



Gıda Tedarik Zincirinde Taşımacılık Maliyetlerinin Minimizasyonuna Yönelik Bir Vaka Çalışması*

A Case Study for the Minimization of Transportation Costs in Food Supply Chain

Yasin DEMİRKAN**

İskender PEKER***

A. Cansu GÖK KISA****

DOI: <https://doi.org/10.25204/iktisad.970206>

Makale Bilgileri

Makale Türü:
Araştırma
Makalesi

Geliş Tarihi:
12.07.2021

Kabul Tarihi:
24.11.2021

© 2022 İKTİSAD
Tüm hakları
saklıdır.



Article Info

Paper Type:
Research Paper

Received:
12.07.2021

Accepted:
24.11.2021

© 2022 JEBUPOR
All rights
reserved.



Öz

Etkin tedarik zinciri yönetimi için işletmelerin lojistik maliyetlerden tasarruf etmeleri son derece önemlidir. Yapılan çalışmalar, taşıma faaliyetlerinin ortalama bir ürünün maliyetine etkisinin %10-%20 olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, taşımacılıkta yapılan herhangi bir iyileştirme, maliyetin azaltılmasına yardımcı olacak ve işletmenin kârına önemli katkı sağlayacaktır. Bu çalışmanın amacı, Karadeniz Bölgesinin lojistik üssü olan Samsun ilinde dış ticaret yapan bir gıda şirketinin dış kaynak sağlayıcısının, taşıma maliyetlerini minimize etmektir. Bu kapsamda bir Araç Rotalama Problemi (ARP) modeli geliştirilmiştir. Çözüm sürecinde, kapasite harici kısıt olmaması, verilerin eksiksiz olması ve herhangi bir varsayımda bulunulmamasından dolayı sezgisel Tasarruf Algoritması kullanılmıştır. Veriler ürünlerin taşınması sırasında şirketin oluşturduğu sevk irsaliyelerinden elde edilmiştir. Müşterilerden gelen taleplerin dağıtımını haftanın iki gününde yapılmaktadır. Önerilen çözüm algoritması ile gerek rota mesafesinde gerekse taşıma maliyetlerinde önemli tasarruf elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gıda tedarik zinciri, kapasite kısıtlı ARP, tasarruf algoritması.

Abstract

It is very important for businesses to save on logistics costs for effective supply chain management. Studies show that the effect of transportation operations on the cost of an average product is 10%-20%. Therefore, any improvement in transportation will help reduce the cost and make an important contribution to the profit of the business. The aim of this study is to minimize the transportation costs of an outsourcing provider of a food company doing foreign trade in Samsun, which is the logistics base of the Black Sea Region. In this context, a Vehicle Routing Problem (VRP) model is developed. In the solution process, the heuristic Savings Algorithm is used because there is no constraint except capacity, the data is complete and there is no variable. The data is obtained from the bill of lading formed by the company during the transportation of the products. The distribution of demands from customers is made two days a week. With the proposed solution algorithm, significant savings have been achieved in both route and transportation costs.

Keywords: Capacity limited VRP, food supply chain, savings algorithm.

Atf/ to Cite (APA): Demirkan, Y., Peker, İ. ve Gök Kısa, A. C. (2022). Gıda tedarik zincirinde taşımacılık maliyetlerinin minimizasyonuna yönelik bir vaka çalışması. *İktisadi İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi*, 7(18), 212-225

* Bu makale, 24-26 Haziran 2021 tarihleri arasında Kahramanmaraş'ta düzenlenmiş olan 10. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi'nde "Tasarruf Algoritması ile Taşıma Maliyetlerinin Minimizasyonuna Yönelik Bir Vaka Çalışması" başlığı ile sunulmuş ve kongre kitapçığında özet olarak basılmış bildirinin genişletilmiş halidir.

** ORCID Yüksek Lisans Öğrencisi, Gümüşhane Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, yasindemirkan@outlook.com.tr

*** ORCID Doç. Dr., Gümüşhane Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, iskenderpeker@gumushane.edu.tr

**** ORCID Dr. Öğr. Üyesi, Hitit Üniversitesi, İİBF, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, cansugok@hitit.edu.tr

Extended Abstract

Introduction and Research Questions & Purpose:

During the Covid-19 pandemic, the issue of sustainability of the supply chain has gradually gained value, especially with the increase in the mobility in the food sector. In today's conditions, it is necessary for the food supply chain to continue without interruption and at the same time to minimize the costs arising from the activities. Searching for solutions with appropriate solution methods to real problems specific to companies, both in the food sector and in other sectors, will be a guide for both the sector and the researchers. In this direction, in the current study, an VRP application has been made through a real case study in order to minimize the transportation costs of an outsourcing provider of a food company engaged in foreign trade in Samsun, which is the logistics base of the Black Sea Region. For this purpose, the savings algorithm, which is an intuitive solution method for VRP, is used. The fact that Samsun has international ports, organized industrial zones, all transportation modes and a logistics center has made this province an important base connecting the Black Sea Region to other regions. Existing features have been a factor in the subject of applying a case study in Samsun.

Literature Review:

While conducting the literature research, various databases, especially Scopus, Web of Science and Science Direct, were scanned by using the keywords "vehicle routing problem", "saving algorithm" and some studies were obtained. Among these studies, case studies for food supply chains and VRP applications are few. Some of these studies can be summarized as follows: Zhou et al. (2016) combined path reconnection and hybrid bat algorithm for capacity-constrained ARP and compared with existing studies in the literature. Kulaç (2019) applied ARP to ensure that the cables used for vehicles in the intralogistics system of a company operating in the automotive industry. Kunnapadeelert and Thawern (2021) applied the savings algorithm for a distribution problem in the steel industry. It is thought that the application of VRP on a real case will make a significant contribution to the existing literature, both on the basis of subject and method, in the food industry which is one of the industries where the necessity of finding the right products at the right time, under the right conditions and in the desired amount, is increasing even more during the COVID-19 process.

Methodology:

The company, in which the case study was carried out, operates as a 3PL provider of a food company in Samsun, such as transportation, warehousing etc. It is a large-scale company that provides services and plays an important role in the domestic distribution of products coming to Samsun ports from abroad. VRP modeling with savings algorithm was carried out considering the current route of the company in the food supply chain in Samsun. In terms of addressing a real problem, the study is conducted in a single enterprise, which is the subject of the case, and improvement has been made on the current situation. The company, which has 22 customers, distributes products two days a week and the vehicle used takes a maximum of 12.000 kg of product. In this process, by looking the waybills showing the quantities of the products requested by 22 customers, each customer was identified with the codes "M1, M2, M3, ...". The distance between the 22 customers in the study and the distance of each customer to the warehouse where the products are located are shown by creating a distance matrix. While obtaining the distance matrix, the MAPS application included in the additional package of the Microsoft Office Excel was used. The saving matrix was obtained by using the distance information in the distance matrix.

