

## DEPO YÖNETİMİNDE ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMASI: BİR İŞLETME İÇİN RFID TEKNOLOJİ SEÇİMİ

Ebru TAŞKIN<sup>1</sup>, Nisanur GEZİK<sup>2</sup>, Rabia YUMUŞAK<sup>3</sup>, Tamer EREN<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale

ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-7863-0243>

<sup>2</sup>Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale

ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-6262-8018>

<sup>3</sup>Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale

ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-0257-939X>

<sup>4</sup>Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale

ORCID No: <https://orcid.org/0000-0001-5282-3138>

Kelimeler	Öz
Endüstri 4.0, tedarik zinciri, depo yönetimi, RFID teknolojisi, ÇÖKV	<i>Tedarik zinciri yönetiminde her firma için depo ve sevkiyat yönetimi en önemli konulardan olmuştur. Firmalar bu bağlamda sorunsuz stok kontrolünü hedeflemektedirler. Bu hedef doğrultusunda firmalar birçok yöntemden yararlanmaktadır. Yöntemlerden birisi RFID (Radyo Frekanslı Tanımlama) teknolojileridir. RFID teknolojisi, radyo frekanslarını kullanarak hareketli veya sabit varlıklardaki taşınan verinin kontrolünü sağlayıp çalışma ortamında bilgiye dönüştürülerek takip edilmesini sağlayan teknolojidir ve Endüstri 4.0 dönüşümünü tamamlamış firmalar tarafından sıklıkla tercih edilmektedir. Bu nedenle Endüstri 4.0 dönüşüm sürecini gerçekleştirmemiş fabrikalar için işletmelerine en uygun RFID teknolojisini seçilmesi önemli bir problem haline almaktadır. Çünkü bu teknolojilerin yatırım maliyeti yüksek olmakla birlikte sektörlere göre uygulamaları değişmektedir. Bu bağlamda bu çalışmada zayıf akım sektöründeki NOVA Grup Mühendislik firması için optimal RFID teknoloji seçimi problemi ANP, PROMETHEE ve MAUT yöntemleri ile incelenmiştir. Firmanın mevcut durumu göz önünde bulundurularak 6 farklı alternatif RFID teknolojisi ele alınmıştır. Ele alınan alternatifler firma ve sektör incelemeleri neticesinde 7 kriter gereğince değerlendirilmiştir. Bu kriterler sistemin performansı, iş yazılımı ile entegrasyonu, ilk yatırım maliyeti, işletim maliyeti, tedarikçi itibarı, kalite güvencesi ve satış sonrası hizmetler şeklindedir. Bununla birlikte bu çalışmada yapılan literatür incelemesi sonucunda RFID teknoloji seçimi problemi için ilk defa ANP, PROMETHEE ve MAUT yöntem entegrasyonu kullanılmıştır. Ayrıca ele alınan sektör açısından da bu çalışma literatüre katkı sağlar niteliktedir.</i>

### INDUSTRY 4.0 IMPLEMENTATION IN WAREHOUSE MANAGEMENT: SELECTION OF RFID TECHNOLOGY FOR A BUSINESS

Anahtar Keywords	Abstract
Industry 4.0, supply chain, warehouse management, RFID technology, MCDM	<i>Warehouse and shipment management has been one of the most important issues for every company in supply chain management. In this context, companies aim for smooth stock control. In line with this goal, companies benefit from many methods. One of the methods is RFID (Radio Frequency Identification) technologies. RFID technology is a technology that enables the control of the transported data in moving or fixed assets by using radio frequencies and converting it into information in the working environment and is frequently preferred by companies that have completed the Industry 4.0 transformation. For this reason, choosing the most suitable RFID technology for their businesses becomes an important problem for factories that have not realized the Industry 4.0 transformation process. Because the investment cost of these technologies is high, their applications vary according to the sectors. In this context, in this study, the optimal RFID technology selection problem for the NOVA company in the low current sector has been examined by ANP, PROMETHEE and MAUT methods. Considering the current situation of the company, 6 different alternative RFID technologies are discussed. The considered alternatives were evaluated according to 7 criteria as a result of company and sector reviews. These criteria are system performance, integration with business software, initial investment cost, operating cost, supplier reputation, quality assurance and after-sales services. However, as a result of the literature review in this study, ANP, PROMETHEE and MAUT method integration was used for the first time for the RFID technology selection problem. In addition, this study contributes to the literature in terms of the sector in question.</i>
Araştırma Makalesi	Research Article
Başvuru Tarihi	Submission Date
Kabul Tarihi	Accepted Date

\*Sorumlu yazar; e-posta: [tamereren@gmail.com](mailto:tamereren@gmail.com)

## 1. Giriş

Giderek artan nüfus ile birlikte insanların ihtiyaçları ve talepleri de hızla artmaktadır. Bu artış gıda ve temel ihtiyaçların yanı sıra hizmet sektörlerinden teknoloji sektörlerine kadar birçok alanda etkisini göstermektedir. Taleplerin artması sonucunda tedarik zinciri planlaması ve kontrol edilmesi firmalar için büyük önem arz etmektedir. Bu kapsamda firmalar Endüstri 4.0 kavramı ile tedarik zinciri ve depo yönetimini en verimli hale getirmeye çalışmaktadırlar. Endüstri 4.0 ile tedarik zinciri ve lojistik sektöründe firmalar üretilen somut veya soyut hizmetin son tüketicieye etkin ve verimli bir biçimde taşınmasını bu süreçte de depo yönetimlerini en verimli şekilde yürütmeyi hedeflemektedirler (Lin ve Jones, 2009).

Endüstri 4.0 ile gelişen önemli teknolojilerden biri de RFID teknolojileridir. Bu kapsamda depo yönetiminde RFID teknolojilerinin kullanımı, tedarik zincirinin koordineli bir şekilde yönetilmesinde önem arz etmektedir. RFID teknolojilerinin firmalara sağladığı avantajlar incelendiğinde; başlıca teslimat zamanlarının kontrolü ve ürün kontrolü gibi tekrarlayan işlerin azaltılması, işgücü gereksiniminin minimize edilmesi, işgücü maliyetlerinde azalma ürünün tedarik süresi boyunca detaylı bilgi sayesinde tedarik süresi boyunca karşılaşılabilecek problemlere karşı tedbirlerin alınması ve neticede tedarik zinciri kontrolü ve yönetiminin sağlanması, depo ve dağıtım alanlarında yerleşimin verimli bir şekilde gerçekleşmesinin sağlanması fire oranlarının minimize edilmesi, ürün giriş-çıkış sürelerinin kontrol edilmesi, ürün satışı ile raflarda verimli düzenlemelerin gerçekleştirilmesi, son kullanım tarihi izleniminin sağlanabilmesi en belirgin özelliklerdendir. Bu avantajlar neticesinde ürünleri izleme için geçen sürenin azaldığı, müşteri-firma ilişkilerinin güçlendiği, hedef pazar ve hedef müşterilerin belirlenmesi söylenebilir (d'Hont, 2004). Firmalar, aradıkları kriterlere ve sektörlerine uygun RFID teknolojisini belirlemek ve belirlenen teknolojiden en üst düzeyde verim almak istemektedirler. Bu sebeple uygun RFID teknoloji seçimi önemli bir karar verme problemidir. Bu çalışmada depo yönetiminde etkili olan kriterler değerlendirilmiş ve alternatif RFID teknolojiler arasında seçim yapılmıştır. Bu seçim sürecinde çok ölçütlü karar verme (ÇÖKV) yöntemlerinden yararlanılmıştır. ÇÖKV; birden fazla kriteri karşılayan en uygun çözüme ulaşmayı hedefleyen yaklaşım ve yöntemlerden oluşmaktadır. Bu

yöntemlerin amacı birden fazla ve aynı anda uygulanan alternatifler içerisinde en iyi tercihin seçilmesini sağlamaktır (Güneş ve Umarusman, 2003).

Bu çalışmada kullanılan yöntemlerden olan Analitik Ağ Süreci (ANP), kriterler arasında bir ağ sistemi oluşturarak birbiriyle ilişkili kriterler arasındaki bağlantıları kurmak için geliştirilmiştir (Saaty, 1999). Çalışmada ANP entegrasyonu ile kullanılan yöntem ise PROMETHEE'dir. PROMETHEE, Brans (1985) tarafından 1982 yılında geliştirilen ÇÖKV yöntemlerindedir. Sonlu sayıda alternatif arasında birbiriyle çelişen kriterlere adapte edilmiştir (Goumas ve Lygerou, 2000). Diğer bir kullanılan MAUT yöntemi ise 1976 yılında Keeney ve Raiffa tarafından geliştirilmiştir. MAUT yöntemi, bir sonuca ulaşmak için ortak bir temel sağlayarak birden çok kriteri sistematik bir şekilde analiz etmektedir (Kim ve Song, 2009).

Bahsedilen yöntemlerden yararlanılarak bu çalışmada zayıf akım sektöründe çalışmalarını yürüten Nova Grup Mühendislik firmasında mevcut durumlar göz önünde bulundurularak en fazla tercih edilen 6 RFID teknolojisi belirlenerek, 7 kriter ile değerlendirilmiştir.

Çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm giriş olup, ikinci bölümde RFID teknolojisi anlatılmıştır. Üçüncü bölümde RFID teknolojisi ile ilgili yapılan çalışmalar incelenmiştir. Çalışmada kullanılan yöntemler dördüncü bölümde anlatılmıştır. Beşinci bölümde ise belirlenen kriterler ve alternatifler doğrultusunda yöntemlerin uygulanması sunulmuştur. Çalışma neticesinde elde edilen sonuçlar ve ileride yapılabilecek çalışmalar için önerilerden altınca bölümde bahsedilmiştir.

## 2. Endüstri 4.0 ve RFID Teknolojileri

Endüstri 4.0 internet bilişimini kullanarak iş süreçlerinin verilerle ve bilimsel metotlarla yönetildiği, bu yönetim sürecinde nesnelerin interneti, büyük veri ve makineler arası iletişim teknolojilerinin entegre edilmesiyle ortaya çıkan bir Sanayi Devrimi'dir. Endüstri 4.0 sürecinde gelişen teknoloji ile insanlar buldukları ortamdan farklı bir ortamda bulunan nesnelerin kontrolünü ve takibini nesnelerin interneti (IoT) ile gerçekleştirmektedirler. IoT birbiri ile ilişki içerisinde olan cihazları, makineleri yani kısaca tüm nesnelere insanlara gerek duymadan bir ağ üzerindeki verileri aktarabilen bir sistem bütünüdür.

Burada birçok IoT uygulamaları mevcuttur. Bunlardan depo yönetiminde en çok tercih edileni RFID teknolojileridir. RFID teknolojisi; nesnede bulunan verileri içeren işlemciler ve bu işlemcilere entegre edilmiş, bünyesinde bulunan etiket ile taşınan nesnedeki bilgiler doğrultusunda izlenebilmesine ve bu izlenim ile birlikte analiz edilebilmesi ile yönetilmesine imkân veren, veri ve bilgi akışında radyo frekanslarını kullanan bir teknolojidir. RFID etiket ile RFID okuyucu arasında bir temas gerektirmeksizin veri ve bilgi akışı sağlanmaktadır (Yüksel ve Durukan, 2009). Kullanıldığı sektöre göre Düşük Frekans (LF), Yüksek Frekans (HF), ve Ultra Yüksek Frekans (UHF) olmak üzere üç ana frekans aralığı vardır. Dünyada ve Türkiye’de nüfusla birlikte taleplerin artması ile tedarik yönetimi firmalar için önemli bir unsur haline gelmiştir. Tedarik zinciri, bir ürünün geçirdiği tüm süreçleri başka bir ifade ile hammadde halinden nihai ürün haline gelerek müşteriye sunulana kadar geçirdiği zaman dilimi olarak tanımlanabilmektedir (Sarı, 2006). Günümüzde, firmalar tedarik zincirinde çeşitli problemlerle karşı karşıya kalmaktadır. Bunların başında depo ve stok problemleri gelmektedir. RFID teknolojisi, tedarik zincirinde bu sorunlara çözüm sağlayarak, verilerin bilgiye dönüştürülmesi ile ürün tedariki optimal bir şekilde gerçekleştirilmektedir. RFID sayesinde işlem hataları minimize edilerek, optimal bir depo ve stok yönetimi gerçekleştirilmektedir (Lee ve Özer, 2007).

RFID teknolojisi artık her sektörde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. RFID teknolojisi akıllı park uygulamaları, akıllı trafik denetimi ve yönetimi, e-sınava uygulamaları, hasta takip sistemi, HGS, araç bilgisi depolama, müze ziyaretçi denetimi, tedarik ve lojistik gibi sektörlerde kullanılarak geniş bir pazar payına sahiptir. RFID sistemlerinin pazar durumu incelendiğinde; UHF sistemlerin daha çok perakende sektörü, lojistik taşıma, portföy yönetim, kargo takibi gibi sektörlerde HF sistemlerin ise temassız kartlar, akıllı etiketler, medikal, kitaplar, pasaportlar gibi ürünlerde kullanıldığı görülmektedir (Maraşlı ve Çıbuk, 2015).

### 3. Bilimsel Yazın Taraması

Bu bölümde tedarik zincirinde kullanılan teknolojiler ve bu teknolojilerin seçiminde kullanılan yöntemlerden bahsedilmiştir. Literatür taramasında kullanılan yöntemler, uygulama alanları ve çalışma sonucunda literatüre katkılarına değinilmiştir. Malkoç (2006) yaptığı bu çalışmada Radyo Frekans

Tanımlama Sistemlerini detaylı bir şekilde incelemiştir. Karaca (2010) yaptığı çalışmada RFID teknolojisini inceleyerek bir örnek uygulama gerçekleştirmiştir. Karaca bu örnekle anlık personel takip sistemi geliştirmiştir. Geliştirilen sistemle personellerin giriş-çıkış saatleri denetlenerek bir liste ile personel takibinin yapılmasını hedeflemiştir. Özdemir ve Doğan (2010) işletmelerle entegre olabilecek bir Bilgi Teknolojileri incelmışlerdir. RFID teknolojisinin tedarik zinciri yönetiminde sıklıkla kullanıldığını belirterek yaptıkları bu çalışma ile yöneticiler için en sık kullanılan teknolojileri belirlemişlerdir. Bunlar; elektronik veri değişimi, internet, kurumsal kaynak planlama, tedarik zinciri yönetimi yazılımı ve radyo frekanslı tanımlamadır. Özmen ve Birgün (2011) çalışmalarını Hava Kuvvetleri Komutanlığı’nda gerçekleştirmişlerdir. İkmal sistemini değerlendirerek olası bir RFID sistemi seçiminde en uygun sistemin belirlenmesi için bir model oluşturmuşlardır. ÇÖKV yöntemlerinden AHP’yi kullanmışlardır. Sarı (2013) bir işletmenin RFID sistemlerinden en uygun olanı değerlendirerek yöneticilere seçmelere konusunda yardımcı olmuştur. Maraşlı ve Çıbuk (2015) çalışmalarında RFID teknolojisinin yapısını, gelişimini ve yaygın kullanım alanlarını inceleyerek detaylı bilgi vermişlerdir. Ayrıca sektörel kullanım alanlarına göre RFID bileşenleri hakkında rapor sunmuşlardır. Büyüközkan, Karabulut ve Arsenyan (2017) Bulanık AHP, Grup Karar Verme Yaklaşımı ve Bulanık Aksiyomatik tasarımı kullanarak en uygun RFID sistemini değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada ayrıca duyarlılık analizi ve Bulanık TOPSIS ile karşılaştırmalar yaparak değerlendirmişlerdir. Şenyiğit ve Ünal (2019) çalışmalarında en uygun RFID sistemini belirleyebilmek için ÇÖKV yöntemlerinden yararlanmışlardır. Ayrıca yeni bir yaklaşım olarak en iyi en kötü yöntem tabanlı çok amaçlı performans analizi geliştirerek literatüre katkıda bulunmuşlardır. Çetin (2019) çalışmasında mobilya sektöründe hammadde olarak ahşap bazlı panel üretimi yapan bir işletme için stok yönetiminde RFID sisteminin uygun ERP desteği ile uygulanabileceğini incelemiştir. Yenigün, Yıldız ve Levent (2020) bir kütüphanede kitapların tanımlanması ve takiplerinin kontrol edilebilmesi için uygun RFID sistemini belirlemeyi amaçlamışlardır. Kriter ve alternatifler için AHP ve ANP yöntemini kullanmışlardır. Çalışma sonucu iki yöntem kıyaslanarak uygun RFID sistemi belirlenmiştir. Ullah ve Sarkar (2020) RFID tabanlı bir kurtarma kanalının tasarımı için matematiksel model geliştirmişlerdir. Çalışma sonucu olarak bir

hibrit toplam stratejisi olduğunu göstermişlerdir. Üç farklı duruma sayısal örnek vererek önemli sonuçlar elde ederek farklı parametreleri incelemişlerdir. Keleş ve Ova (2020) gıda tedarik zincirini ele alarak bilgi teknolojilerini değerlendirmişlerdir. Bilgi

teknolojileri sayesinde; gıda tedarik zinciri izlenebilir hale gelerek gıda kalitesi korunmaktadır. Keleş ve Ova (2020) bu çalışmada ERP, RFID, IoT ve Blok zincir sistemlerini inceleyerek sektörlerdeki uygulamalarını incelemişlerdir.

