

ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİNİN TASARRUF ALGORİTMASI İLE ÇÖZÜMÜ: SİVAS'TA BİR EKMEK FIRINI İÇİN UYGULAMA

Alptekin ULUTAŞ¹

Ali Oğuz BAYRAKÇIL²

Mustafa Bilgehan KUTLU³

Özet

Ticari mal taşımacılığı, ürünün toplam maliyetini etkileyen önemli bir maliyet unsurudur. Araç rotalama problemi 60 yıl önce ticari mal taşımacılığının maliyetini azaltmak hedefiyle ortaya çıktı. Literatürde bu sorunu çözmek için önerilen birçok yaklaşım ve model vardır. Bu çalışmada, Sivas'ta bir fırının araç rotalama problemini çözmek için tasarruf algoritması önerildi. Tasarruf algoritmasının kullanılma amacı, gerçek hayat problemleri için basit ve pratik olmasındandır. Bu çalışmada örnek olarak kullanılan fırın 15 Markete ekmek tedarik ediyor. Bu sorunu çözmek için öncelikle mesafeler matrisi elde edildi ve sonra bu matristen tasarruf miktarı değerleri hesaplandı. Sonuç olarak, tasarruf algoritması sayesinde günlük 10 Türk Lirası yakıt maliyeti tasarruf edilmiştir. Tasarruf algoritması işlemlerini hesaplarken, herhangi bir özel yazılım kullanılmamış; hesaplamalar MS Excel ile yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tasarruf Algoritması, Araç Rotalama Problemi, Dağıtım.

Solution of The Vehicle Routing Problem With Saving Algorithm: Application For a Bread Bakery In Sivas

Abstract

Commodity transport is a significant cost item affecting the total cost of the product. Vehicle routing problem revealed 60 years ago to reduce the cost of commodity transport. In literature, there are many approaches and models proposed to solve this problem. In this study, savings algorithm was proposed to solve vehicle routing problem for a bakery in Sivas. The aim of being used savings algorithm is simple and practical for real life problems. The bakery used as an example in this study supplies breads to 15 Markets. To solve this problem, first, the distance matrix was obtained and then the saving values from this matrix were calculated. As a result, by means of savings algorithm, the fuel cost of 10 Turkish Liras per day has been saved. While calculating the operations in savings algorithm, any special software has not been used, calculations were done by MS Excel.

Key Words: Savings Algorithm, Vehicle Routing Problem, Distribution.

¹ Arş. Gör. Dr., Cumhuriyet Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Sivas, aulutas@cumhuriyet.edu.tr

² Arş. Gör., Cumhuriyet Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Sivas, abayrakcil@cumhuriyet.edu.tr.

³ Arş. Gör. Dr., Cumhuriyet Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Sivas, mkuclu@cumhuriyet.edu.tr

GİRİŞ

Mal dağıtımı, yaklaşık olarak bir ortalama ürünün toplam maliyetinin %10-%20'sine tekabül etmektedir (Toth ve Vigo, 2002;Reimann, Doerner ve Hartl, 2004). Bu nedenle, taşımacılıkta yapılan her hangi bir iyileştirme, maliyetin azaltılmasına yardımcı olacaktır (Yalcın ve Erginel, 2015). Araç rotalama problemi (ARP) mal taşımacılığını iyileştirme amacı ile 60 yıl önce ortaya konulmuş bir problemdir. Dantzig ve Ramser, 1959 yılında ARP üzerine çalışan ilk isimler olmuşlardır (Dantzig ve Ramser, 1959). ARP'nin temel amacı uygun araç rotalarını bularak ve bu rotaların sayesinde toplam uzaklıkları ve toplam kullanılan araç sayısını minimize etmektir (Pichpibul ve Kawtummachai, 2012a). 1964 yılında Clarke ve Wright, ARP için klasik bir sezgisel algoritma olan tasarruf algoritmasını geliştirmişlerdir (Clarke ve Wright, 1964). Bu tarihten itibaren ARP problemlerinin türüne göre çeşitli algoritmalar geliştirilmiş ve uygulanmıştır.

Standart bir ARP de m tane araç rotası bulunmaktadır ve t tane araç bu rotaları takip eder. Rotalar depodan başlayıp her bir dağıtım merkezine sırasıyla gider. Her bir dağıtım merkezi mutlaka bir rotada yer almak zorundadır. Rotanın dışında kalan dağıtım merkezlerine ürünler ulaşamaz, bu da talebin karşılanmamasına sebep olup müşteri memnuniyetsizliğine yol açar.

