

KÜMELEME VE TASARRUF ALGORİTMASI YARDIMIYLA SİPARİŞ TOPLAMA PROBLEMİ ÜZERİNE AMPİRİK BİR UYGULAMA

AN EMPIRICAL APPLICATION ON THE ORDER PICKING PROBLEM WITH CLUSTERING AND SAVINGS ALGORITHM

Serkan ETİ* 

Mehmet Nuri İNEL** 

Öz

Günümüzde tüketiciler ürün satın almakta daha çok çevrimiçi kanalları tercih etmektedir. Bir veya birden fazla kaynaktan toplanan siparişlerin büyük depolardan toplanması ve paketlenmesi bir problem oluşturmaktadır. Şirketler büyük depolardan bu tip sipariş toplama kararlarında daha hızlı hareket etmek zamandan ve emekten tasarruf sağlayacak hesaplamaları uygulama ihtiyacı içerisindeyler. Bu amaçla, söz konusu problemin çözümünde istatistiksel ve analitik olarak kolay öğrenilebilir ve uygulanabilir olması açısından tasarruf algoritması ve kümeleme yöntemini içeren karma bir yöntem kullanımı önerilmiştir. Önerilen bu yöntem sayesinde karmaşık, çok sayıda sipariş ve ürün içeren sipariş listesi hızlı ve optimal şekilde depodan toplanması hazır hale getirilmesi hedeflenmiştir. Çalışmanın uygulama bölümünde simülasyon yardımıyla elde edilen 400 adet sipariş kullanılmıştır. Analizden elde edilen sonuçlara göre bütün siparişler toplam 9 tur ile tamamlandığı ortaya çıkarılmıştır. Çalışmanın farklı bir sonucu ise, iki farklı algoritma kullanılarak rotaların belirlenmesinde hızlı bir sürecin elde edilmesidir.

Anahtar Kelimeler: Tasarruf algoritması, Kümeleme, Optimizasyon, Sipariş toplama problemi

JEL Sınıflandırılması: C02, C61

- 1 **Sorumlu Yazar:** Dr. Öğr.Üyesi, İstanbul Medipol Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Programcılığı, seti@medipol.edu.tr, ORCID: 0000-0002-4791-4091.
- 2 Doç. Dr., Marmara Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Sayısal Yöntemler, mninel@marmara.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6966-3238.

To cite this article: Eti, S. & İnel, M. N. (2022). Kümeleme ve Tasarruf Algoritması Yardımıyla Sipariş Toplama Problemi Üzerine Ampirik Bir Uygulama. *Journal of Research in Business*, 7(1), e80-90.

*Çalışmada etik kurul izni gerekmemektedir.

Başvuru: 08.11.2021

Düzeltilme: 18.01.2022

Kabul: 02.03.2022

Online Yayın: 30.03.2022

Abstract

Today, consumers prefer online channels to buy products. The collection and packaging of orders collected from one or more sources from large warehouses poses a problem. Companies need to act faster in such order picking decisions from large warehouses and apply calculations that will save time and effort. For this purpose, a hybrid method including saving algorithm and clustering method has been proposed in order to be easy to learn and applicable statistically and analytically in the solution of the problem. Thanks to this proposed method, it is aimed to make the order list ready to be collected from the warehouse in a fast and optimal way, including a complex, large number of orders and products. In the application part of the study, 400 orders obtained with the help of simulation were used. According to the results obtained from the analysis, it was revealed that all orders were completed with a total of 9 rounds. Another result of the study is that a fast process is achieved in determining the routes using two different algorithms.

Keywords: Saving algorithm, Clustering, Optimization, Order picking problem

JEL Classification: C02, C61

Extended Summary

Today, consumers prefer online channels to buy products. The collection and packaging of orders collected from one or more sources from large warehouses poses a problem. Companies need to act faster in such order picking decisions from large warehouses and apply calculations that will save time and effort. For this purpose, a hybrid method including saving algorithm and clustering method has been proposed in order to be easy to learn and applicable statistically and analytically in the solution of the problem. Thanks to this proposed method, it is aimed to make the order list ready to be collected from the warehouse in a fast and optimal way, including a complex, large number of orders and products. In the application part of the study, 400 orders obtained with the help of simulation were used. According to the results obtained from the analysis, it was revealed that all orders were completed with a total of 9 rounds. Another result of the study is that a fast process is achieved in determining the routes using two different algorithms.