Tablo 1  
Teknoloji ve RFID Seçimi Literatürü

Yazarlar	Problem Tanımı	Kullanılan Yöntemler
Malkoç (2006)	Depo ve sevkiyat sektöründe RFID teknoloji seçimi	Anket çalışması
Oztaysi ve Mich (2008)	Turizm sektöründe RFID seçimi	Bulanık AHP
Lin (2009)	RFID teknolojisinin değerlendirilmesi	Bulanık Delphi, Bulanık AHP
Karaca (2010)	Personel Takip Sisteminde RFID uygulaması	Anlık Personel Takip Sistemi
Özmen ve Birgün (2011)	Hava Kuvvetleri Komutanlığı RFID teknoloji seçimi	AHP
Sarı (2013)	Bir işletme için RFID seçimi	Monte Carlo simülasyonu, Bulanık AHP ve TOPSIS
Mehrjerdi (2013)	Kütüphane için RFID seçimi	Bulanık TOPSIS
Fu, Chang, Lin, Du ve Hsu (2015)	RFID teknolojisinin değerlendirilmesi	Bulanık AHP ve VIKOR
Maraşlı ve Çibuk (2015)	Lojistik sektörü RFID teknoloji incelemesi	Analiz
Wan, Wang ve Dong (2016)	RFID teknoloji seçimi	Sezgisel bulanık doğrusal programlama
Büyükoçkan ve diğ. (2017)	Bilişim Teknoloji sektörü RFID teknoloji seçimi	Bulanık AHP ve TOPSIS
Yıldız, Karakoyun ve Parlak (2018)	Mobil RFID okuyucu seçimi	Bulanık TOPSIS
Mohammed, Harris ve Dukyil (2019)	RFID tabanlı bir pasaport takip sistemi seçimi	DEMATEL, ELECTRE ve TOPSIS
Şenyiğit ve Ünal (2019)	Depo ve sevkiyat sektörü RFID teknoloji seçimi	BWM-MOPA
Çetin (2019)	Dağıtım sektörü RFID teknoloji seçimi	ERP SAP WM
Yenigün ve diğ. (2020)	Kütüphane RFID teknoloji seçimi	AHP-ANP
Ullah ve diğ. (2020)	Elektronik Endüstrisi kurtarma teknoloji seçimi	Matematiksel Model
Keleş ve Ova (2020)	Gıda sektöründe RFID teknoloji seçimi	ERP, IoT
Alnıpak ve Alkan (2021)	Konteyner Terminalleri İçin RFID Sistemi Seçimi	Bulanık AHP

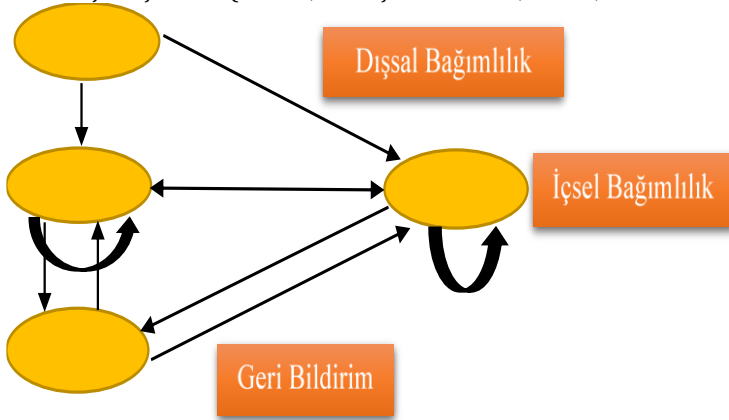
Teknoloji ve RFID sistem seçim problemlerine ilişkin yapılan literatür çalışmaları Tablo 1’de verilmiştir. Yapılan literatür araştırmaları sonucunda araştırmacılar öncelikli olarak ÇÖKV yöntemlerinden yararlanmışlardır. ÇÖKV yöntemlerinden ise TOPSIS ve AHP yöntemleri kullanılmıştır. Her araştırmacı yaptıkları çalışmada en iyi teknoloji sistemini seçmeyi hedeflemişlerdir. Literatür incelemeleri neticesinde teknoloji seçiminde en önemli kriterin maliyet olduğu görülmüştür. Yapılan bu çalışmanın literatüre katkıları aşağıda verilmiştir.

- Yapılan literatür taramaları neticesinde zayıf akım sektöründe tedarik zinciri için en uygun RFID sistem tercihi için yapılan ilk çalışmadır.

- Yapılan literatür taramalarında ÇÖKV yöntemlerinden AHP, ANP, ELECTRE, DEMATEL, VIKOR ve TOPSIS’in kullanıldığı görülmüştür. Bu çalışma ile MAUT ve PROMETHEE yöntemleri kullanılarak yöntem açısından RFID teknoloji seçim literatürüne katkı sağlanmıştır.
- Çalışmada kriter ağırlıkları üzerinden senaryolar oluşturularak sonucun etkinliği araştırılmıştır.
- Literatürde yer alan teorik incelemelerin aksine gerçek bir vaka analizi yapılmıştır.
- Ele alınan kriterler farklı farklı çalışmalarda kullanılmış olsa da kombinasyonu ilk defa bu çalışmada incelenmiştir.

#### 4. Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri

Karar verme, mevcut durumdaki seçeneklerden, bir amaç doğrultusunda ve en az bir kriteri amaçlayarak bir ya da birden fazla alternatif arasından seçim yaparak memnun edici bir sonuç elde etme sürecidir. Bu süreçte; karar verici, alternatifler, kriterler, çevresel faktörler, öncelikler ve kararın sonuçları bulunmaktadır. Süreçte ki amaç karar vericinin alternatifler arasından seçim, sıralama veya sınıflandırma yapmasına dayanmaktadır. Bu aşama da doğru karar verebilmek için ÇÖKV yöntemlerinden yararlanılmıştır. Kriterler arasında ikili karşılaştırmalara dayanan ÇÖKV yöntemlerinde en doğru kararın verilmesi için sayısal veriler kullanılır (Evren ve Ülengin, 1992). ÇÖKV yöntemleri sağlık sektöründen (Özcan, Danişan, Yumuşak, Gür ve Eren, 2019) enerji sektörüne, (Özcan, Yumuşak ve Eren, 2019) lojistik sektöründen (Oral, Yumuşak ve Eren, 2021) tekstil sektörüne (Aksüt, Eren ve Tüfekçi, 2020) birçok alanda uygulanmaktadır. Bununla birlikte bakım planlamasından (Özcan, Danişan, Yumuşak ve Eren, 2020) depo yeri seçimine (Yapıcı, Yumuşak ve Eren, 2020), strateji optimizasyonundan (Özcan, Yumuşak ve Eren, 2021) teknoloji seçimine (Akıncı, Danişan ve Eren, 2021;



Şekil 1. ANP Ağ Yapısı

ANP adımları aşağıda verilmiştir.

**Adım 1:** Bu adımda amaç belirlenir ve model oluşturulur. Burada problem tanımlanır ve ağ yapısı oluşturulur. Belirlenen problem doğrultusunda hedef, kriterler, alt kriterler ve alternatifler belirlenir.

**Adım 2:** Burada kriterler arasında bağımlılıklar ve geri bildirimler ilişkilendirilir.

Yapıcı, Oral, Yumuşak ve Eren, 2021) kadar birçok kompleks problemde çözüm yöntemi olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

#### 4.1 Analitik Ağ Süreci (ANP)

Analitik ağ süreci (ANP); problemdeki kriterler arasındaki ilişkileri ve yönlerini belirleyerek bir ağ yapısı oluşturmaktadır. Oluşan ağ yapısı sayesinde ana ve ara yapılar arasında oluşabilecek geribildirimler ve dolaylı etkileşimler hesaplanmaktadır. ANP yönteminde karar düzeyleri ve özellikleri arasında karmaşık ilişkiler bulunmaktadır (Dağdeviren, Dönmez ve Kurt, 2006). ANP yönteminde problem ağ şeklinde gösterilir ve kriterler arasında bağımlılıklar, geri bildirimler hesaplanmaktadır. Kriterler ve alt kriterler arasındaki ilişkileri dikkate alması ve böylelikle tek bir yöne bağlı modelleme zorunluluğunu ortadan kaldırarak karar vericilere daha hassas ve tutarlı sonuçlar sunan ANP yöntemi bu avantajlarından dolayı seçilmiştir. ANP'nin ağ yapısı Şekil 1' de gösterilmiştir (Karsak, Sozer, Alptekin, 2003).

**Adım 3:** Bu adımda kriterler ve alternatifler arasında ikili karşılaştırmalar yapılmaktadır. İkili karşılaştırma yapılırken 1-9 skalası kullanılmaktadır. Saaty tarafından oluşturulan önem skalası Tablo 2'de verilmiştir (Dağdeviren, Diyar ve Kurt, 2003).

Tablo 2  
Saaty Önem Skalası

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

**Adım 4:** Bu aşamada ise matrisleri ile öz vektörleri hesaplanmaktadır. Her kriter için tutarlık hesaplanması yapılmaktadır. Tutarlılık hesaplamalarında; tutarlılık indeksi (CI) ve karşılaştırmaların tutarlılıklarının kontrol edilmesi için tutarlılık oranı (CR) hesaplanır. CI ve CR formülleri sırasıyla Eş. 1 ve Eş. 2'de verilmiştir.  $\lambda_{\max}$ , en büyük öz vektör değerini ifade etmektedir.