Results and Conclusions:

When the results of the VRP analysis carried out with the savings algorithm are examined, it has been revealed that improvements have been made in the current route of the company. While the monthly distance covered is currently determined as 2954.88 km, this road route has been reduced to 2403.84 km with the savings algorithm. Therefore, this study provides the opportunity to save 551.04 km road distance. With this savings, a significant reduction in cost and time is achieved in the relevant company, and route planning is made in the most appropriate way. It can be said that as a result of reducing the distance covered and proper route planning, an increase in efficiency can be achieved, especially with less fatigue of the drivers. In the application of the VRP with savings algorithm, which is also included in similar studies, Kulaç (2019), Kaplanseren et al. (2019) and Damayanti et al. (2020), it is revealed that the transportation costs are saved. The results obtained with the application made in this study offer an approach that researchers and practitioners can evaluate in solving real case problems.

1. Giriş

Artan dünya nüfusu ile beraber gıda ürünlerinin ve bu ürünleri üretmede kullanılan hammaddenin depolanması, ambalajlanması, taşınması vb. lojistik faaliyetler oldukça önem kazanmış olup bunların uzman kişi ve kurumlar tarafından yürütülmesi gerekmektedir. Yapılan araştırmalarda, taşımacılık faaliyetlerinin, lojistik maliyetler içerisinde en yüksek paya sahip olduğu görülmekte ve işletmelerin toplam maliyetine etkisinin giderek arttığı gözlemlenmektedir (Tokay vd., 2011: 227). Bu nedenle ürünlerin taşıma faaliyetlerinden doğan maliyetlerinden tasarruf etmek etkin bir tedarik zinciri yönetimi için son derece önemlidir. Araç Rotalama Problemi (ARP), ürünlerin bir veya birden çok araç yardımıyla bir veya birden fazla üretim merkezinden ilgili müşterilere en kısa mesafe veya en az maliyetle ulaştırılmasını amaç edinen bir problem türüdür (Schermer vd., 2019: 167). İlgili literatür incelendiğinde, lojistik maliyetlerin minimize edilmesi, zamanında ve hedefe yönelik iyileştirmeler yapılması hususunda ARP uygulamalarının öne çıktığı ve çalışmalarda sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. İşletmeye özgü problemlerin çözümünde kullanılan bu uygulamalarla taşımacılıkta yapılan herhangi bir iyileştirme, maliyetlerin azaltılmasına yardımcı olmakta ve işletmenin karına önemli katkı sağlamaktadır. Aynı zamanda tedarik zincirlerinin verimliliklerinin artırılmasında da rol oynamaktadır.

Yaşanan Covid-19 pandemisi sürecinde özellikle gıda sektöründeki hareketliliğin artmasıyla tedarik zincirinin sürdürülebilirliği konusu giderek değer kazanmıştır. Gıda tedarik zincirinin aksamadan devam edebilmesi ve aynı zamanda faaliyetlerden kaynaklanan maliyetlerin minimize edilmesi günümüz şartlarında gereklilik arz etmektedir. Gerek gıda sektöründe gerekse diğer sektörlerde firmalara özgü gerçek problemlere uygun çözüm yöntemleri ile çözüm aranması hem sektör açısından hem de araştırmacılar açısından yol gösterici olacaktır. Bu doğrultuda mevcut çalışmada, Karadeniz Bölgesi'nin lojistik üssü olan Samsun ilinde dış ticaret yapan bir gıda şirketinin dış kaynak sağlayıcısının, taşıma maliyetlerini minimize etmek amacıyla gerçek bir vaka çalışması üzerinden ARP uygulaması yapılmıştır. Bu amaçla ARP için sezgisel bir çözüm yöntemi olan tasarruf algoritması kullanılmıştır. Samsun'un uluslararası limanlara, organize sanayi bölgelerine, tüm taşıma modlarına ve lojistik merkeze sahip olması, bu ili Karadeniz Bölgesi'ni diğer bölgelere bağlayan önemli bir üs konumuna getirmiştir. Mevcut özellikler Samsun'da bir vaka çalışmasının konu edinilmesinde etken olmuştur.

Dört bölümden oluşan çalışmanın takip eden aşamasında konuya yönelik literatür araştırmasına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan Tasarruf Algoritmasına ait teorik bilgiler sunulmuştur. Dördüncü bölümde, gerçek bir vaka analizi ele alınmış ve uygulama alanları ortaya koyulmuştur. Son bölümde ise sonuç ve önerilere yer verilmiştir.

2. Literatür Araştırması

Literatür araştırması gerçekleştirilirken “araç rotalama problemi”, “tasarruf algoritması”, “vehicle routing problem” ve “savings algorithm vehicle routing” anahtar kelimeleri kullanılarak çeşitli veri tabanları taranmış ve aşağıdaki çalışmalar elde edilmiştir.

Çetin vd. (2011) yeni bir sezgisel algoritma geliştirerek heterojen filolu eş zamanlı topla- dağıt ARP uygulaması yürütmüşlerdir. Analiz sonuçlarında önemli bir miktarda tasarruf elde edildiği ifade edilmiştir. Tekin vd. (2011) Konya ilinde faaliyet gösteren bir dondurma firmasının rota minimizasyonuna yönelik çalışma gerçekleştirmişlerdir. Problem çözümünde sezgisel İki Yol Değişim Gelişim metodu kullanılmıştır. Firmanın mevcut yol rotası üzerinde önemli bir oranda iyileştirme sağlanmıştır.

Kosif ve Ekmekçi (2012) sezgisel tasarruf algoritmasını kullanarak kapasite kısıtlı açık turlu ARP 'ye çözüm sunmuşlardır. Elde edilen sonuçlar yakıt maliyetinde önemli bir tasarruf sağlandığını göstermiştir. Xiao vd. (2012) kapasite kısıtlı ARP 'ye bir çözüm önerisinde bulunmuşlardır. Sezgisel

çözüm yöntemlerinden eniyileme algoritması ve melez tavlama algoritması kullanılmıştır. Oluşturulan modellerle beraber yakıt tüketiminde ortalama %5'lik bir tasarruf sağlandığı görülmüştür.

Demircioğlu (2013) sezgisel yöntemlerden tasarruf algoritması ile Mersin'de bir firmanın taşımacılık maliyetlerinin azaltılmasına yönelik çözüm aramıştır. ARP uygulaması ile mevcut çalışmada kullanılan araç sayısında ve yol güzergahında önemli bir iyileşmenin sağlandığı bir model önerisinde bulunulmuştur. Karagül ve Güngör (2013) turizm sektöründe faaliyette bulunan bir firmanın müşterilerini havalimanına ulaştırma sürecini incelemiştir. Mevcut kullanılan rotada, tasarruf algoritması ve süpürme algoritması ile birlikte %28 oranında iyileştirme sağlanmıştır.

Reed vd. (2014) bir şirketin atık toplamada kullandığı araç rota güzergahını incelemiştir. Kapasite kısıtlı ARP kapsamında, meta-sezgisel ayrıştırılmalı çok bölmeli çözüm algoritması kullanılmıştır. Yapılan analizlerle önemli ölçüde iyileştirmeler elde edilmiştir.

Atmaca vd. (2015) Ankara'da bir beyaz eşya şirketinin ürünlerini taşımada kullandığı rotayı incelemiştir. Problem çözümünde karışık tam sayılı programlama metodu kullanılmıştır. Mevcut rota güzergâhından %67 oranında tasarruf elde edilmiştir.

Zhou vd. (2016) kapasite kısıtlı ARP'ye yönelik yol yeniden bağlama ile melez yasa algoritması birbiriyle birleştirilerek literatürde var olan çalışmalarla kıyaslama yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kesin ve sezgisel yöntemlerle rekabet edebilecek bir algoritma oluşturulduğuna ulaşılmıştır. Bu algoritmayla zaman pencereli ARP'nin daha kolay çözülebileceğine varılmıştır.