1. Giriş

Covid-19 pandemisi ile tüketiciler AVM, pazar, çarşı gibi alışveriş yerleri yerine işletmelere ait e ticaret site, profil veya telefon uygulamalarından almaya yönelmiştir. Bunun da getirisi olarak dijital platformlardan toplanan siparişlerin sıraya dizilmesi problemini getirmiştir. Genellikle bu tarz işletmelerde ürün çeşitliliğinin bol olmasından dolayı depolarda farklı yerlerde bulunan aynı siparişe ait ürünlerin en uygun şekilde toplanması gerekmektedir. Bu durum sipariş toplama problemini doğurmaktadır. Bu gibi durumlarda yazılımları kullanma ihtiyacını doğursa da tüm işletmeler aynı yazılım bilgisine sahip insan kaynağına sahip olamamakta veya yüksek kurulum maliyetleri sebebiyle bu gibi sistemlere kolay erişememektedir. Yazılımların geliştirilmesi ve personellere öğretilmesi zaman ve maliyet açısından yük oluşturabilmektedir. Özellikle ölçek açısından küçük olan şirketlerde bu ve benzeri sipariş toplama durumlarının daha kolay uygulanabilir ve öğrenilebilir istatistiksel modellerle desteklenmesi gerekliliği ortaya çıkabilmektedir. Sipariş toplama işinin bilgisayar destekli yapılmadığı durumlarda sezgisel olarak siparişlerin listelenmesi toplanması gibi

yöntemler uygulanarak verimsizlik ortaya çıkabilecektir. İleride de aktarılacağı üzere literatürde bulunan tekniklerin küçük işletmeler için uygulanabilirliğinde ileri düzey yazılım programlama bilgisi, derin matematik bilgisine hâkim personel veya yüksek tutarlı kaynak kullanımını gerektiren yazılımların satın alınması gibi zorluklarla karşılaşmakta ve depo yönetiminde bilişim sistemlerinden yeterince faydalanılmamaktadır. Çalışmaya konu olan problemde amaç, depo içerisinde kısıtlı araç ile en ideal turu yaparak en kısa şekilde siparişleri depodan alıp paketleme rampasına taşımaktır (Daniel vd., 1998). Böylelikle hem depodaki tur sayısını azaltmak hem de koridorları en az şekilde kullanmak amaçlanmıştır. Bu sayede çalışan verimliliğini arttırmak zaman tasarrufu sağlamak ve büyük yazılımlara erişemeyen şirketler için de kolay uygulanabilirlik gibi avantajlar sağlamak hedeflenmiştir.

Sipariş toplama problemi; depodaki ürünlerin raf sistemi içerisinde bulunduğu noktadan toplanarak paketleme noktasına getirilmesi olarak ifade edilebilir. Başta lojistik olmak üzere tedarik zinciri içerisinde, sipariş toplama işlemlerinin planlanması iki nedenden dolayı önemlidir. Birincisi, gelen siparişlerin gruplandırılması iken ikinci nedeni ise, gruplara ayrılmış siparişlerin belirli bir sıra ile toplanmasıdır. Bu amaçla bu sürecin en optimal olarak yapılması planlamanın en önemli başarısını oluşturmaktadır (Özçakar vd., 2012).

2. Literatür Taraması

Literatür olarak eski bir problem olan bu durum pandemi ile tekrar gündem olmuştur. Ratiliff ve Rosenthal (1983) gezgin satıcı algoritmasını kullanarak bu problemi ele alırken, Pansart ve arkadaşları (2018) tam sayılı doğrusal programlamayı tercih etmişlerdir. Literatür incelendiğinde diğer çalışmaların birçoğu problemi deterministik olarak optimizasyon problemi çerçevesinde ele almıştır (Won & Olafsson, 2005; Buckhin vd., 2012; Chang vd., 2007). Bu problemin çözümü için geliştirilen özel uygulamalar da literatür de kullanılmaktadır. Suray ve arkadaşları 2008 yılında yaptıkları optimizasyon çalışmasında Pick – Path optimization uygulaması kullanmıştır. Bu uygulama sayesinde hem görsel rotalar görülebiliyor hem de depoda yer alan rafların durumu ve geçişleri dikkate alınabilmektedir. Deterministik algoritmalar dışında genetik algoritmalar gibi sezgisel algoritmalarından yararlanan çalışmalar da literatürde mevcuttur (Özçakar vd., 2012; Kiriş vd., 2018). Sipariş toplama probleminde sezgisel ve deterministik yöntemler çokça tercih edilmektedir (Yildiz vd., 2021, Yazgan vd., 2020).

