aşı dağıtım merkezi olarak kullanılacak 4 alternatif bölgenin 7 kriter dikkate alınarak değerlendirilmesi 5 farklı senaryo ile gerçekleştirilmiştir. Senaryo 1'de problem sadece AHP yöntemi kullanılarak çözülmüştür. Senaryo 2'de ise ANP yöntemi ile çözüm aranmıştır. Senaryo 3'te AHP ve PROMETHEE yöntem kombinasyonu kullanılmıştır. Senaryo 4, ANP ve PROMETHEE yöntemlerini ele almaktadır. Son olarak Senaryo 5'te sadece PROMETHEE yöntemi kullanılmıştır. Oluşturulan senaryoların çözümleri karşılaştırılmış olup pandemi sürecinde hayati öneme sahip olan bu probleme çözüm alternatifleri sunulmuştur.

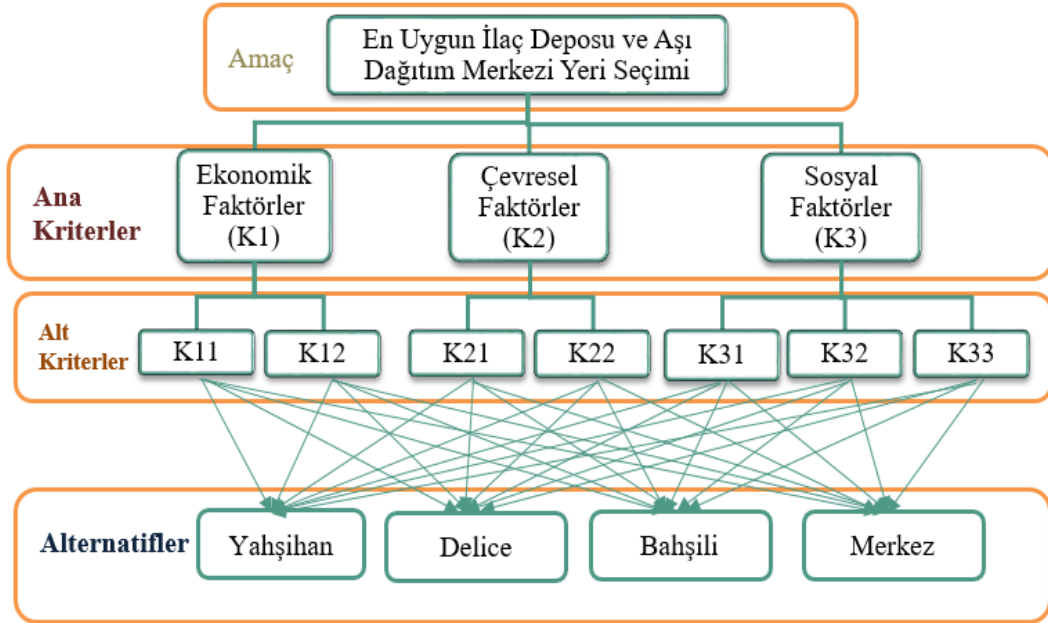
4.4.1. Problemin AHP yöntemi ile çözümü (Solution of the problem with AHP method)

Çalışmanın bu kısmında AHP yöntemi çözüm adımları anlatılmıştır.

Adım 1: AHP yönteminde ilaç deposu ve aşı dağıtım merkezi yeri seçiminde oluşturulan kriterler ve alternatiflerin hiyerarşik yapısı Şekil 3'te gösterilmektedir.