Ulutaş vd. (2017) Sivas'ta bir ekmek fırınının marketlere yapmış olduğu ekmek dağıtımını incelemiştir. Problem çözümünde sezgisel tasarruf algoritması kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 15 markete hizmet verilirken önemli bir yakıt tasarrufu sağlandığı belirlenmiştir.

Dişkaya (2018) Adana'da faaliyet gösteren bir şirkete yönelik yeşil lojistik ARP üzerine bir çalışma yürütmüştür. Problem çözümünde genetik algoritma ve yasaklı arama algoritması kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında %26 karbon emisyonu tasarruf sağlandığına ulaşılmıştır. Yazgan ve Büyükyılmaz (2018) 76 müşterisi bulunan bir şirket için ARP uygulaması yapmışlardır. Meta-sezgisel karışık tam sayılı programlama çözüm metodu kullanılmıştır. Mevcut kullanılan araç sayısında ve yol mesafesinde önemli bir tasarruf elde edilmiştir.

Kulaç (2019) otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın iç lojistik sisteminde araçlar için kullanılan kabloların operatörler tarafından dağıtımının en kısa sürede en iyi şekilde yapılması için ARP uygulamıştır. Sezgisel çözüm yöntemlerinden tasarruf algoritması ve süpürme yöntemi kullanılmıştır. Mevcut durum analiz edildiğinde 63331 metre olan mesafe tasarruf algoritmasıyla 15294 metre ve süpürme yöntemine göre 16690 metreye düşürülmüş ve karşılaştırma sonucu tasarruf algoritmasının daha uygun olduğu belirlenmiştir. Yıldırım ve Çebi (2019) internet üzerinden alışveriş yapan müşterilerin siparişlerini ulaştırma aşamasında yararlandığı lojistik firmasının kullanmış olduğu yol güzergahını minimize etmeyi amaçlamışlardır. Çözüm sürecinde süpürme algoritmasından yararlanılmıştır. Mevcut 20 araçla yapılan dağıtımın 10 araçla yapılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Çetin ve Özçakar (2019) akaryakıt dağıtımını yapan bir firmanın rota güzergâhını incelemiştir. Kompartmanlı ARP dahilinde olan çalışmanın çözümünde tasarruf ve yükleme algoritması kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında mevcut duruma göre %21 oranında iyileştirme olduğu görülmüştür. Kaplanseren vd. (2019) bir firmanın personellerinin işe geliş gidişinde kullanılan servis aracının rotalama problemini ele almışlardır. Problem çözümünde tasarruf algoritmasından faydalanılmıştır. Analiz sonuçlarında %24 oranında maliyet tasarrufu ve %24,7 oranında karbondioksit salınımda azalma görülmüştür. Babayiğit ve Yıldız (2019) ARP çözümüne yönelik melez bir algoritma ortaya koymuşlardır. Kapasite kısıtının olduğu problemde en yakın komşu, yapay arı kolonisi ve 2-opt algoritmaları birlikte kullanılmıştır. Elde edilen algoritma literatürde var olan test problemlerinde kullanılmış ve iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Akbar ve Aurachmana (2020) Endonezya'nın Doğu Java Eyaleti'nde faaliyet gösteren bir gıda firmasına yönelik toplama- dağıtım ARP uygulamasını ele almışlardır. Çözüm yöntemi olarak genetik

algoritma ve tabu arama algoritması kullanılmıştır. Şirketin mevcut rotası yeni sonuçlarla karşılaştırıldığında %15,9 oranında iyileştirme olduğu görülmüştür. Cömert vd. (2020) 78 şubeye sahip bir süpermarketin rotalama problemine çözüm aramışlardır. Esnek zamanlı ARP dahilinde yürütülen çalışmada önce kümele sonra rotala kesin çözüm yöntemleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlarla marketin mevcut maliyetlerinde %7 oranında iyileştirme olduğuna ulaşılmıştır. Aydoğdu ve Özyörük (2020) dinamik eş zamanlı topla-dağıt ARP'ye birden fazla sezgisel algoritmanın birleştirilmesiyle oluşturulan, yeni bir algoritmayla çözüm aramışlardır. Önerilen algoritma ile küçük problemlere çok kısa sürede çözüm bulunulacağına ulaşılmıştır. Okur ve Atlas (2020) Eskişehir Halk Ekmek firmasının müşteri taleplerini karşılamada kullandığı aracın rota güzergahını yeniden yapılandırmışlardır. Problem çözümünde meta-sezgisel genetik algoritma tercih edilmiştir. 51 satış büfesine hizmet veren firmanın rota güzergahında önemli bir tutarda yakıt tasarrufu sağlanmıştır. Damayanti vd. (2020) Endonezya'daki bir kamu lojistik şirketinin pirinç dağıtım problemine tasarruf matrisi kullanarak ele almışlardır. Elde edilen sonuçlar gerek rota minimizasyonunda gerekse taşıma maliyetlerinde önemli bir tasarruf sağlandığını göstermektedir. Yazgan vd. (2020) Gebze'de faaliyet gösteren bir boya fabrikasının Doğu Karadeniz ve İç Anadolu Bölgesi'nde bulunan iki ana deposundan Türkiye genelindeki müşterilerinin taleplerini karşılamada kapasite kısıtlı ARP ele alınmıştır. Sezgisel çözüm yöntemlerinden tasarruf algoritması ve yerel arama sezgisel algoritması kullanılmıştır. Firmanın İç Anadolu Bölgesi'nde yaptığı dağıtımda 19.104 TL'lik bir gideri olduğu, tasarruf algoritması ile bu tutarın 18.153 TL'ye düştüğü sonucuna ulaşılmıştır. Yurdakul vd. (2020) Ankara'da yapmış oldukları çalışmada yaşlı bakımı için kullanılan servisin rota güzergahında iyileştirme çalışması yapmışlardır. 25 ekibin incelendiği çalışmada 123 adrese hizmet verildiği tespit edilmiştir. Oluşturulan yeni rota ile mevcut durum karşılaştırıldığında %9 oranında iyileştirme olduğu görülmüştür.

Kamilçelebi vd. (2021) Kocaeli ilinde gezilebilecek turistik yerler için bir başlangıç rotası oluşturularak, en kısa sürede minimum mesafe ile gezilebilmesine yönelik bir çalışma yürütmüşlerdir. Makine öğrenimi ve karınca kolonisi optimizasyonu birleştirilerek literatüre gelişmiş bir yeni yaklaşım sunmuşlardır. Keser vd. (2021) İstanbul'un Anadolu yakasında bulunan bir perakende işletmesinin 12 farklı marketinin dağıtım ve toplama taleplerini eş zamanlı karşılayan ARP ele almışlardır. Problem çözümünde genetik algoritma ve tavlama benzetimi algoritması kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında genetik algoritma daha iyi sonuçlar vermiştir. Kunnappadeelert ve Thawnern (2021) çelik endüstrisinde bir dağıtım problemi için tasarruf algoritmasını uygulamışlardır. Gerçek bir vaka analizi üzerinden kapasite kısıtlı ARP uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Önerilen model ile önemli bir tasarruf elde ettiklerini belirtmişlerdir. Tezcan vd. (2021) Kırıkkale ilinde afet sonrası depo yeri seçimi ve sonrasında ARP üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Problem çözümünde kesin çözüm yöntemlerinden matematiksel bir model kurulmuştur. Olası bir afet sonrası yiyecek ihtiyacının en kısa sürede dağıtımının planlanması yapılmıştır.