Sipariş toplama problemi hem deterministik hem sezgisel optimizasyon problemi olarak ele alınırken bazı çalışmalarda yapay zekâ teknikleri ile de ele alınmıştır (Erdoğan, 2021). Aylak ve arkadaşlarının 2021 yılında makine öğrenmesini dikkate alarak problemi ele almıştır (Aylak vd., 2021). Benzer şekilde Kim ve arkadaşları problemi 2001 yılında yapay ajan tabanlı algoritmayı tercih etmişlerdir (Kim vd., 2001). Söz konusu problemi, araç rota problemi olarak ele alınması da mümkündür. Bu problemin çözümünde de başvurulan yöntem tasarruf algoritmasıdır (Ding vd., 2012; Pamosoaji vd., 2019).

Tasarruf algoritması, erişim noktaları ile merkez arasında birer defa gitmenin maliyeti ile merkezden başlayarak erişim noktalarından bir diğerine geçerek merkeze gelme maliyeti arasındaki farkı dikkate alan bir algoritmadır. Söz konusu bu algoritma kullanılarak araç rotası belirleme, sipariş toplama aracının rotasının belirlenmesi gibi yönelem problemlerinin çözümlenmesi hedeflenmektedir. Doyuran ve Çatay (2017) çalışmasında Sivas'ta bulunan bir ekmek fırınının müşterilerine dağıtacağı ekmek güzergahının belirlenmesinde tasarruf algoritmasını kullanmıştır. Benzer türden bir çalışmada ise kapasiteli yani sınırlı araçlar içinde yapılmıştır. Belirli bir miktarda yük taşıyabilen araçlar üzerinden rotaların belirlenme problemi de bu algoritma ile yapılması mümkündür (Pichpibul ve Kawtummachai, 2012(a); Pichpibul ve Kawtummachai, 2012(b)).

Tasarruf algoritmasının faydalarının yanında büyük erişim noktalarında çözümlenmesi uzun sürmesi dezavantajıdır. Bu dezavantaj sebebiyle, sezgisel algoritmalar ile bütün erişim noktalarından sağlanacak faydanın hesaplanması yerine en optimal noktalar üzerinden yapılması mümkündür. Bu amaçla literatürde genetik algoritması, karınca kolonisi algoritması gibi veri madenciliğinde de kullanılan yöntemler ile karma bir şekilde kullanılmaktadır (Park, 2001; Pan ve Li, 2009; Liu vd., 2013; Hu vd., 2010; Yao ve Gao, 2018).

Ele alınan bu çalışmada tasarruf algoritması ile k-ortalımalı kümeleme yöntemleri karma olarak ele alınmıştır. Bu çerçevede yapılan simülasyonda gerçek şirket örneklerine uygun olabilecek şekilde depodaki toplama araçlarının sınırlı olması, birden fazla ürünü talep eden müşterilerin olabilmemesi ve çok çeşitli ürün yelpazesinin bulunmasından dolayı sadece tasarruf algoritmasının kullanılması yetersiz kalmaktadır. Müşterilerin birden fazla farklı ürün taleplerinin bulunması sebebiyle karma bir yöntemin tercih edilmesi kaçınılmazdır. Bu çalışmada ilk amaç verimlilik sağlayan ve küçük işletmelerin de literatürde kolayca öğrenerek uygulayabilecekleri analitik yöntemleri seçmek olduğundan, siparişler üzerinden depodaki koordinatları dikkate alınarak belirli yük kapasiteli araçlar yardımıyla siparişlerin toplanması probleminin çözümünde tasarruf algoritması ve kümeleme yöntemleri kullanılmıştır. Özellikle literatür incelendiğinde bu iki yöntemi birlikte kullanılan çalışmaya rastlanılmamıştır. Literatürde çokça örneğe sahip olan, nispi olarak kolay öğrenilen iki tekniğin karma olarak kullanılması ve kümelemenin hep deterministik yöntem olması hem de tasarruf algoritmasının dezavantajını kısmen ortadan kaldırmasından dolayı önerilen bu yöntemler bütünü problem için ampirik olarak örnek teşkil etmekte, çalışmanın özgünlüğünü oluşturmaktadır. Pansart ve arkadaşlarının 2018 yılında yaptıkları bir çalışmada tam sayılı lineer programlama üzerinden geliştirdikleri Java tabanlı bir uygulama kullanmışlardır (Pansart vd., 2018). Benzer şekilde C++ uygulaması kodlanarak yapılan bir çalışmada ise geliştirilen algoritma toplamların minimumu ve maksimumların minimumu yöntemleri ile karşılaştırılmıştır (Saylam vd., 2017).

Çalışmanın birinci bölümünde sipariş toplama problemi ele alınmış, problem hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca literatürde bu problemi ele alınan çalışmalara yer verilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde ise tasarruf algoritması ele alınırken üçüncü bölümde uygulamanın bulgularına yer verilmiştir. Son bölümde ise çalışmanın sonucuna ayrılmıştır.