Çizelge 5. Kriter ve alt kriterler (Criteria and sub criteria)

Kriterler Adı ve Kodu	Alt Kriterler	Açıklama	Yazar/Yıl
Ekonomik Faktörler (K1)	Ulaşım Olanakları(K11)	Ana yollara ve yerleşim alanlarına yakınlık.	Gül ve Eren (2017) [13].
	Arazi Maliyeti(K12)	Depo kurulum maliyeti, arsa maliyeti, demirbaş maliyetleri.	Durmuş (2010) [40].
Çevresel Faktörler (K2)	Altyapı (K21)	Elektrik, su, zemin etüdü, yolu açılmış, telefon, doğalgaz mevcudiyeti.	Cömert ve Yener (2017) Yavuz (2018) [14, 17].
	Doğal Afet Riski (K22)	Oluşabilecek doğal afetlere karşı güvenilirliği.	Ergün vd. (2020) [20].
Sosyal Faktörler (K3)	Nüfus(K31)	Pandemi sürecine etki eden nüfus yoğunluğu.	Emeç ve Akkaya (2018) Aydın (2016) [16, 41].
	Sağlık Kuruluşu Mevcudiyeti (K32)	Hastane, sağlık ocağı, eczane ve diyaliz merkezi vb. kuruluşlara yakınlık.	Abdullahi vd. (2014) [42].
	Güvenlik(K33)	Mevcut arazilerin emniyet birimlerine yakınlığı.	Sağnak (2020) Uslu vd. (2017) [43, 44].



Şekil 3. AHP karar hiyerarşisi (AHP decision hierarchy)

Adım 2: Hiyerarşik yapının oluşturulmasından sonra Saaty'in önem skalası Çizelgesi baz alınarak ana kriterler temelinde alternatifler birbiriyle karşılaştırılmıştır.

Adım 3: Karşılaştırma matrisindeki her değer sütun toplamına bölünerek kriterler temelinde alternatiflerin normalize karar matrisi oluşturulmuştur. Normalize karar

matrisindeki her satırın aritmetik ortalaması alınarak özvektör hesaplanmıştır.

Adım 4: Hesaplanan özvektör değerleri ile 2. adımda oluşturulmuş karşılaştırma matrisiyle matris çarpımı yapılarak sütun vektörü elde edilmiştir. Sütun vektörü değerleri özvektör değerlerine bölünerek temel değer elde edilmiştir.

Adım 5: Lamda(λ) değeri için temel değerin maksimum değeri alınmış ve tutarlılık indeksi (CI) hesaplanmıştır. Tutarlılık oranı (CR), tutarlık indeksinin(CI) RI değerine bölünmesiyle elde edilmiş ve bu oranın 0,10'dan küçük olması sebebiyle tutarlı olduğu görülmüştür. Ana kriterlerin ardından aynı adımlar tekrar edilerek alt kriterlerinde önem dereceleri sırasıyla hesaplanarak Çizelge 6 elde edilmiştir.

Çizelge 6. AHP yöntemi ana ve alt kriter ağırlıkları (AHP method main and sub criterion weights)

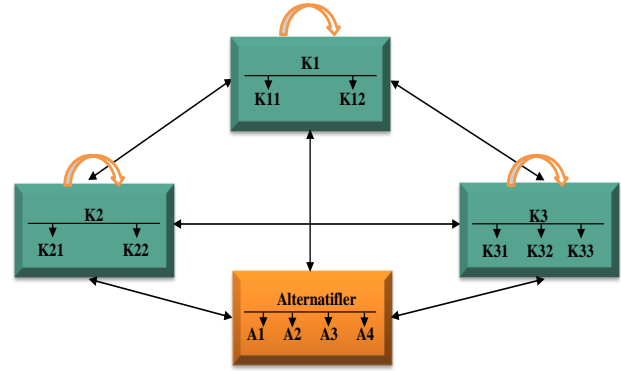
Ana Kriterler	Yerel Ağırlık 1	Alt Kriterler	Yerel Ağırlık 2	Global Ağırlık
K1	0,55	K11	0,75	0,41
		K12	0,25	0,14
K2	0,12	K21	0,67	0,08
		K22	0,33	0,04
K3	0,33	K31	0,17	0,06
		K32	0,55	0,18
		K33	0,28	0,09