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	0,9	1,12	1,2	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

#### 4.2 PROMETHEE Yöntemi

PROMETHEE yöntemi tercih fonksiyonlarına dayanarak alternatifler ve kriterler arasında ikili karşılaştırmalar yapılarak değerlendirilen bir yöntemdir. PROMETHEE'de de alternatiflerin kriterler bazında ki üstünlük durumları birleştirme yöntemi ile gerçekleştirilir. Burada bütün parametrelerin açık bir şekilde ifade edilmesi gerekmektedir (Genç, 2013). PROMETHEE yöntemi, alternatifleri farklı tercih fonksiyonları temelinde değerlendirerek ve alternatiflere ilişkin hem kısmi önceliklerin, hem de tam önceliklerin elde edilmesini

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

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

CR değerinin 0,10'dan küçük olması durumunda karşılaştırmalar tutarlı kabul edilmektedir. Bu formülde kullanılan rassal indeks (RI) değerleri Tablo 3'te verilmiştir (Arıbaş ve Özcan, 2016).

**Adım 5:** Ağırlıklandırılmamış süpermatris değerleri ağırlıklar ile çarpılarak yeni bir matris oluşturulur. Bu matris ağırlıklandırılmış süpermatris olarak adlandırılır. Daha sonra önceliklerin bir noktada eşitlenmesi için süpermatrisin büyük dereceden kuvveti alınmaktadır. Oluşan yeni matrise ise limit süpermatrisi denilmektedir.

**Adım 6:** Son aşama olarak önem dereceleri belirlenen kriterler arasında önem sıralaması, alternatifler arasından ise seçim yapılmaktadır.

sağlayarak daha ayrıntılı analizlerin yapılmasını sağladığı için seçilmiştir (Dağdeviren ve Erarslan, 2013). PROMETHEE aşamaları aşağıda verildiği gibidir (Oral, Yapıcı, Yumuşak ve Eren, 2021).

**Adım 1:** Öncelikle alternatifler, kriterler ve bunlara ait ağırlıklar için veri matrisi oluşturulmaktadır.

**Adım 2:** Kriterler için tercih fonksiyonları tanımlanmalıdır. Burada 6 fonksiyon arasından kriterlerin yapısına göre uygun olan fonksiyon seçilmektedir. Fonksiyon çeşitleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4  
Tercih Fonksiyonları

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)	$P(d) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}, & x > 0 \end{cases}$	$\sigma$

PROMETHEE yönteminde; fiyat maliyet, güç gibi nicel verilerde 3. ve 5. tip, fayda gibi nitel verilerde ise 2. ve 4. tip tercih, evet hayır gibi kararlarda ise 1. tip tercih fonksiyonları kullanılmaktadır.

**Adım 3:** Ortak tercih fonksiyonların belirlenebilmesi, alternatiflerin tercih indeksi ağırlıklarına sahip k kriterinin hesaplanabilmesi için aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

$$P(x, y) = \begin{cases} 0, & f(x) \leq f(y) \\ p[f(x) - f(y)], & f(x) > f(y) \end{cases} \quad (3)$$

**Adım 4:** Bu aşamada her alternatif çifti için tercih indeksleri belirlenmektedir. Tercih indeksinin hesaplanabilmesi için aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

$$\Pi(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^k w_i \cdot P_i(x, y)}{\sum_{i=1}^k w_i} \quad (4)$$

**Adım 5:** Her bir alternatif için negatif üstünlükler ( $\varphi^-$ ) ve pozitif üstünlükler ( $\varphi^+$ ) belirlenmektedir. x alternatifi için üstünlük formülleri aşağıda verilmiştir.

$$\varphi^+(x) = \frac{1}{n-1} \sum \pi(x, y) \quad (5)$$

$$\varphi^-(x) = \frac{1}{n-1} \sum \pi(y, x) \quad (6)$$

**Adım 6:** Kısmi öncelikler belirlenerek en iyi alternatif seçilmektedir. Burada 3 durum ile karşılaşılmaktadır.

1.Durum: Aşağıdaki eşitliklerden herhangi biri verilen koşulları sağlıyor ise x alternatifi y alternatifine tercih edilmektedir.

$$\varphi^+(x) > \varphi^+(y) \text{ ve } \varphi^-(x) < \varphi^-(y) \quad (7)$$

$$\varphi^+(x) > \varphi^+(y) \text{ ve } \varphi^-(x) = \varphi^-(y) \quad (8)$$

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

2.Durum: Aşağıdaki eşitlikte verilen koşullar sağlanıyor ise alternatifler aynıdır.

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

3.Durum: Aşağıdaki eşitliklerde verilen koşullardan biri sağlanıyor ise x alternatifi y alternatifi ile karşılaştırılmaz.

$$\varphi^+(x) > \varphi^+(y) \text{ ve } \varphi^-(x) > \varphi^-(y) \quad (11)$$

$$\varphi^+(x) < \varphi^+(y) \text{ ve } \varphi^-(x) < \varphi^-(y) \quad (12)$$

**Adım 7:** Son aşama olan adım 7'de PROMETHEE II'de aşağıda verilen formül ile alternatiflerin tam öncelikleri belirlenmektedir. Hesaplanan alternatiflerin tam öncelik değerleri kullanılarak genel bir sıralama belirlenmektedir.

$$\varphi(x) = \varphi^+(x) - \varphi^-(x) \quad (13)$$

### 4.3 MAUT Yöntemi

MAUT yönteminde hedef, birbiri ile çelişen ve birden fazla kriterleri olan karar verme problemlerinde en yüksek faydanın elde edilmesidir. Nitel ve nicel değerlerin algoritmada yansıtılabildiği uygulaması kolay bir yöntemdir. Bununla birlikte farklı senaryolara uyarlanması açısından MAUT yöntemi kolaylık sunduğu için seçilmiştir (Kim ve Song, 2009). MAUT yönteminin adımları aşağıda verilmiştir (Alp, 2015).

**Adım 1:** Kriterler, alt kriterler ve alternatifler belirlenmektedir.

**Adım 2:** Kriterler ve varsa alt kriterler önem sırasına göre belirlenerek ağırlık değerleri hesaplanmaktadır.

$$\sum_{j=1}^m w_j = 1 \quad (14)$$

**Adım 3:** Bu aşamada kriterlerin değerleri belirlenmektedir yani karar matrisi oluşturulmaktadır.

**Adım 4:** Normalize edilmiş fayda değerleri hesaplanmaktadır. Bu işlem için ilk olarak en kötü ve en iyi değerler belirlenmektedir. En kötü değere 0 ve en iyi değere 1 ataması yapılmaktadır. Aşağıdaki formül ile de diğer kriterlerin atamaları yapılmaktadır.

$$u_i(x_i) = \frac{x - x_i^-}{x_i^+ - x_i^-} \quad (15)$$

$x_i^-$  en kötü değeri ve  $x_i^+$  en iyi değeri ifade etmektedir.

**Adım 5:** Toplam fayda değerleri hesaplanmaktadır.

$$U_{(x)} = \sum_{i=1}^m u_i(x_i) * w_j \quad (16)$$

$U_{(x)}$  alternatiflerin fayda değerlerini,  $u_i(x_i)$  her kriter ve her alternatife normalize fayda değerlerini ifade etmektedir.

**Adım 6:** Son adım olarak artık alternatiflerin sıralaması yapılmaktadır.

## 5. Uygulama

Yapılan bu çalışma, özel sektörde tedarik yönetimi için uygun RFID teknolojisi seçimi problemini ele almıştır. Problem ANP, PROMETHEE ve MAUT yöntemleri ile çözülmüştür. ANP yöntemi ile kriterler ağırlıklandırılmış, PROMETHEE ve MAUT ile de en uygun alternatif seçimleri yapılmıştır. Çalışmanın akış şeması Şekil 2'de verilmiştir. Çalışmada ilk olarak problemin net tanımı yapılmıştır. Problemin belirlenmesinin ardından yapılan araştırmalar neticesinde alternatifler belirlenmiştir ve belirlenen alternatifler çerçevesinde ana ve alt kriterler belirlenmiştir. Bu aşamadan sonra problem ilk olarak ANP ile çözülmüştür. ANP ile kriter ağırlıkları belirlendikten sonra ilk olarak PROMETHEE ile alternatif seçimi daha sonra da MAUT ile seçim yapılmıştır. Bu çözümler karşılaştırılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.



## 1. Problemin Tanımlanması

- 1.1. Kriterlerin belirlenmesi
- 1.2. Alternatiflerin belirlenmesi

## 2. Kriterlerin Ağırlıklandırılması

- 2.1. ANP yöntemi ile ağırlıklandırma
- 2.2. Kriterlerin eşit öneme sahip olması

## 3. RFID Teknolojilerinin Değerlendirilmesi

- 3.1. ANP-PROMETHEE ile değerlendirilmesi
- 3.2. ANP-MAUT ile değerlendirilmesi

## 4. RFID Teknolojilerinin Değerlendirilmesi

- 4.1. PROMETHEE yöntemi ile değerlendirilmesi
- 4.2. MAUT yöntemi ile değerlendirilmesi

## 5. Sonuçların Değerlendirilmesi

- 5.1. Senaryoların değerlendirilmesi

Şekil 2. Akış Şeması (Flow Chart)

### 5.1 Problemin Tanımlanması

Gelişen teknoloji ve artan nüfus ile tedarik zinciri bu bağlamda da depo yönetimi firmalar için önemli bir faaliyet haline gelmiştir. Firmalar depo yönetimini sağlıklı bir şekilde yürütmek için RFID sistemlerinden yararlanmaktadırlar. Bu çalışmada zayıf akım sektöründe öncü firmalardan olan Nova Grup Mühendislik için depo yönetimini sağlayabilmeleri için RFID sistemini tercih etmişlerdir. Alternatifler ve kriterler ÇÖKV yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Çalışmada ANP, PROMETHEE ve MAUT yöntemleri kullanılmıştır.