ARP'nin çözümü için birçok yöntem önerilmiştir. ARP çözüm yöntemleri kesin çözüm yöntemleri ve sezgisel yöntemler olarak ikiye ayrılır (Düzakın ve Demircioğlu, 2009). Kesin çözüm yöntemleri kendi arasında ikiye ayrılır; Minimum K-Araç Yöntemi ve Çok Yüzlü Yaklaşım. Sezgisel yöntemler de kendi arasında iki gruba ayrılır; Klasik Sezgisel Yöntemler ve Meta Sezgisel Yöntemler. Klasik Sezgisel Yöntemlere örnek olarak tasarruf algoritması, süpürme yöntemi, iki aşamalı yöntem ve geliştirilmiş petal sezgiseli gösterilebilir. Meta Sezgisel Yöntemlere örnek olarak tavlama benzetim yöntemi, yapay sinir ağları, tabu arama ve karınca algoritması gösterilebilir (Düzakın ve Demircioğlu, 2009).

ARP'nin çözümünde şu unsurlara dikkat edilmelidir (Kosif ve Ekmekçi, 2012):

- Rota içerisinde yer alan bütün müşterilerin talepleri mutlaka karşılanmalıdır.
- Rotada bulunan her dağıtım noktası tek bir araç tarafından sadece bir defa ziyaret edilmelidir. Tekrarlı ziyaretler olmamalıdır.
- Rota depodan başlayıp, depoda bitmelidir.
- Rota içerisinde yer alan müşterilerin toplam talep miktarı aracın toplam kapasitesini geçemez.
- Her bir araç yalnızca bir rotada hareket etmelidir.
- ARP'nin temel amacı, araçların aldıkları toplam mesafenin minimize edilmesi olmalıdır.

Literatürde ARP'nin çözümüne yönelik çalışmalar Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Literatür Taraması

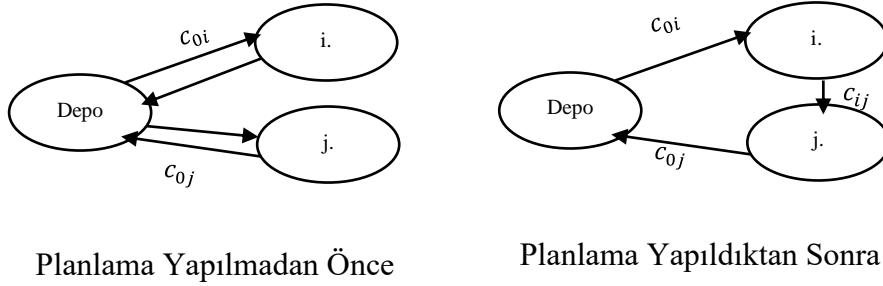
Yazar Adı	Kullanılan Metot	Yıl
Lysgaard vd.	Dal ve Kesme Algoritması	2004
Altinel ve Öncan	Tasarruf Algoritması	2005
Fukasawa vd.	Dal ve Kesme ve Fiyat Algoritması	2006
Chen vd.	Parçacık Sürüsü Algoritması	2006
Tavakkoli-Moghaddam vd.	Tavlama Benzetim Yöntemi	2006
Christiansen ve Lysgaard	Dal ve Fiyat Algoritması	2007
Nagata	Evrimsel Algoritma	2007
Tavakkoli-Moghaddam vd.	Tavlama Benzetim Yöntemi	2007
Gendreau vd.	Tabu Arama Yöntemi	2008
Perboli vd.	Genetik Algoritma ve Tabu Arama Yöntemi	2008
Ai ve Kachitvichyanukul	Parçacık Sürüsü Algoritması	2009
Lin vd.	Tavlama Benzetim Yöntemi ve Tabu Arama Yöntemi	2009
Nagata ve Braysy	Memetik Algoritma	2009
Yu vd.	Karınca Kolonisi Algoritması	2009
Lee vd.	Karınca Kolonisi Algoritması	2010
Juan vd.	Sezgisel ve Monte Carlo Simülasyonu	2010
Ngueveu vd.	Memetik Algoritma	2010
Szeto vd.	Yapay Arı Kolonisi Algoritması	2011
Leung vd.	Tabu Arama Algoritması	2011
Doyuran ve Çatay	Tasarruf Algoritması	2011
Pichpibul ve Kawtummachai	Tasarruf Algoritması	2012a
Pichpibul ve Kawtummachai	Tasarruf Algoritması	2012b
Nazif ve Lee	Genetik Algoritma ve Kombinatoriyal Optimizasyon	2012
Xiao vd.	Tavlama Benzetim Yöntemi	2012
Kosif ve Ekmekçi	Tasarruf Algoritması	2012
Baldacci vd.	Dinamik Programlama	2013
Gounaris vd.	Şans Kısıtlı Programlama	2013
Ke ve Feng	Yerel Arama Algoritması	2013
Goksal vd.	Parçacık Sürüsü Algoritması	2013
Jin vd.	Paralel Meta Sezgisel Algoritma	2014
Lysgaard ve Wöhlk	Dal ve Kesme ve Fiyat Algoritması	2014
Reed vd.	Karınca Kolonisi Algoritması	2014
Escobar vd.	Tabu Arama Yöntemi	2014
Wei vd.	Komşu Arama Yöntemi	2015
Niu vd.	Karınca Kolonisi Algoritması	2015
Junqueira ve Morabito	Kombinatoriyal Optimizasyon ve Sezgisel Algoritma	2015
Polat vd.	Meta Sezgisel Algoritma	2015
Zhou vd.	Yarasa Algoritması	2016
Teymourian vd.	Guguk kuşu Algoritması	2016
Yao vd.	Parçacık Sürüsü Algoritması	2016
Wang vd.	Genetik Algoritma ve Yerel Arama Algoritması	2016