Literatür incelendiğinde ARP çalışmalarının çok geniş bir uygulama alanına sahip olduğu çeşitli sektörlerde bu çalışmaların gerçekleştirildiği ifade edilebilir. Mevcut çalışmalar arasında gıda tedarik zincirlerine yönelik vaka analizlerinin ve ARP uygulamalarının daha kısıtlı sayıda olduğu görülmektedir. Doğru ürünlerin; doğru zamanda, doğru şartlarda ve istenilen miktarda bulunması zorunluluğunun en çok yaşandığı endüstrilerden biri olan ve COVID-19 sürecinde bu önemi daha da artan gıda sektöründe gerçek bir vaka üzerinden ARP uygulamasının yapılması ile mevcut literatüre gerek konu gerekse yöntem bazında önemli bir katkı sağlanacağı düşünülmektedir. Öte yandan, Samsun ilinin yukarıda bahsedilen özellikleri çerçevesinde dikkate alınması mevcut literatüre katkı sağlayacaktır.

3. Yöntem

Çalışmada, Karadeniz Bölgesi'nin lojistik üssü olan Samsun'da dış ticaret yapan bir gıda şirketinin dış kaynak sağlayıcısının, taşıma maliyetlerini minimize etmek amacıyla gerçek bir vaka üzerinden ARP uygulaması gerçekleştirilmiştir. Kullanılan verilerin analizinde, herhangi bir belirsizlik, kısıt ve varsayım olmaması dolayısıyla ARP çözüm yöntemlerinden birisi olan sezgisel tasarruf algoritması tercih edilmiştir. Tasarruf algoritmasına ait bilgilere aşağıda yer verilmiştir.

3.1. Tasarruf Algoritması

Tasarruf algoritması, ARP'nin çözümü için ortaya koyulan sezgisel bir yöntemdir (Clarke ve Wright, 1964: 568-581). Amaç her bir turun daha iyi dizaynı üzerine aşamalı olarak değiştirilmesidir. Tasarruf algoritmasında başlangıçta müşteri sayısı kadar taşıt vardır ve her taşıt “depo-müşteri-depo” rotası çizer. Çözüm yönteminin genel amacı araçların toplam izlediği mevcut yol uzunluğunu minimize etmek veya kullanılan araç sayısını düşürmektir (Kaplanseren vd., 2019: 241). Bu aşamada araçlarda âtıl kapasite olmaması ve maksimum kapasite ile en uygun müşterilere dağıtım yapılması sağlanmaktadır. Tasarruf algoritması uygulama aşamaları sırasıyla aşağıdaki gibidir (Song vd., 2019: 171454):

1.Adım: Müşteri Talep Miktarının Belirlenmesi: İlgili firmanın müşteri portföyünü tanımlayarak, ürün talep miktarlarını, sevk irsaliyesi veya taşıma irsaliyesi şeklinde belgeleyip düzenlemek gerekmektedir. Bu çalışmada gizlilik esasına dikkat edilmesinden dolayı her bir müşteriye bir kod verilerek tanımlama yapılmıştır.

2.Adım: Müşteri Uzaklıklarının Hesaplanması: Müşterilerin birbirlerine olan uzaklıklarını ve depoya olan uzaklıklarını belirlemek gerekmektedir.

3.Adım: Tasarruf Matrisinin Oluşturulması: Oluşturulan rota uzaklık matrisi kullanılarak aşağıdaki formül yardımıyla depodan hareketin başlaması ve müşterilere art arda gidilmesiyle elde edilen tasarruf matrisi oluşturulmaktadır.

$$\text{Tasarruf Miktarı: } s_{ij} = c_{0i} + c_{0j} - c_{ij} \quad (1)$$

4.Adım: Tasarruf Hareketlerinin Sıralanması: Tasarruf miktarları belirlendikten sonra büyükten küçüğe doğru sıralanmaktadır. Kapasite dikkate alınarak uygun rotalar birleştirilmektedir.

4. Uygulama

Çalışmada Samsun'da dış ticaret yapan bir gıda şirketinin dış kaynak sağlayıcısının (3PL-Third Party Logistics) taşıma süreci göz önünde bulundurularak mevcut rota güzergahında iyileştirme yapılması ve maliyet tasarrufu sağlanması amaçlanmıştır. Buna yönelik izlenen uygulama aşamaları aşağıdaki gibidir.

4.1. Problemin Tanımlanması

Vaka çalışması gerçekleştirilen firma, Samsun'da bir gıda şirketinin 3PL sağlayıcısı olarak faaliyet gösteren, taşıma, antrepo, depo vb. hizmetler sunan ve yurtdışından Samsun limanlarına gelen ürünlerin yurtiçi dağıtımında önemli bir rol oynayan büyük ölçekli bir firmadır. Firmanın Samsun'da gıda tedarik zinciri içerisindeki mevcut rotası dikkate alınarak ARP modellemesi gerçekleştirilmiştir. Çalışma gerçek bir problemi ele alması bakımından vakaya konu olan tek bir işletmede gerçekleştirmekte olup mevcut durum üzerinden iyileştirme yapılması sağlanmıştır. 22 müşterisi bulunan firma haftanın iki günü ürün dağıtımını yapmaktadır. Kullanılan araç maksimum 12.000 kg

ürün almaktadır. Çalışmada analiz yöntemi olarak seçilen sezgisel tasarruf algoritmasının adımları kullanılarak çözüm gerçekleştirilmiştir.

4.2. Müşteri Talep Miktarının Belirlenmesi

Çalışmada kullanılan veriler 3PL firmasının lojistik departmanından sorumlu yöneticisiyle yapılan görüşmeler sonucunda elde edilmiştir. Bu süreçte 22 müşterinin talep etmiş olduğu ürünlerin miktarlarını gösteren sevk irsaliyelerine bakılarak her bir müşteriye “M₁, M₂, M₃, ...” kodları verilerek tanımlamaları gerçekleştirilmiştir. Tablo 1’de müşteri tanımlamaları ve talep miktarları gösterilmiştir.

Tablo 1. Müşteri Kodları ve Talep Miktarları

Müşteriler	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈	M ₉	M ₁₀	M ₁₁
Talep Edilen Miktar (Kg)	3100	3750	1000	3000	1000	1000	5000	1750	1000	1000	2000
Müşteriler	M ₁₂	M ₁₃	M ₁₄	M ₁₅	M ₁₆	M ₁₇	M ₁₈	M ₁₉	M ₂₀	M ₂₁	M ₂₂
Talep Edilen Miktar (Kg)	5000	1250	1250	1080	2800	1400	3750	750	2000	1250	2000

4.3. Uzaklık Matrisinin Oluşturulması

Çalışmada yer alan 22 müşteri arasındaki mesafe ve her bir müşterinin ürünlerin bulunduğu depoya olan uzaklığı Tablo 2’de uzaklık matrisi oluşturularak gösterilmiştir. Uzaklık matrisi elde edilirken Microsoft Office Excel Programının ek paketinde yer alan MAPS uygulamasından yararlanılmıştır. Ayrıca mevcut kullanılan araç rota bilgilerine bakılarak uzaklıklar teyit edilmiştir.

