

YAŞLILARA BAKIM HİZMETİNDE EN UYGUN ROTANIN BELİRLENMESİ

Cemre TAŞ¹, Neşet BEDİR², Keşer YURDAKUL³, Hacı Mehmet ALAKAŞ⁴,
Tamer EREN⁵, Suna ÖZEL ÇETİN⁶

Öz

Son yıllarda dünya yaşlı nüfusunda önemli bir artış olmuştur. Bu ihtiyaçlarını karşılayamayan insan sayısının artması anlamına geliyor. Bu bağlamda, belediyeler ve çeşitli şirketler evde bakım hizmetleri sunmakta, böylece yalnız yaşayan yaşlılar refah içinde yaşamlarını sürdürebilmektedir. Bu önemli hizmetin zamanında sağlanması kritik önem taşımaktadır ve bu noktada araç rotalama sorununun önemi daha da artmaktadır.

Amaç: Bu çalışmanın amacı, Ankara'daki kamu kurumuna bağlı bir yaşlılara evde bakım hizmeti sağlayan şirketin seyahat edilen toplam mesafesini en aza indirmek için araç rotalaması yapmaktır.

Yöntem: Araç rotalama problemlerini çözmek için, ilgili değişkenler tamsayı olduğundan, tamsayı programlama modelleri sıklıkla kullanılır. Bu bakış açısına göre, bu çalışmada, yalnız yaşayan yaşlılar için evde bakım hizmeti veren sağlık personelinin taşıyan araçların kat ettiği mesafeyi en aza indiren bir tam sayılı programlama modeli önerilmiştir.

Bulgular: Araştırmada, şirkete ait 5 araç ve ilgili sağlık personeli ve de 25 ziyaret noktası dikkate alınmıştır. Model çözümü ile, araçların takip edeceği mesafeleri en aza indiren yollar elde edilir. Bu sayede yaşlılar mümkün olan en kısa sürede ev sağlık hizmetlerini alabilecek ve aynı zamanda şirket için bir maliyet avantajı sağlayabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Evde Bakım Hizmetleri, Tam Sayılı Programlama, Araç Rotalama Problemi

Determining the Optimum Route for Elderly Care Service

Abstract

In recent years there has been a significant increase in world elderly population. This means that the number of people who cannot meet their needs is increasing. In this context, municipalities and various companies provide home-care services so that elderly living alone can survive in a prosperous life. Timely provision of this important service is critical and at this point, the importance of vehicle routing problem is increasing even more.

Aim of this study: The purpose of this study is to carry out vehicle routing in order to minimize the total distance traveled by a home care service company affiliated with a public institution in Ankara.

Method: For solving the vehicle routing problems, integer programming models are frequently used because the variables involved are integers. From this point of view in this study, an integer programming model was proposed that minimizes the distance traveled by vehicles carrying the medical staff providing home care services for the elderly living alone.

Results: In the study, 5 vehicles (medical staff) belonging to the company and 25 points of the visit were taken into consideration. With the model solution, routes are obtained that minimize the distances the vehicles will follow. By this means, the elderly will be able to take home health care services as soon as possible and also it can be provided a cost advantage for the company.

Keywords: Home Care Services, Integer Programming, Vehicle Routing Problem

- 1 Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, E-Posta: cemre.tas11@gmail.com
- 2 Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, E-Posta: nstbdr@gmail.com
- 3 Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, E-Posta: yurdakulkevser@gmail.com
- 4 Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, E-Posta: hmalagas@gmail.com
- 5 Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, E-Posta: tamereren@gmail.com
- 6 Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, E-Posta: s_ozel71@yahoo.com

Giriş

İçinde bulunduğumuz yüzyılda dikkat çeken en önemli konulardan biri, dünya nüfusundaki yaşlılık oranında görülen önemli artıştır (Siviş ve Demir, 2004). Bu artışın sonucunda birçok yaşlı, kendi ihtiyaçlarını yerine getireme ve çeşitli sağlık sorunlarının oluşması gibi sorunlar yaşar. Böyle bir durumla karşılaşan belediyeler ve çeşitli şirketler yalnız yaşayan yaşlıların refah içinde yaşamlarını sürdürebilmesi için Evde Bakım Hizmetleri (EBH) vermektedirler. Bu hizmetler daha çok sağlık alanında öne çıkmaktadırlar. Evde bakım hizmetleri, evdeki hastalara yardımcı olmayı amaçlayan bir hizmet olup özellikle Fransa'da giderek büyüyen bir hizmettir (Liu vd. 2014).

Evde bakım hizmetlerini vermek üzere evlere gönderilecek personel, gün içerisinde belli sayıda eve hizmet vermeyi ve bunu yaparken zaman optimizasyonunu sağlayarak uygun rotalarla ulaştırma maliyetlerini de minimum seviyede tutmayı amaçlar. EBH'nin rotalama kısmı, bir depo ve bazı özel kısıtlamalarla birlikte bir Araç Rotalama Problemi (ARP) olarak modellenebilir. Evlere ekiplerin atanması ve burada rotaların oluşturulması, yaygın bir model olan tamsayılı programlama ile karşılanmıştır (Aggarwal ve Kumar, 2019).

Bu çalışmada Ankara ilinde, evde bakım hizmetlerinde araç rotalaması konusu ele alınmıştır. Her bir ekip için ziyaret edilecek evlerin belirli bir sırada ziyaret edilmesi ARP olarak tanımlanabilmektedir. Ele alınan bu problemde her bir ekip için oluşan en kısa mesafeler hesaplanmıştır.