Problem tanımı ile belirlenen alternatifler ve kriterler şu şekildedir;

Alternatifler: Yapılan araştırmalar neticesinde zayıf akım sektöründe en çok tercih edilen 6 çeşit RFID sistemi belirlenmiştir.

Kriterler: Yapılan literatür taraması ve firmanın istekleri göz önünde bulundurularak bir RFID sistemini tercih etmekte en çok önem arz eden 7 kriter belirlenmiştir. Tercih edilen 7 kriterin literatürde kullanıldığı çalışmalar Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5

## Kriterlerin incelendiği kaynaklar

Kriterler	Kaynaklar
İlk yatırım maliyeti	Lin (2009); Lee ve Lee (2010); Alnıpak ve Alkan (2021); Hung, Chang ve Ting (2010); Büyüközkan ve diğ. (2017)
İşletim maliyetleri	Lin (2009); Lee ve Lee (2010); Alnıpak ve Alkan (2021); Hung ve diğ. (2010); Büyüközkan ve diğ. (2017)
Sistemin performansı	Alnıpak ve Alkan (2021); Ramudhin, Paquet, Artiba, Dupré, Varvaro, ve Thomson (2008); Hung ve diğ. (2010)
İş yazılımı ile entegrasyonu	Lin, (2009); Alnıpak ve Alkan (2021); Ramudhin ve diğ. (2008); Büyüközkan ve diğ. (2017)
Tedarikçi itibarı:	Şenyiğit ve Ünal (2019); Alnıpak ve Alkan (2021)
Satış sonrası hizmetler	Lee ve Lee (2010); Ramudhin ve diğ. (2008)
Kalite güvencesi	Lin (2009); Alnıpak ve Alkan (2021); Ramudhin ve diğ. (2008); Hung ve diğ. (2010); Büyüközkan ve diğ. (2017)

- **İlk yatırım maliyeti:** Bir işletme için yatırım kararları gelecek yıllardaki durumlarını belirleyici bir karardır. Bu kapsamda işletmeler için çok önemli bir karardır. RFID sistem tercihinde de işletmeler uygulayacakları sistemin doğru ve uygun bir yatırım kararı olmasını beklemektedirler.
- **İşletim maliyetleri:** İşletmelerin bir mal veya hizmete ulaşabilmek için zaman, araştırma, ulaşma, pazarlık gibi faaliyetlerine ilişkin toplam giderdir. Bu nedenle işletim maliyeti RFID sistem tercihinde firma için önemli bir kriter haline gelmiştir.
- **Sistemin performansı:** Bir RFID sisteminin performansını etiketlerin özellikleri, okuyucu kapasiteleri, frekansları, güvenilirlik özellikleri gibi sistemin özelliklerini içerir. Seçim yapmak isteyen işletme için bu özellikleri karşılaması önemli bir unsurdur.
- **İş yazılımı ile entegrasyonu:** Firma RFID sistemi ile depo yönetimi sağlayabilmek için seçilmesi uygun görünen alternatifin, kullanılan diğer yazılım paketleri ile uyumlu olması ve adaptasyon sağlaması gerekmektedir.
- **Tedarikçi itibarı:** Tedarikçinin geçmiş başarıları, gelecek planları kısaca misyon ve vizyonu o tedarik firmasını seçebilmek için önemli bir göstergedir.
- **Satış sonrası hizmetler:** Tedarik firmasının hizmet kalitesi ilkelerine ait sözlerini tutması, oluşabilecek her türlü arıza ve şikâyet durumunda servis hizmetlerini doğru ve hızlı bir

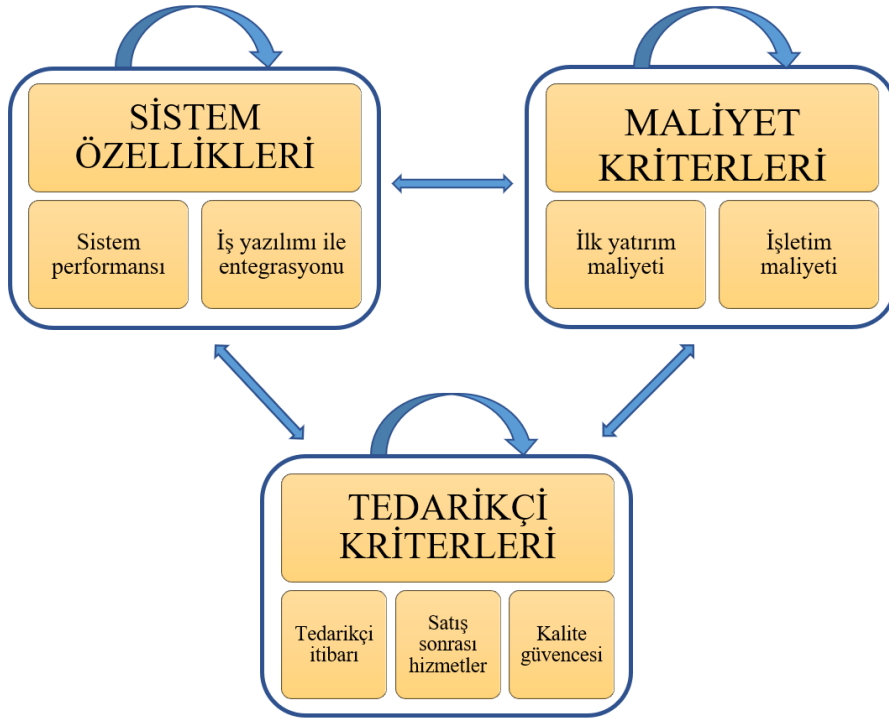
şekilde sunarak müşteri memnuniyetini sağlaması yine işletmeler için önemli bir kriter olarak değerlendirilmektedir.

- **Kalite güvencesi:** Soyut veya somut hizmetin kalite konusunda belirlenen hususları yerine getirerek pazar ortamında güveni sağlaması ile uygulanan planlı faaliyetlerdir.

## 5.2 Kriterlerin ANP Yöntemi ile Ağırlıklandırılması

Çalışmada ilk olarak ANP uygulanmıştır. ANP yönteminin ilk aşaması olan kriterler arası ilişkiler kurularak, ana ve alt kriterler birbirine bağlanarak ağ yapısı oluşturulmuştur. Oluşturulan ağ yapısı Şekil 3'te verilmiştir. Ağ yapısı oluşturulduktan sonra alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Oluşturulan karşılaştırma matrislerinden özvektörler hesaplanarak CR değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan CR değerlerinin 0,10'dan küçük olduğu saptanarak tutarlı oldukları görülmüştür. Bu aşamadan sonra Super Decision Programı ile ANP yönteminin sonuçlarına ulaşılmıştır. Program sonucu kriter ağırlıkları Şekil 4'te verilmiştir.

Şekil 4'te görüldüğü üzere en önemli ana kriter yatırım maliyetleri, en önemli alt kriter ise ilk yatırım maliyeti olarak belirlenmiştir. Alt kriterler önem derecelerine göre ilk yatırım maliyetleri, işletim maliyetleri, iş yazılımı ile entegrasyonu, tedarikçi itibarı, kalite güvencesi, sistemin performansı ve satış sonrası hizmetler şeklinde sıralanmaktadır.



Şekil 3. ANP Ağ Yapısı

Super Decisions Main Window: RFID.sdmod: Priorities

Here are the priorities.

Icon	Name	Normalized by Cluster	Limiting
No Icon	İş yazılımı ile Entegrasyonu	0.70320	0.178149
No Icon	Sistemin Performansı	0.29680	0.075190
No Icon	Kalite Güvencesi	0.35388	0.084979
No Icon	Satış Sonrası Hizmetler	0.27110	0.065100
No Icon	Tedarikçi İtibarı	0.37501	0.090053
No Icon	İlk Yatırım Maliyetleri	0.65156	0.330033
No Icon	İşletim Maliyetleri	0.34844	0.176495

Okay | Copy Values

Şekil 4. Super Decision Program Sonucu

### 5.3 RFID Teknolojilerinin PROMETHEE Yöntemi ile Değerlendirilmesi

Super Decision Programından elde edilen ANP kriter ağırlıkları PROMETHEE çözümünde kullanılmıştır. İlk adım olarak alternatifler için veri analizleri

yapılarak veri matrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan veri matrisi Tablo 6'da gösterilmiştir.