Bu çalışmada bir tek depo ve çok sayıda dağıtım merkezi bulunduğu ve herhangi bir belirsizlik bulunmadığından dolayı tasarruf algoritması kullanılmıştır. Tasarruf algoritması genelde basit problemlerin çözümüne hızlı ve kolayca ulaşmak amacıyla literatürde kullanılmıştır. Bu çalışmada basit ve pratik olduğu için tasarruf algoritması kullanılmış ve bu algoritma bir gerçek hayat problemine uygulanmıştır. Aynı zamanda, bu çalışmada hiçbir yazılıma ihtiyaç duyulmadan basit MS Excel uygulamaları ile sonuca ulaşılmıştır. Bu yönüyle çalışma orijinaldir.

I.TASARRUF ALGORİTMASI

Clarke ve Wright 1964 yılında tasarruf algoritmasını araç rotalama problemini çözmek için geliştirmişlerdir (Clarke ve Wright, 1964). Tasarruf algoritmasında bir adet depo ve birden fazla dağıtım yeri olur.

En büyük tasarruf değerinden başlayarak rotalar belirlenir ve birleştirilir. Tasarruf algoritması şekilsel olarak Şekil 1’ de gösterilmektedir.



Şekil 1. Tasarruf Algoritması

Şekil 1’den tasarruf miktarını (s_{ij}) eşitlik 1 ile buluruz. Eşitlik 2, tasarruf miktarının bulunma formülüdür. Eşitlik 2’deki c_{0i} depodan i müşterisine yolculuk maliyeti, c_{0j} depodan j müşterisine yolculuk maliyeti ve c_{ij} i müşterisinden j müşterisine yolculuk maliyetini göstermektedir.

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

$$s_{ij} = c_{0i} + c_{0j} - c_{ij} \quad (2)$$

Sonuca ulaşmak için $c_{ij} = c_{ji}$ varsayımında bulunulacaktır. Bu varsayımda tek yönlü caddeler dikkate alınmayacaktır. Bu çalışmada tasarruf algoritması MS Excel yardımı ile çözülmüştür ve başka herhangi bir yazılım kullanılmamıştır.

II.UYGULAMA

Bu çalışmada 15 dağıtım noktasına sahip bir ekmek fırını için, ulaştırma maliyetini minimize edecek rotalar belirlenmeye çalışılmıştır. İşletme, bu dağıtım için bir kamyonet kullanmaktadır. Bu aracın kapasitesi 20 ekmek kasası olup, her bir ekmek kasası 50 tane ekmek almaktadır. Dolayısıyla, araç 1000 ekmek taşıma kapasitesine sahiptir ve günlük yaklaşık 3000 ekmek talebi göz önünde bulundurulduğunda, dağıtım için en az üç farklı rotaya ihtiyaç duyulduğu açıktır. Tablo 2’de marketlerin kodları ve bu marketlerin günlük talepleri gösterilmiştir.

Tablo 2. Marketlerin Kodları ve Talepleri

Marketler ve Fırın	Kodlar	Ekmek Talepleri	Gerekli Ekmek Kasası
Fırın	0	-	-
Market A	1	95	2
Market B	2	60	2
Market C	3	180	4
Market D	4	120	3
Market E	5	200	4
Market F	6	210	5
Market G	7	120	3
Market H	8	220	5
Market J	9	200	4
Market K	10	270	6
Market L	11	280	6
Market M	12	210	5
Market N	13	160	4
Market O	14	110	3
Market P	15	325	7

Tablo 3’ de dağıtım yapılacak marketlerin birbirlerine ve ana depo kabul edilen fırına uzaklık matrisi verilmiştir. Bu uzaklık matrisi iki nokta arasındaki uzaklığı göstermektedir. Tablo 3 oluşturulurken hem Google Maps’den hem de bazı marketlere araç ile gidilerek ölçüm yapılmıştır. Bundan dolayı uzaklık matrisi tamamıyla gerçek veriler içermektedir. Tablo 3’den faydalanılarak tasarruf miktarları (s_{ij}) hesaplanabilir. Örneğin Market A ile Market B arasındaki tasarruf miktarı şu şekilde hesaplanır: $s_{12} = c_{01} + c_{02} - c_{12}$ Bu formülde c_{01} değeri