3. Yöntem

The Clarke-Wright algoritması olarak da bilinen tasarruf algoritması çalışma prensibi, bütün sipariş notlarına git gel yapılması ile alınan yol hesaplanması ile başlar. Daha sonra seçilen bir noktana başlangıç noktasına gitmek yerine diğer başka noktaya gidip başlangıç noktasına dönmesi ile elde edilen tasarrufunun maksimum yapmaya dayanır. Yöntemin klasik versiyonunda öncelikle noktalar arası mesafe eşitlik (1) yardımıyla hesaplanır.

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (1)$$

İkinci adımda ise, noktalar arasındaki tasarruf değeri eşitlik (2) yardımıyla hesaplanır.

$$s_{ij} = d_{1i} + d_{j1} - d_{ij} \quad (2)$$

Üçüncüsü, tüm tasarruf değerleri azalan düzende sıralanır. Listedeki en üstteki girişten başlayarak (en büyük $\mathbb{Z} \times \mathbb{Z}$). Son olarak, tasarruf listesinin en üstünden başlayarak, CW, müşteri i ve j 'nin bu rotaya dahil edilmesi yoluyla hiçbir rota kısıtlaması ihlal edilmeyecekse (i, j) bağlantısını bir rotaya dahil edilir (Özoğlu vd., 2019).

Rotanın belirlenmesinde bir diğer başvurulan yöntem ise noktaların birbirine yakınlığını dikkate alan k -ortalamalı kümeleme yöntemidir. Bir siparişteki farklı ürünlerin konumlarına bakarak diğer siparişlerdeki yakınlıklarına bakarak yeni rotalar oluşturulmaktadır.

Kümeleme analizi, veri setindeki gözlemleri sahip oldukları özelliklere göre kümelemek amacıyla geliştirilmiş bir yöntemdir. Kümeleme analizinde gözlemler arasında uzaklık veya benzerlik matrislerine göre farklı yöntemler kullanılabilir. Bu yöntemlerden biri olan k -ortalamalı yöntemin amacı, gözlemleri oluşturulacak kümelerin merkezlerine olan uzaklıklarını dikkate alarak sınıflandırmaktır. Tasarruf algoritmasındaki gibi Öklid uzaklığı dikkate alır. K -ortalamalı kümeleme analizi sonucunda, kümeler arasında değişkenliğin en büyük, kümeler içinde değişkenliğin en düşük olduğu kümeler oluşturulması hedeflenir (Alpar, 2017).

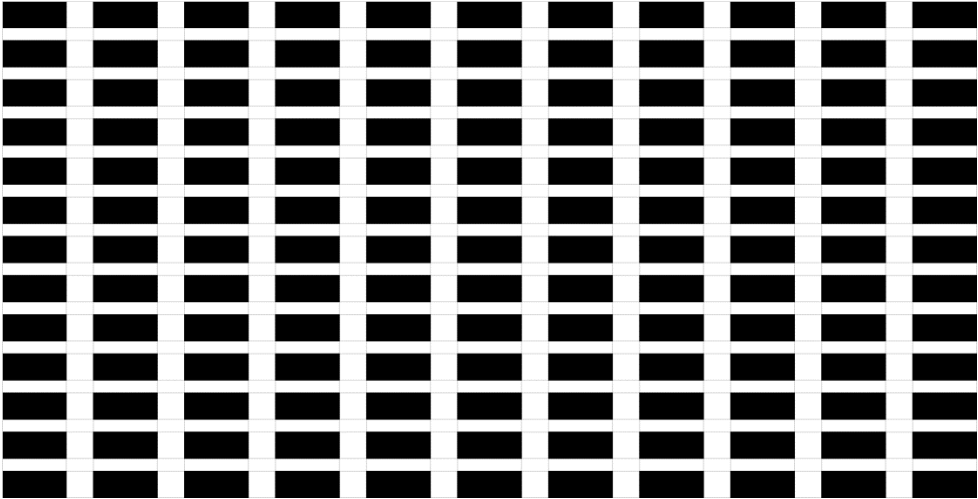
Çalışmanın uygulama kısmında, tek üründen oluşan siparişler için tasarruf algoritması tercih edilirken, birden fazla ürün barındıran siparişlerde kümeleme yöntemi tercih edilmiştir. Böylelikle geliştirilen karma yöntem ile en optimal sipariş toplama rotası belirlenmesi amaçlanmıştır.

4. Araştırma Bulguları

Bu kısımda sipariş toplama problemi için simülasyon yapılmıştır. Simülasyonda her bir siparişte maksimum 50 siparişi taşıyacak bir aracın bulunduğu, toplamada bir siparişe ait tüm ürünlerin tek seferde toplanması zorunluluğu, siparişlerin minimum zamanda toplanması gerektiği, bir siparişte birden fazla ürün olabileceği, rasgele sayılar türeterek elde edilecek ürün sayısı ile siparişin geldiği bir

simülasyon kurgulanmıştır. Bu kurgu depodan siparişleri toplayabilecek şirketler düşünülerek genel olarak oluşturulmuştur.