4.4. Tasarruf Matrisinin Elde Edilmesi

Uzaklık matrisinde yer alan mesafe bilgileri kullanılarak tasarruf matrisi elde edilmiştir. Birinci müşteri (M₁) ile ikinci müşteri (M₂) arasındaki tasarruf miktarı, tasarruf algoritmasının 3. adımında verilen formül ile hesaplanmıştır. Bu formülde “c₀₁” değeri M₁’in, D₁’e olan uzaklığını, “C₀₂” değeri ise M₂’nin D₁’e olan uzaklığını ve “C₁₂” değeri M₁’in M₂’ye olan uzaklığını ifade etmektedir. Kullanılan “D₁” ifadesi ise rotanın başlangıç noktası olan depoyu ifade etmektedir. Tablo 2’de yer alan tasarruf matrisi değerleri “(18+29) – 13 = 34” şeklinde bulunur ve (M₁) ile (M₂) müşterilerinin arasındaki tasarruf değerini vermektedir. Bu şekilde bütün müşterilerin yer aldığı tasarruf matrisinin oluşturulması için hesaplamalar yapılmıştır ve Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Uzaklık Matrisi ve Tasarruf Matrisi

Müşteriler Arası Uzaklık ve Depoya Olan Uzaklıklar																								
	D ₁	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈	M ₉	M ₁₀	M ₁₁	M ₁₂	M ₁₃	M ₁₄	M ₁₅	M ₁₆	M ₁₇	M ₁₈	M ₁₉	M ₂₀	M ₂₁	M ₂₂	
Tasarruf Miktarları	D ₁	18	29	22	29	15	30	18	16	17	16	17	16	50	23	22	18	26	50	34	28	17	25	
	M ₁		13	4,7	12	4,5	14	1,5	5,1	1	3,6	1,8	5,1	34	6,3	4,5	3,3	6,8	34	14	12	1,2	8,2	
	M ₂		34		17	1,1	21	2,5	14	22	13	23	15	22	22	8,2	16	15	8,9	22	22	1,6	14	5,8
	M ₃		35	23		15	7,6	16	4,5	7,8	5	8,9	5,8	7,8	36	8,7	1,4	9,7	5,9	36	13	12	5,2	11
	M ₄		34	45	32		20	2,3	13	20	12	22	13	20	22	7,1	14	14	7,8	22	21	1,1	13	4,6
	M ₅		28	11	25	13		22	4,5	1,8	4,8	1,8	3,2	0,9	42	15	8,1	2,3	12	42	19	18	3,9	17
	M ₆		34	45	32	46	26		16	23	15	24	16	23	20	9,8	17	17	10	20	24	4,2	16	7,3
	M ₇		35	22	32	23	32	20		5,3	1,7	3	2	5,3	37	9,4	4,3	4,2	6,5	37	14	12	1,1	11
	M ₈		29	12	26	14	32	11	29		5,4	1,7	3,7	0,6	43	15	8,3	2,9	12	42	20	18	4,5	17
	M ₉		34	22	30	23	30	21	33	30		3,6	1,8	5,1	34	6,3	4,5	3,3	6,8	34	14	12	1,2	8,2
	M ₁₀		30	11	25	12	32	9,8	31	32	30		2,2	1,4	42	15	7,9	2,6	12	42	19	18	4,3	17
	M ₁₁		33	20	29	21	31	18	33	31	33	32		3,6	35	7,8	5,6	2,5	7,9	35	15	13	1,1	9,7
	M ₁₂		29	12	26	14	33	11	29	34	29	33	31		42	15	8,1	2,7	12	42	19	18	4,3	17
	M ₁₃		34	46	32	46	26	48	31	26	34	26	33	26		29	36	35	30	0,7	43	23	35	26
	M ₁₄		34	32	32	34	26	31	31	26	34	26	33	26	12		9,4	9,2	6,4	28	16	5,9	7,8	2,3
	M ₁₅		36	25	39	26	32	23	36	32	36	32	35	32	4,2	31		9,7	4,8	35	12	11	5,1	9,6
	M ₁₆		33	20	26	22	34	19	32	33	33	33	33	33	0,4	27	26		13	37	21	15	3,2	11
	M ₁₇		37	35	38	37	32	34	38	32	37	32	36	32	15	38	39	31		29	11	6,5	6,8	8,7
	M ₁₈		34	46	32	46	26	48	31	26	34	26	33	26	67	40	33	31	39		43	24	35	27
	M ₁₉		37	30	38	31	32	28	38	32	37	32	36	32	9	36	39	31	40	8,7		13	16	19
	M ₂₀		34	44	34	45	28	42	34	28	34	28	33	28	23	40	35	31	40	23	33		13	4,3
	M ₂₁		34	21	30	23	31	20	34	31	34	31	34	31	0,8	28	30	32	29	0,5	19	23		8,8
M ₂₂		34	37	32	38	26	35	31	26	34	26	33	26	16	40	33	31	34	16	24	38	34		

4.5. Tasarruf Hareketlerinin Sıralanması

Elde edilen her bir tasarruf miktarı büyükten küçüğe doğru sıralanmaktadır. Bu sıralama yapıldıktan sonra her iki müşterinin talep etmiş olduğu ürün miktarları kapasite aşımına dikkat edilerek aynı rotada birleştirilir. Bu işlemler aynı şekilde bütün talepler karşılanana kadar devam etmektedir. Müşteriler rotalarda birleştirilirken aynı rota güzergahında yer aldığı “aynı rotada” ifadesi kullanılmaktadır. Ancak bu işlemde rota güzergahına farklı müşteriler eklenirken kapasite aşımı olursa işleme alınmaz ve “kapasite aşımı” olarak bildirilmektedir. Oluşturulan tasarruf hareketleri ve rota güzergahları düğümleri ayrıntılı şekilde Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Tasarruf Hareketleri