“Sistemin performansı” kriteri için alternatif markaların web sitelerinden sistem özellikleri incelenerek kapasiteleri belirlenmiştir. “İş yazılımı ile entegrasyonu” ise alternatif seçeneklerin zayıf akım sektöründeki yazımlar ile entegresini kullanıcı yorumları ile puanlandırılarak bulunmuştur. 5 en iyi

adaptasyon sağlarken 3 biraz daha aşağıda bir seviye olduğunu göstermektedir. “İlk yatırım maliyeti1” ve “işletim maliyetleri” ise online satış sitesi üzerinden ve firmalar ile iletişime geçilerek fiyatlar belirlenmiştir. Aynı şekilde “kalite güvencesi” (garanti süresi) ve “satış sonrası hizmetler” hakkındaki veriler de firma ile iletişime geçilerek belirlenmiştir. “Tedarikçi itibarı” ise kullanıcı

yorumları ile belirlenmiştir. 5 en iyi seviyeyi belirlerken 4 birkaç özellikten dolayı bir seviye altı ifade etmektedir. Tablo 6.’da belirtilen veriler için uygun tercih fonksiyonları seçilmiştir ve Visual PROMETHEE Programı kullanılarak çözüme ulaşılmıştır. Programın ara yüzü Şekil 5’te ve programın sonucu Şekil 6’da gösterilmiştir

Tablo 6  
PROMETHEE Veri Matrisi

	Sistemin Performansı	İş yazılımı ile Entegrasyonu	İlk Yatırım Maliyetleri	İşletim Maliyetleri	Tedarikçi İtibarı	Kalite Güvencesi (ay)	Satış Sonrası Hizmetler
A1	64	5	8350,240	9350,240	5	15	4
A2	32	3	4762,750	5762,750	5	15	4
A3	32	3	5223,890	6223,890	5	15	4
A4	48	4	6163,550	7163,550	5	15	4
A5	64	5	7495,270	8495,270	4	12	3
A6	32	3	6075,460	7075,460	4	12	3

Visual PROMETHEE Academic - RFID PROMETHEE.vpg (saved)

File Edit Model Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Custom Assistants Snapshots Options Help

Scenario1	Sistemin Perf...	İş Yazılımı ile ...	İlk Yatırım M...	İşletim Maliy...	Tedarikçi İtibarı	Kalite Güven...	Satış Sonrası...
Unit	unit	unit	\$	\$	unit	Ay	unit
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
<b>Preferences</b>							
Min/Max	max	max	min	min	max	max	max
Weight	0,08	0,18	0,33	0,18	0,09	0,08	0,07
Preference Fn.	U-shape	U-shape	Linear	Linear	U-shape	U-shape	U-shape
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	1,0000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
- P: Preference	n/a	n/a	2,00	2,00	n/a	n/a	n/a
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
<b>Statistics</b>							
Minimum	32,0000	3,00	4762,75	707,46	4,00	12,00	3,00
Maximum	64,0000	5,00	8350,24	9350,24	5,00	15,00	4,00
Average	45,3333	3,83	6345,19	6283,86	4,67	14,00	3,67
Standard Dev.	14,3604	0,90	1238,96	2782,03	0,47	1,41	0,47
<b>Evaluations</b>							
<input checked="" type="checkbox"/> A1	64,0000	5,00	8350,24	9350,24	5,00	15,00	4,00
<input checked="" type="checkbox"/> A2	32,0000	3,00	4762,75	5762,75	5,00	15,00	4,00
<input checked="" type="checkbox"/> A3	32,0000	3,00	5223,89	6223,89	5,00	15,00	4,00
<input checked="" type="checkbox"/> A4	48,0000	4,00	6163,55	7163,55	5,00	15,00	4,00
<input checked="" type="checkbox"/> A5	64,0000	5,00	7495,27	8495,27	4,00	12,00	3,00
<input checked="" type="checkbox"/> A6	32,0000	3,00	6075,46	707,46	4,00	12,00	3,00

Şekil 5. Visual PROMETHEE Ara Yüzü

Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	A2	■	0,3542	0,5069	0,1526
2	A3	■	0,1499	0,4047	0,2548
3	A6	■	0,0658	0,3786	0,3129
4	A4	■	-0,0551	0,2816	0,3367
5	A5	■	-0,2033	0,2695	0,4728
6	A1	■	-0,3115	0,1994	0,5109

Şekil 6. PROMETHEE Sonucu

Program sonucuna göre ilk sırada A2 alternatifi olarak bulunmuştur. Tercih sıralamasının A2, A3, A6, A4, A5 ve A1 olarak bulunduğu görülmektedir.

#### 5.4 RFID Teknolojilerinin MAUT Yöntemi ile Değerlendirilmesi

MAUT yönteminde kullanılan karar matrisi PROMETHEE yönteminde kullanılan veri matrisi ile aynıdır. Karar matrisi Tablo 6'da verilmiştir. Karar matrisi aşamasından sonra en iyi ve en kötü değerler

belirlenerek normalize edilmiş fayda değerleri hesaplanmıştır. Normalize edilmiş fayda değerleri Tablo 7'de verilmiştir. Burada en iyi değere 1, en kötü değere 0 verilir ve diğer değerleri bulmak için Eş. (15) kullanılmaktadır.

Toplam fayda değerlerine ulaşabilmek için ANP yönteminde bulunan Şekil 4.'teki ağırlıklar kullanılmıştır. Son adım olarak toplam fayda değerleri hesaplanmıştır ve Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 7

Normalize Edilmiş Fayda Değerleri

	Sistemin Performansı	İş yazılımı ile Entegrasyonu	İlk Yatırım Maliyetleri	İşletim Maliyetleri	Tedarikçi İtibarı	Kalite Güvencesi (ay)	Satış Sonrası Hizmetler
A1	1	1	0	0	1	1	1
A2	0	0	1,000	1,000	1	1	1
A3	0	0	0,871	0,871	1	1	1
A4	0,500	0,500	0,610	0,610	1	1	1
A5	1	1	0,238	0,238	0	0	0
A6	0	0	0,634	0,634	0	0	0

Tablo 8

Toplam Fayda Değerleri

	Sistemin Performansı	İş yazılımı ile Entegrasyonu	İlk Yatırım Maliyetleri	İşletim Maliyetleri	Tedarikçi İtibarı	Kalite Güvencesi (ay)	Satış Sonrası Hizmetler
A1	0,075	0,178	0	0	0,090	0,085	0,065
A2	0	0	0,330	0,176	0,090	0,085	0,065
A3	0	0	0,288	0,154	0,090	0,085	0,065
A4	0,038	0,089	0,201	0,108	0,090	0,085	0,065
A5	0,075	0,178	0,079	0,042	0	0	0
A6	0	0	0,209	0,112	0	0	0

Tablo 8'deki her bir alternatif için toplam fayda değerleri toplanır. Toplanan değerler neticesinde bulunan sonuç Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9  
MAUT Sonucu

Sıralama	
0,747	A2
0,682	A3
0,676	A4
0,493	A1
0,374	A5
0,321	A6

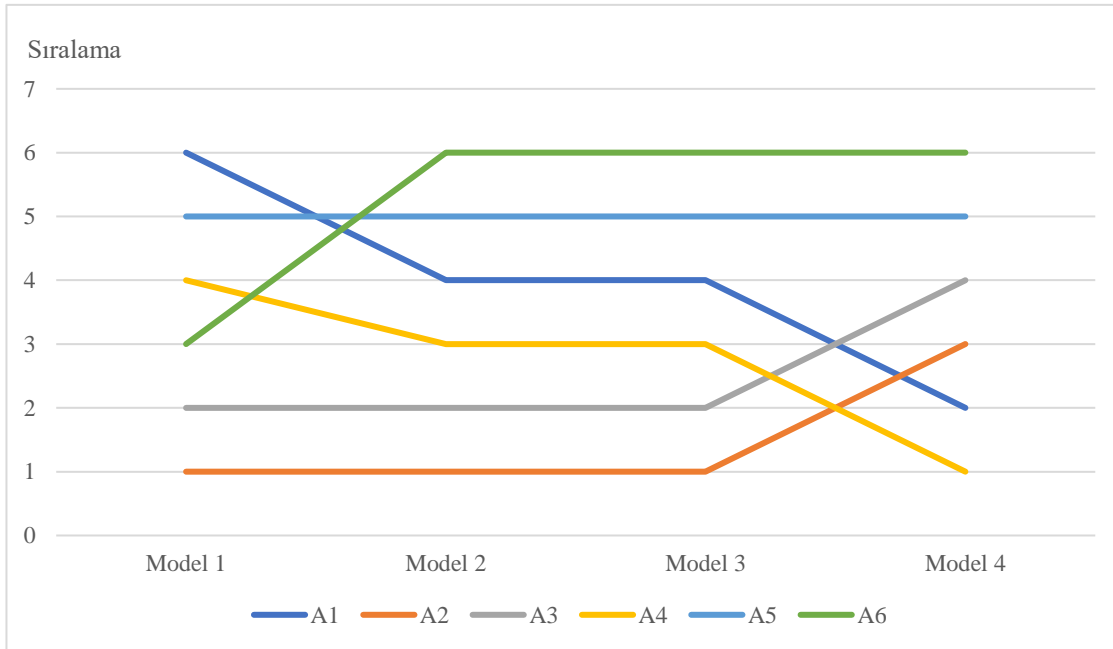
Nihai sıralama sonucu en uygun alternatif A2 bulunmuştur.