Ampirik uygulama için simüle edilen depo 13 raftan (koridordan) oluşan dikdörtgen olarak tasarlanmış bir depodur. Raflar arası 540 cm olup, raf uzunlukları 200 metredir. Deponun gösterimi Şekil 1’de verilmiştir. Şekil 1’de görünen siyah bölgeler rafları temsil etmektedir. Beyaz bölgeler ise koridorları göstermektedir. Bu depo için oluşturulan veri setinde bir siparişte en fazla 12 adet ürün talebi bulunmak kaydı ile 400 farklı sipariş olacağı simüle edilmiştir. Siparişlerin, 270 adet sipariş tek bir üründen, 130 adet sipariş ise iki ve daha fazla ürünlü olan siparişlerden oluşmaktadır. Tüm siparişlerin depoda farklı alanlarda rastgele dağıldığı hesaba katılmıştır. Dağılım simülasyonu sonucu ürünlerin depo içinde konumları X ve Y koordinatları olarak tanımlanmıştır. Ürün simülasyonu için MS Excel den yararlanılmış olup, siparişe dair ürün toplama uygulamasında Tekli siparişler için tasarruf algoritması kullanılmıştır. Hesaplama için VRPSolver uygulaması kullanılmıştır (Pessoa vd., 2020). Uygulamaya kısıt olarak bir turda en fazla 50 ürün taşıyabilecek şekilde tanımlanmıştır. Bu kısıtlar ve parametrelerle aşağıdaki gibi bir deponun varlığı ve sipariş edilen ürünlerin rastgele dağıldığı hesaba katılmıştır.



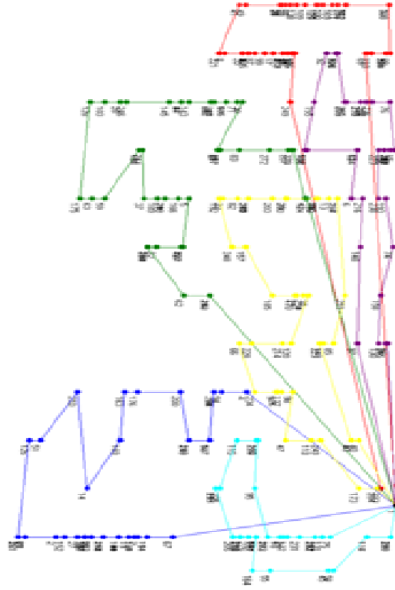
Şekil 1: Deponun Görünümü

Öncelikle gelen 400 adet sipariş tekli ve daha fazla olarak gruplandırılmıştır. Her bir siparişin depoda bulunduğu yerlere ait koordinatlar X ve Y olarak hesaplanmıştır. Tekli siparişler için ilgili VRPSolver programı ile tasarruf algoritması çalıştırılmıştır. Algoritma sonucunda, aşağıdaki liste ile 6 rota oluşturulmuştur. Bu rotaların dördünde 48 sipariş, birinde 40 ve en son rotada 38 sipariş toplamı en uygun olarak belirlenmiştir. Rotalara ait özet bilgiler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: Analiz Sonucu Elde Edilen Rotalara ait İstatistikler

Rotalar	Sipariş Adedi	Mesafe
1	48	15800
2	48	15504
3	48	18057
4	48	13119
5	40	12721
6	38	8141,25
<i>Toplam</i>	<i>270</i>	<i>83342,25</i>

Ayrıca, VRPSolver programının çıktısı olarak verilen rotaların görsel hali şekil 2'de renkli olarak verilmiştir.

**Şekil 2:** Oluşturulan Rotalar

Bünyesinde birden fazla ürün bulunduran siparişlerin sayısı ise 130'dur. Bunlar içinde k-ortalımalı kümeleme yöntemi tercih edilmiştir. Bunun için, siparişlerin bulunduğu raflar dikkate alınmıştır. Siparişler depoda yer alan 13 raf için ikili gösterge değişkene çevrilmiştir. Örneğin, bir siparişte 1. ve 4. raflarında ürün varsa 100.100.0000000 olacak şekilde vektörler elde edilmiştir. Bu vektörler üzerinden benzer raflarda ürün olan siparişler kümelendirilmiştir. Elde edilen kümelere araçlar yollanarak siparişler toplanması önerilmiştir. Oluşturulan kümelere ait sıklıklar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Kümeleme Analizi Sonucunda Sınıflandırma

Kümelere	Sipariş Sayısı
1	40
2	45
3	45
<i>Toplam</i>	<i>130</i>

Yapılan çalışmanın sonucu olarak, 400 farklı sipariş 9 farklı rota ile toplanması mümkün olmuştur. Bu rotaların tek ürünlüler için siparişlerde depoda 83342,25 metre yol alınması sağlanmıştır. Bu rotaların belirlenmesi işlemi algoritma ile 25 saniye gibi kısa bir sürede gerçekleşmiştir. Kümeleme ile oluşturulan gruplarda da bir seferde maksimum taşınabilecek sipariş toplama önerileri sunulmuştur.