Çizelge 6'da yerel ağırlık 1 değerleri ana kriterlerin birbirleri ile karşılaştırılması sonucu elde edilmiştir. Yerel ağırlık 2 değerleri ise alt kriterlerin birbirleri ile karşılaştırılmaları sonucu elde edilmiştir. Çözümde en fazla etkiye sahip kriterin etki oranını ifade eden ağırlığa Global ağırlık denilmektedir. Ana kriterlerin ağırlıkları sırası ile alt kriter ağırlığı ile çarpılarak global ağırlıklar elde edilmiştir. En önemli ana kriter K1 (Ekonomik faktörler), en önemli alt kriter ise K11 (Ulaşım olanağı) olarak belirlenmiştir. Alt kriterler önem derecelerine göre büyükten küçüğe doğru K11, K32, K12, K33, K21, K31, K22 olarak sıralanmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre en uygun alternatif arazi Bahşili'de bulunan A3 arazisi olmuştur. A3 arazisini sırasıyla A4, A2 ve A1 arazileri izlemiştir.

4.4.2. Problemin ANP yöntemi ile çözümü (Solution of the problem with ANP method)

Çalışmanın bu kısmında ANP yöntemi ile yapılan çözüm anlatılmıştır.

Adım 1: ANP yönteminin ilk aşamasında kriterler arasındaki ilişkiler belirlenmiş, tüm kriter ve alternatiflerin birbirine bağlanması sağlanarak ağ yapısı oluşturulmuştur. Oluşturulan ağ yapısı Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. ANP yöntemi ağ yapısı (ANP method network structure)

Adım 2: Bu aşamada ise alt kriterlerin birbirleriyle olan ilişkileriyle ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. **Adım 3:** 2. aşamada oluşturulan karşılaştırma matrislerinden özvektörler elde edilmiştir. Karşılaştırma matrisleri için CR değerleri hesaplanmış ve bu değerlerin 0,10'dan küçük olduğu saptanarak tutarlı oldukları görülmüştür.

Çizelge 7. ANP yöntemi ana ve alt kriter ağırlıkları (ANP method main and sub criterion weights)

Ana Kriterler	Ağırlıklar	Alt Kriterler	Ağırlıklar
K1	0,57	K11	0,36
		K12	0,30
K2	0,16	K21	0,07
		K22	0,04
K3	0,21	K31	0,06
		K32	0,09
		K33	0,08

Çizelge 7'de elde edilen ana ve alt kriter ağırlıkları verilmiştir. Buna göre önemli ana kriter K1 (Ekonomik faktörler), en önemli alt kriter ise K11 (Ulaşım olanakları) olarak belirlenmiştir. Alt kriterler önem derecelerine göre büyükten küçüğe doğru K11, K12, K32, K33, K21, K31, K22 olarak sıralanmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre en uygun alternatif arazi Senaryo 1'de olduğu gibi Bahşili'de bulunan A3 arazisi olmuştur. A3 arazisini sırasıyla A2, A4 ve A1 arazileri izlemiştir.

4.4.3. Problemin PROMETHEE yöntemi ile çözümü (Solution of the problem with PROMETHEE method)

Çalışmanın bu kısmında AHP çözümünden elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak yapılan PROMETHEE çözümü anlatılmıştır. Çözümün ilk aşamasında alternatifler için veri matrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan veri matrisi Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 8. Veri matrisi (Data matrix)

	Ulaşım Olanacağı (K11)	Arazi Maliyeti (K12)	Altyapı (K21)	Doğal Afet Riski (K22)	Nüfus (K31)	Sağlık Kuruluş Mevcudiyeti (K32)	Güvenlik (K33)
1. Alternatif	0,27 km	715 TL/m ²	5	3	31.013	30	1,33 km
2. Alternatif	0,1 km	50TL/ m ²	2	2	9.075	5	7,17 km
3. Alternatif	0,04 km	1.176 TL/m ²	6	1	7.399	3	1,31 km
4. Alternatif	0,15 km	178 TL/m ²	5	1	198.477	104	7,92 km