Market A'nın fırına olan uzaklığını göstermektedir. Bu değer Tablo 3'e göre 3,6'dır. Aynı şekilde c_{02} değeri Market B'nin fırına olan uzaklığını göstermektedir ve 2,9 değerine eşittir. Son olarak Market A ve Market B arasındaki uzaklık (c_{12}) değeri Tablo 3'e göre 1,8'dir. Sonuç olarak Market A ve Market B arasındaki tasarruf miktarı $s_{12} = 3,6 + 2,9 - 1,8 = 4,7$ olarak bulunur. Aynı işlem diğer ikili noktalar için tekrar edilirse Tablo 4 elde edilir. Tablo 4 tasarruf matrisini göstermektedir.

Tablo 3. Uzaklık Matrisi

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0																
1	3,6															
2	2,9	1,8														
3	2,9	3,6	1,4													
4	4,3	1,2	2,6	3,8												
5	4,5	1,1	2,5	4,5	2,3											
6	2,8	4,5	3,7	2,6	6,4	5,6										
7	3,7	1	1,9	3,3	1	1,9	5,3									
8	2	1,8	1,2	2,9	3	2,7	3,4	2,4								
9	1,4	3,9	3,1	2,6	4,6	5,8	2	4,9	2,2							
10	2	2,4	2,2	3,4	3,2	2,4	4,7	2,6	1,2	2,8						
11	4,1	1	2,5	4,5	0,5	1,9	5,2	0,4	3	4,8	2,9					
12	3,6	3,2	1,8	1	4,4	3,7	3,9	3,4	3,8	3,3	4,3	4,1				
13	1,3	4,5	3	3,7	4,5	4,6	3,6	4,1	1,9	2,5	1,9	4,1	4,4			
14	4,5	4,8	2,6	1,2	5,9	5,3	4,4	4,9	3,9	4,4	4,8	5,7	1,8	4,7		
15	2,4	3,9	1,7	1,1	5,1	4,4	2,1	4,1	1,9	2	2,3	4,8	1,6	3,1	2,2	

Tablo 4. Tasarruf Matrisi

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1															
2	4,7														
3	2,9	4,4													
4	6,7	4,6	3,4												
5	7	4,9	2,9	6,5											
6	1,9	2	3,1	0,7	1,7										
7	6,3	4,7	3,3	7	6,3	1,2									
8	3,8	3,7	2	3,3	3,8	1,4	3,3								
9	1,1	1,2	1,7	1,1	0,1	2,2	0,2	1,2							
10	3,2	2,7	1,5	3,1	4,1	0,1	3,1	2,8	0,6						
11	6,7	4,5	2,5	7,9	6,7	1,7	7,4	3,1	0,7	3,2					

12	4	4,7	5,5	3,5	4,4	2,5	3,9	1,8	1,7	1,3	3,6				
13	0,4	1,2	0,5	1,1	1,2	0,5	0,9	1,4	0,2	1,4	1,3	0,5			
14	3,3	4,8	6,2	2,9	3,7	2,9	3,3	2,6	1,5	1,7	2,9	6,3	1,1		
15	2,1	3,6	4,2	1,6	2,5	3,1	2	2,5	1,8	2,1	1,7	4,4	0,6	4,7	

Tablo 4'deki bütün tasarruf miktarları en büyükten en küçüğe doğru sıralanır. Hesaplama işlemine en büyük değerden başlanıp, daha sonra sırasıyla diğer değerlerin işlemleri yapılır. Tablo 5' de hesaplanan tasarruf hareketleri gösterilmektedir.