5. Sonuç ve Tartışma

Depo yönetimleri ve lojistik sektöründe sipariş yönetiminde planlamanın en önemli parçalarından birisi siparişleri toplayacak araçların rotasının belirlenmesidir. Literatürde bu amaçla geliştirilen birçok yöntem bulmak mümkündür. Günümüzde pandemi ile birlikte e-ticaretin gelişmesi ve ürün yelpazesinin artmasından dolayı siparişlerin sayısı ve çeşitliliği artmaktadır. Bu çeşitliliğin yönetilmesi çok büyük bir problemi ortaya çıkarmaktadır. Tek bir deterministik yöntem ile bu problemin üstesinden gelebilmek efektif olamamaktadır. Bundan dolayı bu çalışmada da kümeleme ile tasarruf algoritmasının birlikte kullanıldığı karma bir model önerilmektedir.

E-ticaret siteleri üzerinden verilen siparişler tek bir üründen oluşabildiği gibi birden fazla ürün de barındırabilmektedir. Birden fazla ürünün bulunduğu siparişlerde ürünler deponun farklı raflarında yer alabilmektedir. Bundan dolayı sadece tasarruf algoritmasının kullanılması durumunda, bir siparişin ürünleri eksik toplanması söz konusu olabilmektedir. Bu durumun üstesinden gelebilmek için tek ürünlü siparişler için tasarruf algoritması önerilirken, birden fazla ürün yer alması durumundaki siparişler grubu için k-ortalama kümeleme yöntemi önerilmiştir.

Çalışmanın uygulama kısmında, el alınan siparişler öncelikle tek ürünlü siparişler ve birden fazla ürün barındıran siparişler olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. İlk grup yani tek bir üründen yer alan siparişlerdeki ürünlerin bulunduğu raflar üzerinden depodaki koordinatları hesaplanmış ve bu koordinatlar üzerinden tasarruf algoritması çalıştırılmıştır. Algoritmanın sonucu olarak her bir turda araçların hangi siparişleri toplayacakları ve bu siparişler için izlenecek yolu vermektedir. Uygulama verisi üzerinden yapılan çalışmanın sonucu olarak, 400 farklı sipariş 9 farklı rota bulunmuştur. Bu rotaların tek ürünlüler için siparişlerde depoda 83342,25 metre yol alınması sağlanmıştır. Bu rotaların oluşturulması işlemi algoritma ile 25 saniye gibi kısa bir sürede planlanmıştır. Bu haliyle sezgisel olarak tasarlanabilecek bir rota belirleme işlemine göre çok daha zaman tasarrufu ve optimizasyon gerçekleştirilebilecektir.

İkiden fazla ürün barındıran ikinci sipariş grubu için ise sepetlerinde bulunan ürünlerin bulunduğu raflar dikkate alınarak benzerlik algoritması ile benzer yerlerde ürün bulunan siparişler kümelmesi

hedeflenmiştir. Böylelikle, bir sipariş toplanması için çıkan araç ona yakın olan diğer sipariş içinde ürünlerini toplaması ve rotayı efektif kullanması sağlanabilmektedir.

Şirketlerin iş hayatında verimlilik odaklılığı sebebiyle daha hızlı uygulanabilir yöntemlere olan ilgisi bulunmaktadır. Çalışmada literatürde fazlaca uygulaması ve örneği bulunan kümeleme yöntemi ve tasarruf algoritması kullanılarak depo sipariş toplama problemi için karma bir sistem önerilmiştir. Özellikle büyük depo planlama ve ERP gibi yazılımlara sahip olmayan nispi olarak küçük ölçekli şirketlerin de depo sipariş toplama verimliliğini arttırabileceklerine dair örnek sunmak amaçlanmıştır. Bu sayede küçük ölçekli şirketlerin sipariş yönetimlerini uygulayarak depo verimliliklerini arttırabilecekleri yönetim bilişim uygulamalarından yararlanabilecekleri söylenebilir. Daha önce de belirtildiği gibi literatür de farklı ileri düzey depo yönetimine dair çalışmalar yer almaktadır. Ancak bu tip çalışmaların uygulanabilmesi için detaylı programlama ve hesaplama yetkinliğine sahip olmak gerekliliği aşıkardır. Ampirik ve simülasyona dayalı bir öneri sunmak bu çalışmada amaçlanmıştır.