Ulaşım olanakları kriteri için Google Earth kullanılarak arazi alternatiflerinin ana yollara olan mesafeleri ölçülmüştür. Arazi maliyeti kriteri için verilen veriler sahibinden ve hürriyet emlak sitelerinden yapılan araştırmalar ile elde edilmiştir. Bu veriler alternatif arazilerin birim arazi maliyetlerinden oluşmaktadır. Altyapı kriteri için ise arazi maliyeti alt kriterinde olduğu gibi sahibinden ve hürriyet emlak sitelerinden yapılan araştırmalar sonucunda veriler elde edilmiştir. Arazinin altyapısı elektrik, su, telefon ve doğalgazın mevcudiyeti, zemin etüdünün yapılmış olması, yolunun açılmış olması olmak üzere toplam 6 kriter üzerinden değerlendirilmiş ve her bir kriter 1 puan olacak şekilde arazinin kriterleri taşıma durumuna göre puanlandırılmıştır. Doğal afet riski kriteri için alternatif arazilerin hangi deprem kuşağı bölgesinde olduğu değerlendirilmiştir. 1. Derece deprem kuşağı en riskli bölgeyi ifade ederken 5. derece deprem kuşağı riski az bölgeyi ifade etmektedir. Alternatif bölgeler arasında en risksiz bölge 3, en riskli bölge 1 olarak görülmüştür. Bu bağlamda doğal afet riski alt kriterinin değerlendirme yönü değer arttıkça risk azalacağından maksimum olarak belirlenmiştir. Nüfus kriterinin verileri, alternatif arazilerin buldukları ilçelerin mevcut nüfus sayılarından oluşmaktadır. Sağlık kuruluşu mevcudiyeti kriterinin verileri alternatifler başlığı altında verilen sağlık kuruluşu sayılarının toplamı alınarak oluşturulmuştur. Güvenlik kriteri verileri için Google Earth kullanılarak arazilerin en yakın emniyet birimlerine olan uzaklıkları ölçülmüştür.

Çizelge 8'de belirlenen veriler ile birlikte her bir kriter için uygun olan tercih fonksiyonu seçilerek Visual

Scenario1	Ulaşım Olanacağı	Arazi Maliyeti	Altyapı	Doğal Afet R...	Nüfus	Sağlık Kurulu...	Güvenlik
Unit		unit	unit	unit	unit	unit	unit
Cluster/Group							
Preferences							
Min/Max	min	min	max	max	max	max	min
Weight	0,41	0,14	0,08	0,04	0,06	0,18	0,09
Preference Fn.	V-shape	Linear	V-shape	Usual	Linear	Linear	V-shape
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	n/a	333,88	n/a	n/a	84094,72	38,53	n/a
- P: Preference	0,19	986,38	3,41	n/a	183290,05	93,19	7,06
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics							
Minimum	0,04	50,00	2,00	1,00	7399,00	3,00	1,31
Maximum	0,27	1176,00	6,00	3,00	198477,00	104,00	7,92
Average	0,14	529,75	4,50	1,75	61491,00	35,50	4,43
Standard Dev.	0,08	448,84	1,50	0,83	79635,82	40,95	3,12
Evaluations							
A1	0,27	715,00	5,00	3,00	31013,00	30,00	1,33
A2	0,10	50,00	2,00	2,00	9075,00	5,00	7,17
A3	0,04	1176,00	6,00	1,00	7399,00	3,00	1,31
A4	0,15	178,00	5,00	1,00	198477,00	104,00	7,92

Şekil 5. Visual PROMETHEE program arayüzü (Visual PROMETHEE program interface)

PROMETHEE programı kullanılmış ve çözüm gerçekleştirilmiştir. Program arayüzü Şekil 5'te verilmiştir. AHP kriterlerinin ağırlıkları kullanılarak yapılan PROMETHEE çözümü sonucuna Şekil 6'da yer verilmiştir.

Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	A4	0,1779	0,3867	0,2089
2	A3	0,1452	0,3543	0,2091
3	A2	-0,0013	0,2584	0,2598
4	A1	-0,3218	0,1254	0,4471

Şekil 6. PROMETHEE yöntemi çözüm sonucu (PROMETHEE method solution result)

Bu sonuca göre birinci öncelikli arazi Merkezde bulunan A4 arazisi olmuştur. A4 arazisini sırasıyla A3, A2 ve A1 arazileri izlemiştir.

Çalışmanın devamında ANP kriterlerinin ağırlıkları kullanılarak ve kriter ağırlıkları eşit alınarak aynı çözüm adımları uygulanmış ve sonucunda iki PROMETHEE çözümü daha elde edilmiştir.

Toplam beş senaryodan elde edilen alternatif sıralaması sonucu Çizelge 9'da verilmiştir. Bu beş senaryoda alternatif arazi sıralamalarını değiştiren faktörler, kullanılan yöntemlerin uygulama aşamalarındaki farklılıklarından kaynaklanmaktadır.

Cizelge 9. Senaryo sonuç çizelgesi (Scenario result table)

AHP Sonuç			ANP Sonuç			AHP Ağırlıklarına Göre PROMETHEE Sonuç			ANP Ağırlıklarına Göre PROMETHEE Sonuç			Eşit Ağırlıklara Göre PROMETHEE Sonuç		
A3	0,311	1	A3	0,281	1	A4	0,178	1	A4	0,177	1	A4	0,152	1
A4	0,259	2	A2	0,270	2	A3	0,145	2	A2	0,109	2	A1	0,034	2
A2	0,241	3	A4	0,256	3	A2	-0,001	3	A3	0,015	3	A3	-0,045	3
A1	0,190	4	A1	0,193	4	A1	-0,322	4	A1	-0,301	4	A2	-0,141	4

5. SONUÇ VE TARTIŞMA (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Bu çalışmada ilaç deposu ve aşı dağıtım merkezi için en uygun bölge, ÇKKV yöntemlerinden AHP, ANP ve PROMETHEE yöntemleri kullanılarak toplam beş senaryo olacak şekilde belirlenmiştir. Birinci senaryoda AHP yöntemi ile ana ve alt kriter ağırlıkları bulunmuş ve en uygun alternatif bölge belirlenmiştir. İkinci senaryoda Super Decisions programı kullanılarak ANP yöntemi ile ana ve alt kriter ağırlıkları bulunmuş ve en uygun alternatif bölge belirlenmiştir. Üçüncü senaryoda birinci senaryodan elde edilen AHP kriterlerinin ağırlıkları kullanılarak PROMETHEE çözümü elde edilmiş ve en uygun alternatif bölge belirlenmiştir. Dördüncü senaryoda kriterlerin ikinci senaryodan elde edilen ANP ağırlıkları kullanılarak PROMETHEE çözümü elde edilmiş ve en uygun alternatif bölge belirlenmiştir. Son olarak beşinci senaryoda ise kriter ağırlıkları eşit alınarak PROMETHEE çözümü elde edilmiş ve en uygun alternatif bölge belirlenmiştir. Çalışmanın üçüncü, dördüncü ve beşinci senaryosunda PROMETHEE yöntemleri için Visual PROMETHEE programı kullanılmıştır.

AHP yöntemi karar vericinin önceliklerini dikkate alarak değerlendirme yapan bir yöntem iken ANP yöntemi kriterlerin kendi içerisindeki ve diğer kriterler ile etkileşimlerini dikkate alan bir yöntemdir. Çalışmanın birinci ve ikinci senaryolarını oluşturan bu iki yöntemin karşılaştırılması sonucunda kriter ağırlık sıralamalarında farklılıklar olmakla birlikte en önemli ana kriter ekonomik faktörler, en önemli alt kriter ulaşım olanakları ve alternatif olarak Bahşili’de bulunan A3 bölgesi belirlenmiştir.