Tablo 5. Tasarruf Hareketleri

Tasarruf Miktarı	Konum 1	Konum 2	Gerekli Ekmek Kasası Talebi	Karar
7,9	4	11	9	4/11/
7,4	7	11	12	4/7/11/
7	4	7	12	Aynı Rotadalar
7	1	5	6	1/5/
6,7	1	4	18	1/4/5/7/11
6,7	1	11	18	Aynı Rotadalar
6,7	5	11	18	Aynı Rotadalar
6,5	4	5	18	Aynı Rotadalar
6,3	1	7	18	Aynı Rotadalar
6,3	5	7	18	Aynı Rotadalar
6,3	12	14	8	12/14/
6,2	3	14	12	3/12/14/
5,5	3	12	12	Aynı Rotadalar
4,9	2	5	20	1/2/4/5/7/11
4,8	2	14	32	Araç Kapasite Aşımı
4,7	2	12	32	Araç Kapasite Aşımı
4,7	2	7	20	Aynı Rotadalar
4,7	1	2	20	Aynı Rotadalar
4,7	14	15	19	3/12/14/15
4,6	2	4	20	Aynı Rotadalar
4,5	2	11	20	Aynı Rotadalar
4,4	2	3	39	Araç Kapasite Aşımı
4,4	5	12	39	Araç Kapasite Aşımı
4,4	12	15	19	Aynı Rotadalar
4,2	3	15	19	Aynı Rotadalar
4,1	5	10	26	Araç Kapasite Aşımı
4	1	12	39	Araç Kapasite Aşımı
3,9	7	12	39	Araç Kapasite Aşımı
3,8	1	8	25	Araç Kapasite Aşımı
3,8	5	8	25	Araç Kapasite Aşımı
3,7	2	8	25	Araç Kapasite Aşımı
3,7	5	14	39	Araç Kapasite Aşımı
3,6	11	12	39	Araç Kapasite Aşımı
3,6	2	15	39	Araç Kapasite Aşımı
3,5	4	12	39	Araç Kapasite Aşımı
3,4	3	4	39	Araç Kapasite Aşımı
3,3	3	7	39	Araç Kapasite Aşımı
3,3	4	8	25	Araç Kapasite Aşımı
3,3	7	14	39	Araç Kapasite Aşımı
3,3	1	14	39	Araç Kapasite Aşımı
3,3	7	8	25	Araç Kapasite Aşımı
3,2	10	11	26	Araç Kapasite Aşımı

3,2	1	10	26	Araç Kapasite Aşımı
3,1	3	6	24	Araç Kapasite Aşımı
3,1	4	10	26	Araç Kapasite Aşımı
3,1	7	10	26	Araç Kapasite Aşımı
3,1	8	11	25	Araç Kapasite Aşımı
3,1	6	15	24	Araç Kapasite Aşımı
2,9	4	14	39	Araç Kapasite Aşımı
2,9	1	3	39	Araç Kapasite Aşımı
2,9	3	5	39	Araç Kapasite Aşımı
2,9	6	14	24	Araç Kapasite Aşımı
2,9	11	14	39	Araç Kapasite Aşımı
2,8	8	10	11	8/10/
2,7	2	10	31	Araç Kapasite Aşımı
2,6	8	14	30	Araç Kapasite Aşımı
2,5	8	15	30	Araç Kapasite Aşımı
2,5	6	12	24	Araç Kapasite Aşımı
2,5	3	11	39	Araç Kapasite Aşımı
2,5	5	15	39	Araç Kapasite Aşımı
2,2	6	9	9	6/9/
2,1	1	15	39	Araç Kapasite Aşımı
2,1	10	15	30	Araç Kapasite Aşımı
2	2	6	29	Araç Kapasite Aşımı
2	3	8	30	Araç Kapasite Aşımı
2	8	15	30	Araç Kapasite Aşımı
1,9	1	6	29	Araç Kapasite Aşımı
1,8	9	15	28	Araç Kapasite Aşımı
1,8	8	12	30	Araç Kapasite Aşımı
1,7	6	11	29	Araç Kapasite Aşımı
1,7	3	9	28	Araç Kapasite Aşımı
1,7	5	6	29	Araç Kapasite Aşımı
1,7	9	12	28	Araç Kapasite Aşımı
1,7	10	14	30	Araç Kapasite Aşımı
1,7	11	15	39	Araç Kapasite Aşımı
1,6	4	15	39	Araç Kapasite Aşımı
1,5	9	14	28	Araç Kapasite Aşımı
1,5	3	10	30	Araç Kapasite Aşımı
1,4	10	13	15	8/10/13/
1,4	8	13	15	Aynı Rotadalar
1,4	6	8	24	Araç Kapasite Aşımı
1,3	10	12	34	Araç Kapasite Aşımı
1,3	11	13	35	Araç Kapasite Aşımı
1,2	2	9	29	Araç Kapasite Aşımı
1,2	2	13	35	Araç Kapasite Aşımı
1,2	5	13	35	Araç Kapasite Aşımı
1,2	6	7	29	Araç Kapasite Aşımı
1,2	8	9	24	Araç Kapasite Aşımı
1,1	1	9	29	Araç Kapasite Aşımı
1,1	4	9	29	Araç Kapasite Aşımı
1,1	4	13	35	Araç Kapasite Aşımı
1,1	13	14	34	Araç Kapasite Aşımı
0,9	7	13	35	Araç Kapasite Aşımı
0,7	4	6	29	Araç Kapasite Aşımı
0,7	9	11	29	Araç Kapasite Aşımı
0,6	9	10	24	Araç Kapasite Aşımı
0,6	13	15	34	Araç Kapasite Aşımı
0,5	3	13	34	Araç Kapasite Aşımı
0,5	6	13	24	Araç Kapasite Aşımı
0,5	12	13	34	Araç Kapasite Aşımı