### 5.5 Sonuçların Karşılaştırılması

Çalışmada dört senaryo oluşturularak sonuçlar karşılaştırılmıştır. İlk olarak Senaryo 1'de ANP-PROMETHEE yöntem entegrasyonu kullanılmıştır. Senaryo 2 de ise ANP-MAUT yöntemleri ile problem

çözülmüştür. Senaryo 1 ve Senaryo 2'de problemde ele alınan kriterlerin önem derecelerinin birbirinden farklı olabileceği göz önünde bulundurularak kriter ağırlıkları ANP yöntemi ile hesaplanmıştır. Elde edilen kriter ağırlıkları Senaryo 1'de PROMETHEE yönteminde Senaryo 2'de ise MAUT yönteminde kullanılarak nihai sonuca ulaşılmıştır. Senaryo 3 ve Senaryo 4'te ise kriterlerin eşit önem derecelerine sahip olduğu varsayılarak çözüme ulaşılmıştır. Senaryo 3'te PROMETHEE yönteminde Senaryo 4'te de MAUT yönteminde kriter ağırlıkları eşit alınarak algoritmalar çözülmüştür. Dört senaryonun sonucu Şekil 7'de verilmiştir.

Senaryo 1'de en uygun alternatif A2 olarak bulunmuştur. A2'in arkasından A3 ve A6 gelmektedir. Senaryo 2'de ise en uygun alternatif A2 olarak görülmektedir. Senaryo 3 ve Senaryo 4'te kriter ağırlıkları eşit alınmıştır. Bu durumda PROMETHEE sonucu (Senaryo 3) alternatif seçimi A2 olarak görülürken, MAUT yöntemi sonucunda (Senaryo 4) A4 alternatifi olarak görülmüştür. Üç senaryo sonucunda da A2 ilk sırada çıktığı için işletmenin A2 alternatifini seçmesi gerekmektedir.



Şekil 7. Sonuçların Karşılaştırılması

## 6. Sonuç ve Öneriler

Tedarik zinciri yönetimi işletmeler için varoluşlarından itibaren en önemli konulardan birisi halindedir. İşletmeler doğru ve sorunsuz malzeme ve bilgi akışını tedarik zinciri yönetimi ile sağlamaktadırlar. Bu bilgi akışında ise işletmeler teknolojiye yani Endüstri 4.0'dan yararlanmaktadır. Endüstri 4.0 kapsamında firmalarda IoT kullanımı ile kapasitelerin efektif kullanımı, daha doğru ve hızlı ilerleyen bir yönetim sağlanmaktadır. Firmalar için bu kapsamda depo ve tedarik zinciri yönetimini sağlayabilmek için doğru teknoloji seçimi kritik bir karardır.

Bu çalışmada zayıf akım sektöründe hizmet vermekte olan özel bir firmanın depo yönetimi için en uygun RFID sistem seçme problemi ele alınmıştır.

Bu seçim aşamasında ÇÖKV yöntemlerinden ANP, PROMETHEE ve MAUT yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada iki senaryo oluşturulmuştur. İlk senaryoda ANP yöntemi ile ana ve alt kriter ağırlıkları Super Decision programı ile bulunmuştur. Ağırlıkları bulunan alt kriterler PROMETHEE yönteminde kullanılmıştır. PROMETHEE çözümü için Visiual PROMETHEE programı kullanılmıştır ve en uygun alternatif seçilmiştir. Daha sonra ANP yöntemi ile bulunan ağırlıklar MAUT yönteminde kullanılarak en uygun alternatif sistemi belirlenmiştir. ANP yöntemi kriterlerin kendi içerisindeki ve diğer kriterler ile etkileşimlerini dikkate alan bir yöntemdir. ANP sonucu en önemli kriter ilk yatırım maliyeti alt kriteri olarak belirlenmiştir. PROMETHEE yöntemi ANP ağırlıklandırması ile çözülerek en uygun sonucu bulmuştur. ANP'de en önemli kriter ilk yatırım kriteri olduğu için PROMETHEE sonucunda da diğer kriterlerin önem derecesi baz alınarak uygun maliyetli A2 alternatifi seçilmiştir.

MAUT yönteminde de ağırlıklandırma ANP yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda PROMETHEE yöntemi ile bulunan sonuç ile örtüşerek MAUT yönteminde de en uygun alternatif olarak A2 bulunmuştur.

İkinci senaryoda ise kriter ağırlıkları eşit alınarak alternatif sıralama oluşturulmuştur. PROMETHEE yönteminde en uygun alternatif A2 bulunurken, MAUT yönteminde A4 ve A4'den sonra A2 olarak bulunmuştur. Burada sonuçların farklı çıkmasının sebebi ise yöntemlerdeki farklılıklardan kaynaklanmaktadır.

Bu çalışma Ankara ilinde stratejik öneme sahip zayıf akım sektöründe faaliyet gösteren NOVA Grup Mühendislik Firması'nda depo ve tedarik zinciri yönetimi için gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma Endüstri 4.0 kapsamında zayıf akım sektöründe tedarik zinciri yönetimi için en uygun RFID sistem tercihi yapılan ilk çalışmadır. Ayrıca literatürde teknoloji seçiminde ÇÖKV yöntemlerinden AHP, ANP, ELECTRE ve TOPSIS'in kullanıldığı görülmüştür. Böylelikle bu çalışma ile farklı yöntem olarak MAUT ve PROMETHEE yöntemleri kullanılmıştır.

İleride yapılacak çalışmalar için sektör olarak farklı sektörler belirlenerek hem kriterler hem de alternatifler çoğaltılabilir. Ayrıca bu sektörde de diğer ÇÖKV yöntemleri kullanılarak farklı senaryolarda çözümlere ulaşılabilir.

## Araştırmacıların Katkısı

Bu araştırmada; Ebru TAŞKIN, çalışmada ele alınan probleme ilişkin verilerin toplanması, çözüm yöntemlerinin uygulanması ve sonuçların raporlanması; Nisanur GEZİK, 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 konularında katkı sağlamışlardır.

## Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

## Kaynaklar

- Akinci BN., Danişan T., Eren T., (2021). Obezite Hastaları için Giyilebilir Teknolojilerin ÇKKV Yöntemleri ile Seçimi. *Politeknik Dergisi*, (basımda), 1-1. Doi: <https://doi.org/10.2339/politeknik.886544>
- Aksüt, G., Eren, T., Tüfekçi, M., 2020. Tekstil Sektöründe Kadın Çalışanların Maruz Kaldığı Ergonomik Risklerin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Belirlenmesi. *Endüstri Mühendisliği*, 32(1), 12-33. Doi: <https://doi.org/10.46465/endustrimuhendisligi.789642>
- Alnıpak, S., & Alkan, G. B. (2021). Bulanık AHS Yöntemi ile Konteyner Terminalleri için RFID

- Sistemi Seçimi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 13 (4), 3889-3909.
- Alp İ., (2015). Entropi Temelli MAUT Yöntemi ile Sürdürülebilirlik Gelişimi: Bir Vaka Çalışması. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 11 (2), 65-81. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/528497>
- Aribaş, M., & Özcan, U. (2016). Akademik Araştırma Projelerinin AHP ve TOPSIS Yöntemleri Kullanılarak Değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi*, 19(2), 163-173. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/385786>
- Büyüközkan, G., Karabulut, Y., Arsenyan, J. (2017). RFID Service Provider Selection: An Integrated Fuzzy MCDM Approach. *Measurement* 112:88-98. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.08.018>
- Çetin, T. (2019). Yüksek Hacimli Ahşap Ürünlerin Depo Yönetiminde RFID Teknolojisinin Uygulanabilirliği. *Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi*. Erişim adresi: <http://dSPACE.balikesir.edu.tr/xmlui/handle/20.500.12462/6596>
- Dağdeviren, M., Diyar, A. ve Kurt, M. (2004). İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulanması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(2). Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/76125>
- Dağdeviren, M., Dönmez, N. ve Kurt, M. (2006). Bir İşletmede Tedarikçi Değerlendirme Süreci için Yeni Bir Model Tasarımı ve Uygulanması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(2): 247- 255. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/76438>
- Dağdeviren, M. & Erarslan, E. (2013). PROMETHEE Sıralama Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(1), 69-75. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/gazimmfd/issue/e/6675/88291>
- d'Hont, S. (2004). The Cutting Edge of RFID Technology and Applications for Manufacturing and Distribution. *Texas Instrument TIRIS*, 16. Erişim adresi: [http://idc-online.com/technical\\_references/pdfs/instrumentation/The%20Cutting%20Edge%20of%20RFID%20Technology.pdf](http://idc-online.com/technical_references/pdfs/instrumentation/The%20Cutting%20Edge%20of%20RFID%20Technology.pdf)
- Evren, R. ve Ülengin F. (1992). Yönetimde Karar Verme. *İstanbul Teknik Üniversitesi Yayını*, Sayı: 1478, İstanbul.
- Fu, H.-P., Chang, T.-H., Lin, A., Du, Z.-J. and Hsu, K.-Y. (2015), Key Factors for The Adoption of RFID in The Logistics Industry in Taiwan, *The International Journal of Logistics Management*, 26 (1),. 61-81. Doi: <https://doi.org/10.1108/IJLM-09-2012-0091>
- Genç, T. (2013). PROMETHEE Yöntemi ve GAIA Düzlemi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(1), 133-154. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/akuiibfd/issue/1619/20284>.
- Goumas, M., Lygerou, V. (2000). An Extension of The PROMETHEE Method for Decision Making in Fuzzy Environment: Ranking of Alternative Energy Exploitation Projects. *European Journal of Operational Research*, 123(3), 606-613. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00093-4](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00093-4)
- Güneş, M. ve Umarusman, N. (2003). A Decision Support Tool is Fuzzy Target Programming and Implementation of Tax Optimization in Local Governments. *Review of Social, Economic & Business Studies*, (2): 242-255.
- Hung, S. Y., Chang, S. I., & Ting, C. P. (2010). Understanding the key success factors of RFID use in supply chain management: a Delphi study. *International Journal of Mobile Communications*, 8(3), 313-333.
- Karaca, S. (2010). RFID Teknolojisi ile Anlık Personel Takip Sistemi. *Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi*. Erişim adresi: <https://hdl.handle.net/20.500.12415/3998>
- Karsak, E. Sozer, S., Alptekin S. (2003). Product Planning in Quality Function Deployment Using a Combined Analytic Network Process and Goal Programming Approach. *Computers & Industrial Engineering*, 44(1): 171-190. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0360-8352\(02\)00191-2](https://doi.org/10.1016/S0360-8352(02)00191-2)
- Keleş, B., & Ova, G. (2020). Gıda Tedarik Zinciri Yönetiminde Bilgi Teknolojileri Kullanımı. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1), 137-143. Doi: <https://doi.org/10.25308/aduziraat.695732>
- Kim, S. K., & Song, O. (2009). A MAUT Approach for Selecting a Dismantling Scenario for The Thermal Column in KRR-1. *Annals of Nuclear Energy*, 36(2), 145-150. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2008.11.034>