Kullanılan yöntemin önemli bir varsayımının da raflar arasında geçiş sağlanabilirlik varsayımıdır diğer bir deyişle bir koridordan diğerine kolayca geçilebilmektedir. Koridorlar arası geçişleri az olan depolarda bu yöntemin uygulanması sadece toplayıcıya bir yönlendirme sağlayabilmektedir. İlerleyen çalışmalarda koridor geçişlerinin az olduğu durumlar üzerinden simülasyonlar uygulanabilir.

İlerleyen çalışmalarda ileri düzey programlama ve hesaplama gerektiren farklı uygulamalarda çalışmalar yapılabileceği, karma sistemin farklı depo büyüklükleri ve farklı toplama parametrelerine göre iyileştirilebileceği söylenebilir. Gelecek çalışmalarda farklı karma yöntemlerin de uygulanabileceği söylenebilir. Çalışmanın önemli bir sınırı olan kullanılan tekniklerin uygulama örneklerinin fazla olması ve nispi kolay uygulanabilirlik kısıtı haricinde çok daha detaylı optimizasyon yöntemlerinin kullanılacağı çalışmalar da yapılabilecektir.

Yazar Katkısı

KATKI ORANI	AÇIKLAMA	KATKIDA BULUNANLAR
Fikir veya Kavram	Araştırma fikrini veya hipotezini oluşturmak	Mehmet Nuri İNEL
Literatür Taraması	Çalışma için gerekli literatürü taramak	Serkan ETİ
Araştırma Tasarımı	Çalışmanın yöntemini, ölçeğini ve desenini tasarlamak	Serkan ETİ Mehmet Nuri İNEL
Veri Toplama ve İşleme	Verileri toplamak, düzenlemek ve raporlamak	Serkan ETİ Mehmet Nuri İNEL
Tartışma ve Yorum	Bulguların değerlendirilmesinde ve sonuçlandırılmasında sorumluluk almak	Serkan ETİ Mehmet Nuri İNEL

Çıkar Çatışması

Çalışmada yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

Finansal Destek

Bu çalışma için herhangi bir kurumdan destek alınmamıştır.

Kaynakça

- Alpar, R. (2017). Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler, Detay Yayıncılık. Baskı. Ankara.
- Aylak, B. L., Okan, O. R. A. L., & Yazıcı, K. (2021). Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi Tekniklerinin Lojistik Sektöründe Kullanımı. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 8(1), 74-93.
- Bukchin, Y., Khmelnitsky, E., & Yakuel, P. (2012). Optimizing a dynamic order-picking process. *European Journal of Operational Research*, 219(2), 335-346.
- Chang, F. L., Liu, Z. X., Zheng, X. I. N., & Liu, D. D. (2007). Research on order picking optimization problem of automated warehouse. *Systems Engineering-Theory & Practice*, 27(2), 139-143.
- Daniels, R. L., Rummel, J. L., & Schantz, R. (1998). A model for warehouse order picking. *European Journal of Operational Research*, 105(1), 1-17.
- Ding, Q., Hu, X., Sun, L., & Wang, Y. (2012). An improved ant colony optimization and its application to vehicle routing problem with time windows. *Neurocomputing*, 98, 101-107.
- Doyuran, T., & Çatay, B. (2011). A robust enhancement to the Clarke–Wright savings algorithm. *Journal of the Operational Research Society*, 62(1), 223-231.
- Erdoğan, K. (2021). Çok Bölmeli Araç Rotalama Problemi için Bir Melez Genetik Algoritma . Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi , 23 (67) , 71-80 . DOI: 10.21205/deuifmd.202.123.6706.
- Hu, X., Ding, Q., & Wang, Y. (2010). A hybrid ant colony optimization and its application to vehicle routing problem with time windows. In *Life System Modeling and Intelligent Computing* (pp. 70-76). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Kim, B. I., Graves, R. J., Heragu, S. S., & Onge, A. S. (2001). Intelligent Agent Based Model for an Industrial Order Picking Problem. In *Proc. of the 10th Annual Industrial Engineering Research Conference* (pp. 20-22).
- Kırıs, S., Deliktaş, D., & Üstün, Ö. (2018). İki Amaçlı Genetik Algoritma Yaklaşımı ile Bir Depoda Sipariş Toplama Problemi: Vaka Çalışması. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 19(1), 69-77.
- Liu, Y., Wang, S., Dong, F., & Ren, D. (2013). A two stage method for VRP based on the improved ant colony algorithm. *International Journal of Modelling, Identification and Control*, 18(2), 174-181.
- Özçakar, N., Görener, A., & Arıkan, V. (2012). Depolama sistemlerinde sipariş toplama işlemlerinin genetik algoritmalarla optimizasyonu. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi*, 23(71), 118-144.
- Özoğlu, B., Çakmak, E. & Koç, T. (2019). Clarke & Wright's Savings Algorithm and Genetic Algorithms Based Hybrid Approach for Flying Sidekick Traveling Salesman Problem . *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* , Özel Sayı 2019 , 185-192 . DOI: 10.31590/ejosat.637816.
- Pamosoaji, A. K., Dewa, P. K., & Krisnanta, J. V. (2019). Proposed Modified Clarke-Wright Saving Algorithm for Capacitated Vehicle Routing Problem.