0,4	1	13	35	Araç Kapasite Aşımı
0,2	7	9	29	Araç Kapasite Aşımı
0,2	9	13	24	Araç Kapasite Aşımı
0,1	5	9	29	Araç Kapasite Aşımı
0,1	6	10	24	Araç Kapasite Aşımı

Tablo 5’de de görüleceği üzere en büyük tasarruf miktarı değeri 7,9’u sağlayan 4 ve 11 numaralı marketleri arasındaki rotadır. 4 ve 11 numaralı marketlerinin gerekli ekmek kasası talepleri toplanırsa $3 (4) + 6 (11) = 9$ değeri bulunur ve bu değer kamyonetin kapasitesi olan 20’den küçüktür. O halde bu iki noktanın arasındaki rota birleştirilir. Algoritmaya devam edildiğinde, 7,4 tasarruf miktarı değerini sağlayan 7 ile 11 numaralı marketleri arasındaki rotadır. Hatırlanacağı gibi 11 numaralı market 4 numaralı market ile aynı rotada birleştirilmişti ve bu iki noktanın toplam talebi 9 bulunmuştu. Bu toplam talebe 7 numaralı marketin de talebi eklenirse toplam talep değeri 12 oluyor ve bu değer kamyonetin kapasitesinden küçük olduğu için 7 numaralı marketi de 4-11 rotasına eklenir. İterasyonlar en küçük değere kadar devam eder. Gerekli ekmek kasası talebi 20’den fazla olursa karara “Araç Kapasite Aşımı” eğer aynı rotadalar ise noktalar “Aynı Rotadalar” yazılır.

Bütün iterasyonların sonucunda 4 farklı rota bulunmuştur. Bu rotalar şöyledir: (1-2-4-5-7-11), (3-12-14-15), (6-9), (8-10-13). 4 araç ile bütün marketlere ekmek ulaştırılmış olacaktır. Diğer bir ifadeyle, işletmenin sahip olduğu tek araç 4 seferle günlük talebi karşılayabilecektir.

III. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, tasarruf algoritmasının yardımıyla bir ekmek fırını için uygun rotalar belirlenmiştir. Bu çalışmada kamyonetin aldığı toplam mesafe 39,6 km olarak hesaplanmıştır. Bu çalışma yapılmadan önce fırının yaptığı rotalar şu şekildedir: (1-2-3-4-5-6), (7-8-9-10), (11-12-13-14) ve (15). Market P (Kod 15)’nin ekmek kasası ihtiyacı rotalardaki toplam talebi aştığından dolayı bu markete fırın git-gel yapmaktadır. Fırının belirlediği rotalar aracılığıyla hareket eden kamyonetin aldığı toplam mesafe ise 61 km olarak hesaplanmıştır. Fırının halihazırda yaptığı rotada kamyonetin aldığı mesafeden (61 km), bu çalışmada bulunan rotaların toplam mesafesi (39,6 km) çıkarılırsa 21,4 km tasarruf sağlandığı görülmektedir. Fırının kullandığı kamyonet 100 km’de 10 Litre mazot harcamaktadır. 21,4 km’de aracın 2,14 Litre mazot harcayacağı doğru orantı ile bulunur. Şubat ayındaki mazotun litre fiyatı 4,75 TL’dir. Harcanan mazot ile mazotun litre fiyatı çarpılırsa günde $2,14 \times 4,75 = 10,165$ (yaklaşık 10 TL) tasarruf sağlanmış olunur. Ekmek dağıtımı günlük olduğu için ayda $10 \times 30 = 300$ TL tasarruf, yıllık ise 3600 TL tasarruf sağlanmıştır. Tasarruf değeri küçük olsa bile büyük fırınlar için aynı algoritma kullanıldığında daha büyük tasarruf değerlerine ulaşılabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada tasarruf algoritmasının bir gerçek hayat problemine uygulanması ve sadece MS Excel kullanılarak bütün işlemlerin yapılmasından dolayı orijinaldir. Gelecek çalışmalarda taşıma süresinden hareketle, tasarruf algoritması genişletilebilir. Bilindiği üzere taşıma süresi belirsizlik göstermektedir; bunun için tasarruf algoritması, belirsizlikleri de hesaba katacak şekilde genişletilebilir.