- Lee, I., & Lee, B. C. (2010). An Investment Evaluation Of Supply Chain RFID Technologies: A Normative Modeling Approach. *International Journal of Production Economics*, 125(2), 313-323.
- Lee, H., & Özer, Ö. (2007). Unlocking The Value of RFID. *Production and Operations Management*, 16(1), 40-64. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2007.tb00165.x>
- Lin, B. and Jones, C. A. (2009). Digital Supply Chain Management and Implementation: A Research Review Swdsi.Org, 589-592. Erişim adresi: <http://www.swdsi.org/swdsi2009/papers/9q02.pdf>
- Lin, L. C. (2009). An Integrated Framework for the Development of Radio Frequency Identification Technology in the Logistics and Supply Chain Management. *Computers & Industrial Engineering*, 57 (3), 832-842.
- Malkoç, E. (2006). *Depo Yönetim Sistemlerinde Kullanılan Otomatik Tanıma ve Veri Toplama Teknolojileri ile RFID Etiketleme* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi. Erişim adresi: <http://hdl.handle.net/11527/9939>
- Maraşlı, F. & Çıbuk, M. (2015). RFID Teknolojisi ve Kullanım Alanları. *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 249-275. Doi: <https://doi.org/10.17798/beufen.19847>
- Mehrjerdi, Y. Z. (2013). Hierarchical Multi-Criteria Risk-Benefit Analysis in Fuzzy Environment. *Applied Soft Computing*, 13(1), 590-599.
- Mohammed, A., Harris, I. and Dukyil, A. (2019), A Trasilient Decision Making Tool for Vendor Selection: A Hybrid-MCDM Algorithm, *Management Decision*. 57 (2), 372-395. Doi: <https://doi.org/10.1108/MD-04-2018-0478>
- Oral, N., Yumuşak, R. Eren, T., (2021). AHP ve ANP Yöntemleri Kullanılarak Tehlikeli Madde Depo Yeri Seçimi: Kırıkkale İlinde Bir Uygulama. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10 (1): 115- 124. Doi: <https://doi.org/10.28948/ngumuh.744734>
- Oral, N., Yapıcı S. Yumuşak R. ve Eren T. (2021). Pandemi Sürecinde Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi için İlaç Deposu ve Aşı Dağıtım Merkezi Yeri Seçimi, *Politeknik Dergisi*, (basımda), 1-1. Doi: <https://doi.org/10.2339/politeknik.884835>
- Oztaysı, B., & Mich, L. (2008). Technology Selection for RFID Based Actions-Tracking System Using Fuzzy AHP. *In Computational Intelligence in Decision and Control*, 1057-1062.
- Özcan, E.C., Danişan, T., Yumuşak, R., Gür, Ş., Eren, T., (2019). Goal Programming Approach for The Radiology Technician Scheduling Problem. *Sigma Journal of Engineering and Natural Science*, 37(4): 1411-1420.
- Özcan, E.C., Yumuşak, R., Eren, T., (2019). Risk Based Maintenance in the Hydroelectric Power Plants. *Energies*, 12 (8): 1502-1523. Doi: <https://doi.org/10.3390/en12081502>
- Özcan, E.C., Danişan, T., Yumuşak, R., Eren, T., (2020). 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. Doi: <https://doi.org/10.17531/ein.2020.3.3>
- Özcan, E.C., Yumuşak, R., Eren, T., (2021). A Novel Approach to Optimize the Maintenance Strategies: A Case in the Hydroelectric Power Plant. *Eksploatacja I Niezawodność - Maintenance and Reliability*, 23 (2), 324-337. Doi: <http://dx.doi.org/10.17531/ein.2021.2.12>
- Özdemir, A. İ., & Doğan, N. Ö. (2010). Tedarik Zinciri Entegrasyonu ve Bilgi Teknolojileri. *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1(28), 19-41. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/219534>
- Özmen, G. A., & Birgün, S. (2011). Radyo Frekansı ile Tanımlama Sistemi Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi Uygulaması. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 5(1), 81-88.
- Ramudhin, A., Paquet, M., Artiba, A., Dupré, P., Varvaro, D., & Thomson, V. (2008). A Generic Framework to Support the Selection of An RFID-Based Control System With Application to the MRO Activities of An Aircraft Engine Manufacturer. *Production Planning and Control*, 19(2), 183-196.
- Saaty, T. L. (1999). Fundamentals Of The Analytic Network Process. *Proceedings Of Isahp, Kobe, Japan*, 48-63. Erişim adresi: <http://shaghoool.ir/Files/1999-200.pdf>
- Sarı, K., (2006). Ortaklaşa Planlama, Tahmin ve İkmal Yönteminin Tedarik Zinciri Performansına Etkileri. *Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul. Erişim adresi: <http://hdl.handle.net/11527/5930>
- Sarı, K. (2013), Selection of RFID Solution Provider: A Fuzzy Multi-Criteria Decision Model with Monte Carlo Simulation, *Kybernetes*, 42(3), 448-465. Doi: <https://doi.org/10.1108/03684921311323680>
- Şenyiğit, E., Ünal, Z., (2019). BWM-MOPA Yöntemi ile En İyi RFID Sisteminin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim*

- ve Teknoloji Dergisi: 9-14. Doi: <https://doi.org/10.31590/ejosat.636169>
- Ullah, M. and Sarkar, B. (2020). Recovery Channel Selection in Hybrid Production-Reproduction Production Model With RFID and Product Qualit. *International Journal of Production Economics* 219: 360-374. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.07.017>
- Yapıcı, S., Yumuşak, R., Eren, T., (2020). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Medikal Depo Yeri Seçimi. *Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9 (2): 203-221. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/trakyaibf/issue/58472/746821>
- Yapıcı, S., Oral, N., Yumuşak, R., Eren, T., (2021). Blokzincir Teknolojisi ile Merkezi ve Dağıtık Veri Tabanının Karşılaştırılması. *Endüstri Mühendisliği*, 32 (3): 457-472. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/endustrimuhen/disligi/issue/66238/938131>
- Yenigün, R., Yıldız, A. ve Levent, U. (2020). RFID Kütüphane Sistemi için En Uygun RFID Etiketinin AHP ve ANP Yöntemleriyle Belirlenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 9.4: 1596-1608. Doi: <https://doi.org/10.17798/bitlisfen.589677>
- Yıldız, A., Karakoyun, F., & Parlak, I. E. (2018). The Most Suitable Mobile RFID Reader Selection By Using Interval Type-2 Fuzzy TOPSIS Method. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 36(3), 717-729.
- Yüksel, M. E., Durukan-Odabaşı, Ş. (2009). Nesnelere İzlenebilir ve Yönetilebilir mi? Cevap: RFID. *Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri*. Erişim adresi: [https://ab.org.tr/ab09/kitap/yuksel\\_odabasi\\_A\\_B09.pdf](https://ab.org.tr/ab09/kitap/yuksel_odabasi_A_B09.pdf)
- Wan, S. P., Wang, F., & Dong, J. Y. (2016). A Novel Group Decision Making Method with Intuitionistic Fuzzy Preference Relations for RFID Technology Selection. *Applied Soft Computing*, 38, 405-422.