Üçüncü ve dördüncü senaryoların alternatif bölge sıralamalarındaki farklılıklarının sebebi, PROMETHEE yöntemi için AHP ve ANP yöntemlerinin yapısal farklılıklarından oluşan kriter ağırlıklarına göre çözülmesidir. Beşinci senaryoda ise toplam yedi kriter olması ve kriter ağırlıkları toplamının bir olması gerektiği için her bir kriterin ağırlığı 0,14 alınarak sonuca

ulaşılmıştır. PROMETHEE ile elde edilen alternatif sıralamalarında farklılıklar oluşsa da üç senaryo sonucunda da en uygun alternatif, Merkez’de bulunan A4 bölgesi olarak belirlenmiştir.

İleriki çalışmalarda ise belirlenen depo yeri dikkate alınarak aşı lojistiğini planlamak için Sağlık Bakanlığı’nın aşılama takvimine uygun araç rotalama problemi incelenebilir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

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.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazarları çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS’ CONTRIBUTIONS)

Nursena ORAL: Çalışmada ele alınan probleme ilişkin verilerin toplanması, çözüm yöntemlerinin uygulanması ve sonuçların raporlanması.

Selma YAPICI: Çalışmada ele alınan probleme ilişkin verilerin toplanması, çözüm yöntemlerinin uygulanması ve sonuçların raporlanması.

Rabia YUMUŞAK: : Çalışmada kullanılan yöntemlerin belirlenmesi ve sonuçların yorumlanması.