Tasarruf Miktarı (Km)	Konum-i	Konum-j	Toplam Talep (Kg)	Karar
67,20	M ₁₃	M ₁₈	5000	M ₁₃ -M ₁₈
47,70	M ₆	M ₁₃	6000	M ₁₃ -M ₁₈ -M ₆
47,70	M ₆	M ₁₈	6000	AYNI ROTA
46,36	M ₂	M ₁₃	9750	M ₁₃ -M ₁₈ -M ₆ -M ₂
46,36	M ₂	M ₁₈	9750	AYNI ROTA
45,75	M ₄	M ₁₃	12750	KAPASİTE AŞIMI
45,75	M ₄	M ₁₈	12750	KAPASİTE AŞIMI
45,68	M ₄	M ₆	12750	KAPASİTE AŞIMI
45,44	M ₂	M ₆	9750	AYNI ROTA
45,43	M ₂	M ₄	12750	KAPASİTE AŞIMI
45,04	M ₄	M ₂₀	14750	KAPASİTE AŞIMI
44,47	M ₂	M ₂₀	11750	<i>M₁₃-M₁₈-M₆-M₂-M₂₀</i>
41,87	M ₆	M ₂₀	12750	KAPASİTE AŞIMI
40,43	M ₁₇	M ₁₉	2150	M ₁₇ -M ₁₉
40,22	M ₁₄	M ₁₈	13000	KAPASİTE AŞIMI
40,22	M ₁₄	M ₂₀	13000	KAPASİTE AŞIMI
40,22	M ₁₄	M ₂₂	5400	M ₁₇ -M ₁₉ -M ₁₄ -M ₂₂
39,64	M ₁₇	M ₂₀	13150	KAPASİTE AŞIMI
39,49	M ₁₅	M ₁₇	6480	M ₁₇ -M ₁₉ -M ₁₄ -M ₂₂ -M ₁₅
39,49	M ₁₅	M ₁₉	6480	AYNI ROTA
38,99	M ₃	M ₁₅	7480	M ₁₇ -M ₁₉ -M ₁₄ -M ₂₂ -M ₁₅ -M ₃
38,56	M ₁₇	M ₁₈	13150	KAPASİTE AŞIMI
38,44	M ₃	M ₁₇	7480	AYNI ROTA
38,44	M ₃	M ₁₉	7480	AYNI ROTA
38,18	M ₂₀	M ₂₂	13750	KAPASİTE AŞIMI
37,95	M ₄	M ₂₂	10480	M ₁₇ -M ₁₉ -M ₁₄ -M ₂₂ -M ₁₅ -M ₃ -M ₄
37,86	M ₁₄	M ₁₇	10480	AYNI ROTA
37,80	M ₇	M ₁₇	15480	KAPASİTE AŞIMI
37,80	M ₇	M ₁₉	15480	KAPASİTE AŞIMI
37,45	M ₁	M ₁₇	13580	KAPASİTE AŞIMI
37,45	M ₁	M ₁₉	13580	KAPASİTE AŞIMI
37,45	M ₉	M ₁₇	11480	<i>M₁₇-M₁₉-M₁₄-M₂₂-M₁₅-M₃-M₄-M₉</i>
37,45	M ₉	M ₁₉	11480	AYNI ROTA
36,77	M ₂	M ₂₂	13750	KAPASİTE AŞIMI
36,54	M ₄	M ₁₇	11480	AYNI ROTA
36,41	M ₁₁	M ₁₇	13480	KAPASİTE AŞIMI
36,41	M ₁₁	M ₁₉	13480	KAPASİTE AŞIMI
36,05	M ₇	M ₁₅	16480	KAPASİTE AŞIMI
35,82	M ₁	M ₁₅	14580	KAPASİTE AŞIMI

Tablo 3 (Devamı). Tasarruf Hareketleri

35,82	M ₉	M ₁₅	11480	AYNI ROTA
35,78	M ₁₄	M ₁₉	11480	AYNI ROTA
35,36	M ₂	M ₁₇	13150	KAPASİTE AŞIMI
35,34	M ₁₅	M ₂₀	12830	KAPASİTE AŞIMI
35,23	M ₆	M ₂₂	13750	KAPASİTE AŞIMI
35,19	M ₁	M ₃	14580	KAPASİTE AŞIMI
34,77	M ₁₁	M ₁₅	13480	KAPASİTE AŞIMI
34,71	M ₁	M ₇	8100	M ₁ -M ₇
34,33	M ₇	M ₂₁	9350	M ₁ -M ₇ -M ₂₁
34,30	M ₁	M ₂	14850	KAPASİTE AŞIMI
34,30	M ₁	M ₄	14580	KAPASİTE AŞIMI
34,30	M ₁	M ₆	14850	KAPASİTE AŞIMI
34,30	M ₁	M ₁₄	14580	KAPASİTE AŞIMI
34,30	M ₁	M ₂₂	14580	KAPASİTE AŞIMI
34,30	M ₉	M ₁₄	11480	AYNI ROTA
34,30	M ₉	M ₂₂	11480	AYNI ROTA
34,30	M ₁	M ₁₃	14850	KAPASİTE AŞIMI
34,30	M ₁	M ₂₀	14850	KAPASİTE AŞIMI
34,30	M ₉	M ₁₃	12750	KAPASİTE AŞIMI
34,30	M ₉	M ₂₀	12750	KAPASİTE AŞIMI
34,30	M ₁	M ₁₈	14850	KAPASİTE AŞIMI
34,30	M ₉	M ₁₈	12750	KAPASİTE AŞIMI
34,30	M ₁₁	M ₂₁	11350	M₁-M₇-M₂₁-M₁₁
34,29	M ₃	M ₂₀	12750	KAPASİTE AŞIMI
34,24	M ₁	M ₂₁	11350	AYNI ROTA
34,24	M ₉	M ₂₁	12730	KAPASİTE AŞIMI
34,17	M ₁	M ₉	14580	KAPASİTE AŞIMI
33,82	M ₆	M ₁₇	13150	KAPASİTE AŞIMI
33,79	M ₁₇	M ₂₂	11480	AYNI ROTA
33,69	M ₂₁	M ₂₂	12730	KAPASİTE AŞIMI
33,66	M ₇	M ₂₀	16750	KAPASİTE AŞIMI
33,57	M ₄	M ₁₄	11480	AYNI ROTA
33,53	M ₈	M ₁₂	6750	M ₈ -M ₁₂
33,51	M ₅	M ₁₆	10550	M ₈ -M ₁₂ -M ₅ -M ₁₆
33,46	M ₇	M ₉	16480	KAPASİTE AŞIMI
33,29	M ₁₁	M ₁₆	14150	KAPASİTE AŞIMI
33,21	M ₁₉	M ₂₀	12500	KAPASİTE AŞIMI
33,21	M ₅	M ₁₂	10550	AYNI ROTA
33,19	M ₁₀	M ₁₆	11550	M₈-M₁₂-M₅-M₁₆-M₁₀

Tablo 3'te elde edilen tasarruf hareketleri sonucu ortaya 4 rota güzergahı çıkmıştır. İlk tasarruf miktarı olan 67,20 km M₁₃ ve M₁₈ müşterileri arasındaki en yüksek tasarruf miktarını göstermektedir. Bu iki müşterinin toplam talep miktarı aracın maksimum kapasitesi olan 12.000 kg'ı geçmediğinden aynı rotada yer alması uygun görülmüştür. Sonraki tasarruf miktarında yer alan iki müşteriden M₁₃ bir önceki rotada yer aldığından herhangi bir işleme tabi tutulmazken M₆ müşterisinin talep miktarına bakılıp uygun görüldüğünden aynı rota üzerine dahil edilmiştir. Bu şekilde her bir tasarruf miktarında yer alan müşteriler kapasiteye dikkat edilerek birleştirilmiştir. Elde edilen yeni rotalar Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Tasarruf Algoritması Sonucu Oluşturulan Rotalar

Müşteriler ve Rota Adımları	Toplam Talep Miktarı (Kg)
D ₁ -M ₁₃ -M ₁₈ -M ₆ -M ₂ -M ₂₀ - D ₁	11750
D ₁ -M ₁₇ -M ₁₉ -M ₁₄ -M ₂₂ -M ₁₅ -M ₃ -M ₄ -M ₉ - D ₁	11480
D ₁ -M ₁ -M ₇ -M ₂₁ -M ₁₁ - D ₁	11350
D ₁ -M ₈ -M ₁₂ -M ₅ -M ₁₆ -M ₁₀ - D ₁	11550
Toplam	46130

Tablo 4’te elde edilen yeni rota güzergahları işletmenin daha önce kullanmış olduğu mevcut rotalar ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen tasarruf miktarları km, lt ve TL cinsinden Tablo 5’te ortaya koyulmuştur.