KAYNAKÇA

- AI, T. J., & KACHITVICHYANUKUL, V. (2009). Particle swarm optimization and two solution representations for solving the capacitated vehicle routing problem. *Computers & Industrial Engineering*, 56(1), 380-387.
- ALTINEL, İ. K., & ÖNCAN, T. (2005). A new enhancement of the Clarke and Wright savings heuristic for the capacitated vehicle routing problem. *Journal of the Operational Research Society*, 56(8), 954-961.
- BALDACCI, R., MINGOZZI, A., ROBERTI, R., & CALVO, R. W. (2013). An exact algorithm for the two-echelon capacitated vehicle routing problem. *Operations Research*, 61(2), 298-314.
- CHEN, A. L., YANG, G. K., & WU, Z. M. (2006). Hybrid discrete particle swarm optimization algorithm for capacitated vehicle routing problem. *Journal of Zhejiang University-Science A*, 7(4), 607-614.
- CHRISTIANSEN, C. H., & LYSGAARD, J. (2007). A branch-and-price algorithm for the capacitated vehicle routing problem with stochastic demands. *Operations Research Letters*, 35(6), 773-781.
- CLARKE, G., & WRIGHT, J. W. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. *Operations research*, 12(4), 568-581.
- DANTZIG, G. B., & RAMSER, J. H. (1959). The truck dispatching problem. *Management science*, 6(1), 80-91.
- DOYURAN, T., & ÇATAY, B. (2011). A robust enhancement to the Clarke–Wright savings algorithm. *Journal of the Operational Research Society*, 62(1), 223-231.
- DÜZAKIN, E., & DEMİRCİOĞLU, M. (2009). Araç Rotalama Problemleri ve Çözüm Yöntemleri. *Iktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Çukurova Üniversitesi, Adana, Turkey*.
- ESCOBAR, J. W., LINFATI, R., Toth, P., & Baldoquin, M. G. (2014). A hybrid granular tabu search algorithm for the multi-depot vehicle routing problem. *Journal of Heuristics*, 20(5), 483-509.
- FUKASAWA, R., LONGO, H., LYSGAARD, J., DE ARAGÃO, M. P., REIS, M., UCHOA, E., & WERNECK, R. F. (2006). Robust branch-and-cut-and-price for the capacitated vehicle routing problem. *Mathematical programming*, 106(3), 491-511.
- GENDREAU, M., IORI, M., Laporte, G., & Martello, S. (2008). A Tabu search heuristic for the vehicle routing problem with two-dimensional loading constraints. *Networks*, 51(1), 4-18.

- GOUNARIS, C. E., WIESEMANN, W., & FLOUDAS, C. A. (2013). The robust capacitated vehicle routing problem under demand uncertainty. *Operations Research*, 61(3), 677-693.
- GOKSAL, F. P., KARAOGLAN, I., & ALTIPARMAK, F. (2013). A hybrid discrete particle swarm optimization for vehicle routing problem with simultaneous pickup and delivery. *Computers & Industrial Engineering*, 65(1), 39-53.
- JIN, J., CRAINIC, T. G., & LØKKETANGEN, A. (2014). A cooperative parallel metaheuristic for the capacitated vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, 44, 33-41.
- JUAN, A. A., FAULIN, J., RUIZ, R., BARRIOS, B., & CABALLÉ, S. (2010). The SR-GCWS hybrid algorithm for solving the capacitated vehicle routing problem. *Applied Soft Computing*, 10(1), 215-224.
- JUNQUEIRA, L., & MORABITO, R. (2015). Heuristic algorithms for a three-dimensional loading capacitated vehicle routing problem in a carrier. *Computers & Industrial Engineering*, 88, 110-130.
- KE, L., & FENG, Z. (2013). A two-phase metaheuristic for the cumulative capacitated vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, 40(2), 633-638.
- KOSİF, B., & EKMEKÇİ, İ. (2012). Araç Rotalama Sistemleri Ve Tasarruf Algoritması Uygulaması.
- LEE, C. Y., LEE, Z. J., LIN, S. W., & YING, K. C. (2010). An enhanced ant colony optimization (EACO) applied to capacitated vehicle routing problem. *Applied Intelligence*, 32(1), 88-95.
- LEUNG, S. C., ZHOU, X., ZHANG, D., & ZHENG, J. (2011). Extended guided tabu search and a new packing algorithm for the two-dimensional loading vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, 38(1), 205-215.
- LIN, S. W., LEE, Z. J., YING, K. C., & LEE, C. Y. (2009). Applying hybrid metaheuristics for capacitated vehicle routing problem. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 1505-1512.
- LYSGAARD, J., LETCHFORD, A. N., & EGGLESE, R. W. (2004). A new branch-and-cut algorithm for the capacitated vehicle routing problem. *Mathematical Programming*, 100(2), 423-445.
- LYSGAARD, J., & WØHLK, S. (2014). A branch-and-cut-and-price algorithm for the cumulative capacitated vehicle routing problem. *European Journal of Operational Research*, 236(3), 800-810.
- NAGATA, Y. (2007, April). Edge assembly crossover for the capacitated vehicle routing problem. In *European Conference on Evolutionary Computation in Combinatorial Optimization* (pp. 142-153). Springer Berlin Heidelberg.
- NAGATA, Y., & BRÄYSY, O. (2009). Edge assembly-based memetic algorithm for the capacitated vehicle routing problem. *Networks*, 54(4), 205.