Tamer EREN: Çalışmada kullanılan yöntemlerin belirlenmesi ve sonuçların doğrulanması.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Dünya ve Türkiye’de ilaç sektörü, *Petrol İş Araştırma, Şubat*, (2010). https://www.petrol-is.org.tr/sites/default/files/ilacsektoru-subat_2010.pdf
- [2] Arslan, M., “Ecza deposu seçiminde ahp yönteminin uygulanması”, *Journal of Faculty of Pharmacy of Ankara University*, 44(2): 253-264, (2020).
- [3] Yılmaz, B., Dağdeviren, M., Akçayol, M. A., “Hızlı tüketim malları depo yeri seçimi problemi için genetik algoritma ile bir çözüm”, *XI. Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, 23-24, Haziran, (2011).
- [4] Coronavirus disease (COVID-19): *Vaccine Research and Development*, 28 October, (2020). [https://www.who.int/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-\(covid-19\)-vaccine-research-and-development](https://www.who.int/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-(covid-19)-vaccine-research-and-development)
- [5] Stratejik Konum, Kırıkkale Yatırım Destek Ofisi, (2018). <https://www.investinkirikale.com/bir-bakista-kirikale/stratejik-konum>
- [6] Ömürbek, N., Demirci, N., Akalin, P. “Analitik Ağ Süreci Ve Topsis Yöntemleri İle Bilimsel Seçimi”, *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)*, 5(9), 118-140, (2013).
- [7] Toksarı, M., Toksarı, M. D. “Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yaklaşımı kullanılarak hedef pazarın belirlenmesi”, *ODTÜ Gelişme Dergisi*, 51-70, (2011).
- [8] Hong, L., Xiaohua, Z., “Study on location selection of multi-objective emergency logistics center based on ahp”, *Procedia Engineering*, 15, 2128-2132, (2011).
- [9] Özcan, T., Çelebi, N., Esnaf, Ş., “Comparative analysis of multi criteria decision making methodologies and implementation of a warehouse location selection problem”, *Expert Systems with Applications*, 38: 9773–9779, (2011)
- [10] Eroğlu, Ö., Bali, Ö., Gencer, C., “DELPHI tekniği ve bulanık ahp ile tehlikeli madde depo yeri seçimi için gerekli niteliklerin belirlenmesi”, *III. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi*, Trabzon, 15-17, (2014).
- [11] Aktepe, A., Ersöz, S., “AHP-VIKOR ve MOORA yöntemlerinin depo yeri seçim probleminde uygulanması”, *Endüstri Mühendisliği*, 25 (1): 2-15, (2014).
- [12] Özbek, A., Erol, E., “COPRAS ve MOORA yöntemlerinin depo yeri seçim probleminde uygulanması”, *Ekonomi İşletme Siyaset ve Uluslararası İlişkiler Dergisi*, 2(1): 23-42, (2016).
- [13] Gül, E., Eren, T., “Lojistik dağıtım ağ problemlerinde analitik hiyerarşi prosesi yöntemi ve hedef programlama ile depo seçimi”, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 2(1): 1-13, (2017).
- [14] Ercan Cömert, S., Yener, F., “Bir gıda firması için bulanık analitik hiyerarşi prosesi ile depo yeri seçimi”, *Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2 (2): 161-177, (2017).
- [15] Ofluoglu, A., Baki, B., Ar, I., “Multi-criteria decision analysis model for warehouse location in disaster logistics”, *Journal of Management Marketing and Logistics*, 4(2): 89-106, (2017).
- [16] Emeç, Ş., Akkaya, G., “Stochastic AHP and Fuzzy VIKOR Approach for Warehouse Location Selection Problem”, *Journal of Enterprise Information Management*, 31(6): 950-962, (2018).
- [17] Yavuz, O., “Depo Yeri Seçimi Probleminde Gri Sistem Teorisi ve VIKOR Yönteminin Karşılaştırmalı Analizi”, *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(1): 169-191, (2018).
- [18] Turğut, M., Şahin, A., “analitik hiyerarşi prosesi yöntemi ile yaş sebze ve meyve depo yeri seçimi: mersin ili uygulaması”, *Mersin Üniversitesi Denizcilik ve Lojistik Araştırmaları Dergisi*, 1 (1): 42-59, (2019).
- [19] Sağnak, M., “Depo yeri seçimi: perakende sektöründe melez çok kriterli karar verme uygulaması”, *Journal of Yaşar University*, 15 (59): 615-623, (2020).
- [20] Ergün, M., Korucuk, S., Memiş, S., “Sürdürülebilir afet lojistiğine yönelik ideal afet depo yeri seçimi: Giresun ili örneği”, *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6 (1): 144-165, (2020).
- [21] Kış, Ö., Can, G. F., Toktaş, P., “Warehouse location selection for an electricity distribution company by KEMIRA-M method”, *Pamukkale Univ Muh Bilim Derg.* 26(1): 227-240, (2020).
- [22] Yapıcı, S., Yumuşak, R., Eren, T., “Çok kriterli karar verme yöntemleri ile medikal depo yeri seçimi”, *Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9 (2): 203-221, (2020).
- [23] Oral, N., Yumuşak, R. Eren, T., “AHP ve ANP yöntemleri kullanılarak tehlikeli madde depo yeri seçimi: Kırıkkale ilinde bir uygulama”, *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10 (1): 115-124, (2021).
- [24] Özcan, E.C., Danişan, T., Yumuşak, R., Gür, Ş., Eren, T., “Goal programming approach for the radiology technician scheduling problem”, *Sigma Journal of Engineering and Natural Science*, 37(4): 1411-1420, 2019.
- [25] Ağaç, G , Baki, B . “Sağlık Alanında Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri Kullanımı: Literatür İncelemesi” . *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 19(3): 343-363, (2016).
- [26] Yumuşak, R., Özcan, E.C., Danişan, T., Eren, T., “AHP-TOPSIS-tam sayılı programlama entegrasyonu ile hidroelektrik santrallarda bakım strateji optimizasyonu”, *Uluslararası GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Kongresi*, 80-84, Şanlıurfa, 10-12 Mayıs (2018).
- [27] Özcan, E.C., Yumuşak, R., Eren, T., “Risk Based Maintenance in the Hydroelectric Power Plants”, *Energies*, 12 (8): 1502-1523, (2019).
- [28] Büyükköçkan, G , Güteryüz, S . "Lojistik Firma Web Sitelerinin Performanslarının Çok Kriterli Değerlendirilmesi" . *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* 31 : 889-902, (2016)
- [29] Yumuşak, R., Özcan E. C., Eren, T., “Maintenance Strategy Optimization with Analytical Hierarchy Process and Integer Programming Combination”, *International Conference on Data Science, Machine Learning and Statistics – 2019*, 42-44Van, 26-28 June, (2019).
- [30] Akıncı BN., Danişan T., Eren T., “Obezite hastaları için giyilebilir teknolojilerin ÇKKV yöntemleri ile seçimi”, *Politeknik Dergisi*, (basımda), 1-1, (2021).
- [31] Uğur, L . “MOORA Optimizasyon Yaklaşımı ile İnşaat Proje Müdürü Seçimi: Çok Kriterli Bir Karar Verme Uygulaması”, *Politeknik Dergisi* ,20(3): 717-723, (2017).
- [32] Özcan, E.C., Yumuşak, R., Eren, T., “A Novel Approach to Optimize the Maintenance Strategies: A Case in the Hydroelectric Power Plant”, *Eksplotacja I Niezawodność - Maintenance and Reliability*, 23(2): 324-337, (2021).
- [33] Saaty, T. L., “How to make a decision: The analytic hierarchy process”, *European Journal of Operational Research*, 48, 9-26, (1990).