- Pan, H., & Li, W. (2009). Hybrid Genetic-Saving Algorithm and Its Application in Vehicle Routing Problem. In 2009 International Conference on Management and Service Science (pp. 1-4). IEEE.
- Pansart, L., Catusse, N., & Cambazard, H. (2018). Exact algorithms for the order picking problem. *Computers & Operations Research*, 100, 117-127.
- Park, Y. B. (2001). A hybrid genetic algorithm for the vehicle scheduling problem with due times and time deadlines. *International Journal of Production Economics*, 73(2), 175-188.
- Pessoa, A., Sadykov, R., Uchoa, E., Vanderbeck, F.: A generic exact solver for vehicle routing and related problems. *Mathematical Programming B*, 183:483-523, 2020. DOI: 10.1007/s10107.020.01523-z.
- Pichpibul, T., & Kawtummachai, R. (2012). New enhancement for Clarke-Wright savings algorithm to optimize the capacitated vehicle routing problem. *European Journal of Scientific Research*, 78(1), 119-134.
- Pichpibul, T., & Kawtummachai, R. (2012a). An improved Clarke and Wright savings algorithm for the capacitated vehicle routing problem. *ScienceAsia*, 38(3), 307-318.
- Ratliff, H. D., & Rosenthal, A. S. (1983). Order-picking in a rectangular warehouse: a solvable case of the traveling salesman problem. *Operations research*, 31(3), 507-521.
- Serhat Saylam, Haldun Süral & Melih Çelik (2017). The Two-Picker Order Picking Problem. *International Logistics and Supply Chain Congress*, Istanbul, Turkey.
- Suray, T. U. N. Ç., Kutlu, B., Zincidi, A., & Atmaca, E. (2008). Depo sisteminde sipariş toplama sürecinin iyileştirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(2).
- Ulutaş, A., Bayrakçıl, A. O., & Kutlu, B. (2017). Araç Rotalama Probleminin Tasarruf Algoritması ile Çözümü: Sivas'ta Bir Ekmek Fırını İçin Uygulama. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 18(1), 185-197.
- Won, J., & Olafsson*, S. (2005). Joint order batching and order picking in warehouse operations. *International Journal of Production Research*, 43(7), 1427-1442.
- Yao, J. G., & Gao, J. (2018). Dynamic ant colony algorithm based on cw saving Value. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 246, p. 03015). EDP Sciences.
- Yazgan, H. R. , Ercan Cömert, S. & Nükte Kılıç, E. (2020). Araç rotalama probleminin sezgisel algoritmalar ile çözülmesi: Bir boya fabrikasında uygulama . *Journal of Turkish Operations Management* , 4(2) , 549-563 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/jtom/issue/59336/851960>.
- Yıldız, E. A., Karaoğlan, İ., & Altıparmak, F. (2021). A mixed integer mathematical model and a heuristic approach for two echelon location routing problem with simultaneous pickup and delivery. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 36(2), 807-822.

Özgeçmiş

Serkan ETİ (Dr. Öğr.Üyesi), İstanbul Medipol Üniversitesi Meslekyüksekokulunda Dr. Öğretim Üyesi olarak görev yapmaktadır. Marmara Üniversitesinde Sayısal Yöntemler Doktorasını almıştır. İstatistik, Veri Madenciliği, Yapay Zeka gibi konularda araştırmalar yapmaktadır.

Mehmet Nuri İNEL (Doç. Dr.), Marmara Üniversitesi İşletme Fakültesinde Sayısal Yöntemler Doçentidir. Marmara Üniversitesinde Sayısal Yöntemler doktorasını tamamlamıştır. Araştırma alanları arasında kantitatif veri analizi, optimizasyon ve verimlilik modelleri yer almaktadır.