- NAZIF, H., & LEE, L. S. (2012). Optimised crossover genetic algorithm for capacitated vehicle routing problem. *Applied Mathematical Modelling*, 36(5), 2110-2117.
- NGUEVEU, S. U., PRINS, C., & CALVO, R. W. (2010). An effective memetic algorithm for the cumulative capacitated vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, 37(11), 1877-1885.
- NIU, Y., WANG, S., HE, J., & XIAO, J. (2015). A novel membrane algorithm for capacitated vehicle routing problem. *Soft Computing*, 19(2), 471-482.
- PERBOLI, G., PEZZELLA, F., & TADEI, R. (2008). EVE-OPT: a hybrid algorithm for the capacitated vehicle routing problem. *Mathematical Methods of Operations Research*, 68(2), 361-382.
- PICHPIBUL, T., & Kawtummachai, R. (2012a). An improved Clarke and Wright savings algorithm for the capacitated vehicle routing problem. *ScienceAsia*, 38(3), 307-318.
- PICHPIBUL, T., & KAWTUMMACHAI, R. (2012b). New enhancement for Clarke-Wright savings algorithm to optimize the capacitated vehicle routing problem. *European Journal of Scientific Research*, 78(1), 119-134.
- POLAT, O., KALAYCI, C. B., KULAK, O., & GUNTHER, H. O. (2015). A perturbation based variable neighborhood search heuristic for solving the vehicle routing problem with simultaneous pickup and delivery with time limit. *European Journal of Operational Research*, 242(2), 369-382.
- REED, M., YIANNAKOU, A., & EVERING, R. (2014). An ant colony algorithm for the multi-compartment vehicle routing problem. *Applied Soft Computing*, 15, 169-176.
- REIMANN, M., DOERNER, K., & HARTL, R. F. (2004). D-ants: Savings based ants divide and conquer the vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, 31(4), 563-591.
- SZETO, W. Y., WU, Y., & HO, S. C. (2011). An artificial bee colony algorithm for the capacitated vehicle routing problem. *European Journal of Operational Research*, 215(1), 126-135.
- TAVAKKOLI-MOGHADDAM, R., SAFAEI, N., & GHOLIPOUR, Y. (2006). A hybrid simulated annealing for capacitated vehicle routing problems with the independent route length. *Applied Mathematics and Computation*, 176(2), 445-454.
- TAVAKKOLI-MOGHADDAM, R., SAFAEI, N., KAH, M. M. O., & RABBANI, M. (2007). A new capacitated vehicle routing problem with split service for minimizing fleet cost by simulated annealing. *Journal of the Franklin Institute*, 344(5), 406-425.
- TEYMOURIAN, E., KAYVANFAR, V., KOMAKI, G. M., & ZANDIEH, M. (2016). Enhanced intelligent water drops and cuckoo search algorithms for solving the capacitated vehicle routing problem. *Information Sciences*, 334, 354-378.

- TOTH, P., & VIGO, D. (2002). Models, relaxations and exact approaches for the capacitated vehicle routing problem. *Discrete Applied Mathematics*, 123(1), 487-512.
- WANG, S., LU, Z., WEI, L., JI, G., & YANG, J. (2016). Fitness-scaling adaptive genetic algorithm with local search for solving the Multiple Depot Vehicle Routing Problem. *Simulation*, 92(7), 601-616.
- WEI, L., ZHANG, Z., ZHANG, D., & LIM, A. (2015). A variable neighborhood search for the capacitated vehicle routing problem with two-dimensional loading constraints. *European Journal of Operational Research*, 243(3), 798-814.
- XIAO, Y., ZHAO, Q., KAKU, I., & XU, Y. (2012). Development of a fuel consumption optimization model for the capacitated vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, 39(7), 1419-1431.
- YALCIN, G. D., & ERGINEL, N. (2015). Fuzzy multi-objective programming algorithm for vehicle routing problems with backhauls. *Expert Systems with Applications*, 42(13), 5632-5644.
- YAO, B., YU, B., HU, P., GAO, J., & ZHANG, M. (2016). An improved particle swarm optimization for carton heterogeneous vehicle routing problem with a collection depot. *Annals of Operations Research*, 242(2), 303-320.
- YU, B., YANG, Z. Z., & YAO, B. (2009). An improved ant colony optimization for vehicle routing problem. *European journal of operational research*, 196(1), 171-176.
- ZHOU, Y., LUO, Q., XIE, J., & ZHENG, H. (2016). A hybrid bat algorithm with path relinking for the capacitated vehicle routing problem. In *Metaheuristics and Optimization in Civil Engineering* (pp. 255-276). Springer International Publishing.