- [34] Özcan, E.C., Danişan, T., Yumuşak, R., Eren, T., “An artificial neural network model supported with multi criteria decision making approaches for maintenance planning in hydroelectric power plants”, *Eksploatacja I Niezawodność - Maintenance and Reliability*, 21(3): 400-418, (2020).
- [35] Saaty, T. L., “Fundamentals of the analytic network process”, *Proceedings Of Isahp, Kobe*, Japan, 48-63, (1999).
- [36] Sarkis, J., “Evaluating environmentally conscious business practices”, *European Journal of Operational Research*, 107(1): 159-174, (1998).
- [37] Görener, A., “Bütünleşik ANP-VIKOR yaklaşımı ile ERP yazılımı seçimi”, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 5(1): 97-110, (2011).
- [38] Bansal, A., Kumar, P., “3PL selection using hybrid model of AHP-PROMETHEE”, *International Journal of Services and Operations Management*, 14(3): 373-397, (2013).
- [39] Deringöz A., Danişan T., Eren T., “Covid-19 takibinde giyilebilir sağlık teknolojilerinin ÇKKV yöntemleri ile değerlendirilmesi”, *Politeknik Dergisi*, (basımda), (2021).
- [40] Durmuş, A., “Lojistikte depo yer seçimine etki eden faktörlerin modellenmesi: İstanbul örneği”, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, (2010).
- [41] Aydın, Ö., “Bulanık AHP ile Ankara için hastane yer seçimi”, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 24 (2): 87-104, (2016).
- [42] Abdullahi, S., Mahmud, A. R. B., Pradhan, B., “Spatial modelling of site suitability assessment for hospitals using geographical information system-based multicriteria approach at Qazvin city Iran”, *Geocarto International*, 29(2): 164-184, (2014).
- [43] Sağnak, M., “Depo yeri seçimi: Perakende sektöründe melez çok kriterli karar verme uygulaması”, *Journal of Yaşar University*, 15 (59): 615-623, (2020).
- [44] Uslu, A., Kızıloğlu, K., İşleyen, S., Kahya, E., “Okul yeri seçiminde coğrafi bilgi sistemine dayalı AHP-TOPSIS yaklaşımı: Ankara ili örneği”, *Politeknik Dergisi*, 20 (4): 933-943, (2017).