Tablo 5. Mevcut Rota ve Minimize Edilmiş Rota Farkları

Mevcut Rotalar	Toplam Talep (Kg)	Kat Edilen Mesafe (Km)	Yakıt Miktarı (Lt)	Yakıt Değeri (TL)
D ₁ -M ₅ -M ₃ -M ₂ -M ₄ -M ₁ -D ₁	11850	68,33	13	89,24
D ₁ -M ₆ -M ₉ -M ₇ -M ₁₁ -M ₁₀ -M ₈ -D ₁	11750	67,67	13	88,36
D ₁ -M ₁₂ -M ₁₅ -M ₁₄ -M ₁₃ -M ₁₆ -D ₁	11380	110,84	22	144,70
D ₁ -M ₂₂ -M ₁₈ -M ₂₀ -M ₁₉ -M ₁₇ -M ₂₁ -D ₁	11150	122,52	24	159,97
Toplam	46130	369,36	72	482,27
İyileştirilmiş Rotalar	Toplam Talep (Kg)	Kat Edilen Mesafe (Km)	Yakıt Miktarı (Lt)	Yakıt Değeri (TL)
D ₁ -M ₁₃ -M ₁₈ -M ₆ -M ₂ -M ₂₀ -D ₁	11750	110,78	21,49	144,63
D ₁ -M ₁₇ -M ₁₉ -M ₁₄ -M ₂₂ -M ₁₅ -M ₃ -M ₄ -M ₉ -D ₁	11480	112,56	22,84	146,98
D ₁ -M ₁ -M ₇ -M ₂₁ -M ₁₁ -D ₁	11350	37,99	7,37	49,60
D ₁ -M ₈ -M ₁₂ -M ₅ -M ₁₆ -M ₁₀ -D ₁	11550	39,15	7,60	51,15
Toplam	46130	300,48	58,30	392,36
Tasarruf Değerleri		68,88	13,70	89,91

Buna göre aracın kat ettiği yol mesafesinde 68,88 km tasarruf elde edildiği görülmektedir. Ayrıca 13,70 lt araç yakıtından tasarruf sağlanırken 89,91 TL yakıt maliyetinde iyileştirme sağlanmıştır. Bu değerler aracın haftanın bir gününde yapmış olduğu tasarruf miktarını verirken, haftada 2 gün dağıtım yapan firmanın tasarruf değerlerinin 137,76 km, 27,40 lt ve 179,82 TL olduğu doğru orantıyla elde edilmektedir. Yıllık olarak maddi anlamda bu tasarruf miktarına bakılırsa 9.350,64 TL değerinde azımsanmayacak bir tasarruf elde edilmiş olacağı ön görülmektedir.

5. Sonuç ve Öneriler

Önemli lojistik faaliyetlerden biri olan taşıma sürecinin, yapılan araştırmalarda en çok tercih edilen dış kaynak kullanımı olduğu bilinmektedir. Bunun başlıca sebebinin ürün maliyetine olan etkisinin oldukça yüksek olması ve fiyat etiketini doğrudan etkilemesi olduğu söylenebilir. Taşıma sürecinin iyi yürütülmesi, tasarlanması, zaman ve maliyetten tasarruf edilmesi gerekliliği ARP çözümlerini ortaya çıkarmıştır. Günümüze kadar yapılan çalışmalarda birçok sektörde ARP uygulamalarına başvurulmuş ve önemli tasarruf sonuçları elde edilmiştir. ARP çözüm yöntemleri ile araç sayısı, taşıma miktarı, yol güzergahı en iyi şekilde dizayn edilmektedir.

Son dönemlerde dünyayı etkisi altına alan Covid-19 salgını, gıda ürünlerine olan ihtiyacın en iyi şekilde yönetilmesini gerekli kılmış, bu tür iyileştirme uygulamalarını gıda sektöründe yapmak daha da değerli bir hal almıştır. Bu kapsamda gerçek bir vaka çalışması üzerinden, Samsun'da bir gıda şirketinin taşıma faaliyetlerini gerçekleştiren 3PL firması araştırmaya konu edilerek ARP uygulamasıyla maliyet tasarrufu sağlamak amaçlanmıştır.

Çözüm sürecinde, problem boyutunun çok büyük olmaması ve herhangi bir varsayımda bulunulmaması sebebiyle sezgisel tasarruf algoritması kullanılmıştır. İlgili literatür incelendiğinde farklı sektörlerde ARP'ye yönelik çalışmaların olduğu gözlemlenmiştir ancak gıda tedarik zincirinde uygulanan kısıtlı sayıda çalışma olduğu tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışma Samsun'da gıda tedarik zincirinde önemli bir payı olan firmaya ait gerçek bir problemi ele alması, pandemi döneminde yürütülmesi ve kullanılan çözüm yöntemi ile literatüre katkılar sağlamaktadır. Diğer yandan firma açısından çeşitli tasarruflar yapılmasına olanak sağlamak ve gerçekçi çözümler ortaya koyan ARP uygulaması ile yol gösterici olmaktadır.

Tasarruf algoritması ile yürütülen ARP analiz sonuçlarına bakıldığında firmanın mevcut rotasında iyileştirmeler sağlandığı ortaya çıkmıştır. Aylık kat edilen mesafe mevcut durumda, 2954,88 km olarak tespit edilirken tasarruf algoritması ile bu yol güzergahı 2403,84 km'ye düşürülmüştür. Dolayısıyla bu çalışma 551,04 km yol mesafesinden tasarruf sağlanmasına imkân sağlamaktadır. Bu tasarrufla birlikte ilgili firmada maliyet ve zaman açısından önemli bir azalış elde edilmekte, rota planlaması en uygun şekilde yapılmış olmaktadır. Kat edilen mesafenin düşürülmesi ve uygun rota planlamasının yapılması sonucunda, özellikle sürücülerin daha az yorulması ile verimlilik artışı sağlanabileceği de ek bir iyileştirme olarak söylenebilir. Kulaç (2019), Kaplanseren vd. (2019) ve Damayanti vd. (2020) tarafından yapılan benzer çalışmalarda da yer alan tasarruf algoritması uygulamasında, taşıma maliyetlerinden tasarruf edildiği sonucu ortaya konulmaktadır. Bu çalışmada yapılan uygulama ile elde edilen sonuçlar araştırmacı ve uygulayıcılara gerçek vaka problemlerinin çözümünde değerlendirebilecekleri bir yaklaşım sunmaktadır.

Çalışmanın katkılarının yanı sıra kısıtları da bulunmaktadır. Bölgesel ve ülke bazındaki taşıma verilerinin elde edilememiş olması nedeniyle sadece Samsun içerisindeki taşıma faaliyetleri ele alınabilmiştir. Çalışma sonuçları bu kapsamda şehir içindeki güzergahta değerlendirilebilmektedir.

Gelecekte farklı çözüm yöntemleri (Genetik Algoritma, Yasaklı Arama, Yapay Arı Kolonisi) kullanılarak farklı çalışmalar geliştirilebilir. Elde edilen analiz sonuçları bu çalışmanın sonuçları ile kıyaslanabilir. Bölgesel veya ulusal düzeyde taşımalara ilişkin verilere ulaşıldığı takdirde çalışma daha geniş kapsamda ele alınabilir. Ayrıca firmalara özgü farklı problemlere göre ARP modeli dizayn edilerek çeşitli sonuçlar elde edilebilir. Kullanıcı ve uygulayıcılara yazılımsal program bakımından destek sağlanarak analizler genişletilebilir.

Kaynakça

- Akbar, M. D. ve Aurachmana, R. (2020). Hybrid genetic- tabu search algorithm to optimize the route for capacitated vehicle routing problem with time window. *International Journal of Industrial Optimization*, 1(1), 15-28.
- Atmaca, E., Vardar, S., Akbabaöz, S., Vural, A. ve Uruş, G. (2015). Ankara ilinde ürün dağıtımını yapan bir beyaz eşya yetkili servisinin araç rotalama problemine çözüm yaklaşımı. *Politeknik Dergisi*, 18(2), 99-105.
- Aydoğdu, B. ve Özyörük, B. (2020). Dinamik eş zamanlı topla dağıt araç rotalama probleminin çözümü için matematiksel model ve sezgisel yaklaşım: Rassal iteratif yerel arama değişken komşu iniş algoritması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(2), 563-580.
- Babayiğit, B. ve Yıldız, K. (2019). Kapasite kısıtlı araç rotalama problemi için melez bir algoritma. *ISAS 2019*, 4(1), 508-513.
- Çetin, O. ve Özçakar, N. (2019). Akaryakıt dağıtımında araç rotalama problemi için bir başlangıç çözümü. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(2), 461-474.
- Çetin, S., Özkütük, E. ve Gencer, C. (2011). Heterojen araç filolu eş zamanlı dağıtım-toplamalı araç rotalama problemi için bir karar destek sistemi. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 3(1), 11-18.
- Clarke, G. ve Wright, J. W. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. *Operations Research*, 12(4), 568-581.
- Cömert, S. E., Yazgan, H. R., Çakır, B. ve Sarı N. (2020). Esnek zaman pencereli araç rotalama probleminin çözümü için önce kümele-sonra rotala temelli bir yöntem önerisi; Bir süpermarket örneği. *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(1), 18-31.
- Damayanti, T. R., Kusumaningrum, A. L., Susanty, Y. D., ve Susilawati, S. (2020). Route optimization using saving matrix method—A case study at public logistics company in Indonesia. *In International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 1583-1591.
- Demircioğlu, M. (2013). Zaman pencereli araç rotalama problemine tasarruf yöntemi ile bir uygulama. *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 17(2), 189-205.
- Dişkaya, F. (2018). *Yeşil lojistik yönetiminde ulusal karayolu yük taşımacılığı araç rotalama optimizasyonu*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. İstanbul.
- Kamilçelebi, S., İlkin, S. ve Şahin, S. (2021). Makine öğrenmesi tabanlı karınca kolonisi optimizasyonu kullanarak araç rotalama. *Computer Science, (Special)*, 261-273.
- Kaplanseren, B., Mercan, B., Özdemir, B., Kadioğlu, H. H. ve Sel, Ç. (2019). Araç rotalamada karbon ayak izi ve endüstriyel bir uygulama. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 11(1), 239-252.
- Karagül, K. ve Güngör, İ. (2013). Havalimanından otellere tek tip araçlarla turist dağıtımını problemine çözüm önerisi ve Alanya uygulaması. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 189-196.
- Keser, S. B., Toprak, A., Ciğer, F. E., Demiröz, M. ve Sarıçiçek, İ. (2021). Genetik algoritma ile eş zamanlı topla- dağıt araç rotalama: İstanbul Anadolu Yakası için bir uygulama. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(3), 1686-1699.
- Kosif, B. ve Ekmekçi, İ. (2012). Araç rotalama sistemleri ve tasarruf algoritması uygulaması. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(21), 41-51.
- Kulaç, S. (2019). *Otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firmada iç lojistik sisteminin tasarımı*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü. Sakarya.
- Kunnappadeelert, S., ve Thawern, C. (2021). Capacitated vehicle routing problem for Thailand's steel industry via saving algorithms. *Journal of System and Management Sciences*, 11(2), 171-181.

- Okur, E. ve Atlas, Ü. M. (2020). Araç rotalama probleminin genetik algoritma ile çözümü. *Anadolu University Journal of Social Sciences*, 20(3), 227-254.
- Reed, M., Yiannakou, A. ve Evering, R. (2014). An ant colony algorithm for the multi-compartment vehicle routing problem. *Applied Soft Computing*, 15, 169-176.
- Schermer, D., Moeini, M., ve Wendt, O. (2019). A metaheuristic for the vehicle routing problem with drones and its variants. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 106, 166-204.
- Song, T., Wang, Y., Li, G., ve Pang, S. (2019). Server consolidation energy-saving algorithm based on resource reservation and resource allocation strategy. *IEEE Access*, 7, 171452-171460.
- Tekin, M., Dündar, A. O. ve Şahman, M. A. (2011). Şehir içi dağıtım şirketlerinde gezgin satıcı problemi uygulaması. *İTÜY*, 825-834.
- Tezcan, B., Alakaş, H. M., Özcan, E. ve Eren, T. (2021). Afet sonrası geçici depo yeri seçimi ve çok araçlı araç rotalama uygulaması: Kırıkkale ilinde bir uygulama. *Politeknik Dergisi*, 1(1).
- Tokay, S. H., Deran, A., ve Arslan, S. (2011). Lojistik maliyet yönetiminde izlenebilecek stratejiler ve muhasebe eğitiminden beklentiler. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (29), 225-244.
- Ulutaş, A., Bayrakçıl, A. O. ve Kutlu, B. (2017). Araç rotalama probleminin tasarruf algoritması ile çözümü: Sivas'ta bir ekmek fırını için uygulama. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 18(1), 185-197.
- Xiao, Y., Zhao, Q., Kaku, I. ve Xu, Y. (2012). Development of a fuel consumption optimization model for the capacitated vehicle routing problem. *Computers ve Operations Research*, 39(7), 1419-1431.
- Yazgan, H. R. ve Büyükyılmaz, R. G. (2018). Eş zamanlı topla dağıt araç rotalama problemine sezgisel bir çözüm yaklaşımı. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 436-449.
- Yazgan, H. R., Cömert, S. ve Kılıç, E. N. (2020). Araç rotalama probleminin sezgisel algoritmalar ile çözülmesi: Bir boya fabrikasında uygulama. *Journal of Turkish Operations Management*, 2(4), 549-563.
- Yıldırım, B. ve Çebi, S. (2019). Kapasite kısıtlı araç rotalama problemi için sezgisel yöntemler: e-ticaret tedarikçilerine yönelik bir uygulama. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 185-206.
- Yurdakul, K., Alakaş, H. M., Eren, T. ve Gür, Ş. (2020). Yaşlılara evde bakım hizmetinde bulunan ekiplerin rotalanması: büyükşehir belediyesinde bir uygulama. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(1), 206-223.
- Zhou, Y., Luo, Q., Xie, J. ve Zheng, H. (2016). A hybrid bat algorithm with path relinking for the capacitated vehicle routing problem. *In Metaheuristics and Optimization in Civil Engineering*, 255-276.