Materyal-Metod

Araç Rotalama Problemi

Gezgin satıcı problemlerinin özel bir hali olan ARP yaklaşık 50 yıl önce, ilk kez 1959 yılında benzin dağıtım filosu için ana depo ile istasyonlar arasında dağıtım yapan tankerin rota uzunluklarını minimize eden Danzting ve Ramser (1959) tarafından öne sürülmüştür. Clarke ve Writing (1964)'de Danzting ve Ramser'in (1959) çalışmasından esinlenerek 1964 yılında ARP için yeni bir algoritma geliştirmişlerdir. Genel bir ifadeyle ARP'nin amacı belirli sayıda araç için uygun rotaların oluşturulmasıdır. Bu rotalar depodan başlayarak ve müşterileri en uygun sırayla gezerek tekrar depoya dönmelerinden oluşmaktadır. Her bir müşteri oluşturulacak olan rotalardan birinde mutlaka yer almalıdır. ARP de bunun gibi problemin içerdiği bütün kısıtlar sağlanırken maliyet fonksiyonunu veya toplam kat edilen mesafeyi minimize etmek ana amaç iken müşteri memnuniyetini maksimize etmek yan amaçtır.

Lojistik konusunda yapılan araştırmalar neticesinde Amerika Birleşik Devletleri'nde yıllık olarak dağıtım maliyetlerine 400 milyar dolar ve İngiltere'de

ise 15 milyar sterlin ayrıldığı tahmin edilmekte ve bu maliyetler her geçen yıl daha da artmaktadır (Demircioğlu, 2013). Ürün maliyetinin yaklaşık %15 ila %20 sini dağıtım maliyetleri oluşturmaktadır. Firmalar genellikle matematiksel modelleri tercih etmeyip geçmiş verilerden yararlanarak kendi yöntemleri ile dağıtım problemlerine çözüm getirmektedir. Bu kullanılan geleneksel yöntem nedeniyle firmalar yüksek dağıtım maliyetleri ile karşı karşıya kalmaktadırlar. Optimal olmayan dağıtım rotaları, firmalar için ekstra maliyet oluşturmaktadır. Sonuç olarak günümüzdeki rekabetçi ortamda en uygun rotaların oluşturulması maliyetler açısından firmalara büyük avantaj sağlamaktadır (Rushton vd. 2006).

Evde Bakım Hizmetlerinde Araç Rotalama Problemi

Dünyada yaşlı nüfusunun son yıllardaki artışı dikkat çekmektedir. Kişilerin yaşlılık dönemlerine has çok kapsamlı gereksinimlerinin ortaya çıkmasında bu artış önemli bir rol oynar (Siviş ve Demir, 2004). Belediyeler yaşlıyı desteklemek ve yaşlının toplumdan soyutlanmadan yaşamının devam etmesini sağlamak amacıyla evde bakım hizmetlerini, yaşlılara hizmet merkezleri olarak vermektedirler. Bu hizmetler içerisinde; temizlik ve kişisel bakım hizmetleri, bakım-onarım hizmetleri, sağlık bakım hizmetleri, psiko-sosyal destek hizmetleri ve bunun haricinde cami temizliği hizmetleri gibi hizmetler verilmektedir.

Bu hizmetler belediyeler ve şirketler tarafından gerçekleştirilmektedir. Belediyeler bu hizmeti verebilmek için 150 adet temizlik personeli, 4 adet teknik personel, 33 adet şoför, 1 adet doktor, 5 adet hemşire, 2 adet psikolog bulunmaktadır. Hizmet; belirli vasıflara sahip personellerden oluşan ekipler tarafından verilmektedir.

Çalışmada üzerinde durulan hizmet temizlik ve kişisel bakım hizmetidir. Bu hizmet için günlük olarak 25 ekip, her bir ekip içerisinde 1 şoför ve 4 personel bulunmaktadır. Her ekip günde en fazla 5 adrese hizmet verebilmektedir. Bu ekiplerin bu özel kısıtlar içerisinde en uygun rotalarda hizmet verilebilmesi bir ARP olarak tanımlanabilmektedir.

EBH içerisinde ulaştırma maliyetleri büyük bir öneme sahiptir. Bu hizmeti verecek olan personelin dağıtımını önemsiz gibi görünse de maliyet açısından önemli bir problemdir. Bu problem EBH'nde günlük olarak çözülen gerçek hayat-taki bir optimizasyon problemdir.

Bulgular

Literatürde Yer Alan Çalışmalar

Eryavuz ve Gencer (2001) çalışmalarında, personel servis araçlarının toplam güzergâh mesafesini, sezgisel çözüm metotlarından tasarruf ve rassal tasarruf algoritmalarını ve VRP (Vecihle Routing Problem) 328 yazılımını kullanarak mi-

nimize etmeye çalışmışlardır. Bulunan çözümler tur geliştirme algoritmalarıyla daha iyi hale getirilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın sonucunda toplam kat edilen mesafede %28'lik iyileştirme sağlanmıştır fakat mevcut durumda aracın var olan kapasitesi kullanılamamaktadır. Mevcut kapasite ve kullanılan arasındaki farkın bir araç kapasitesinden düşük olması nedeniyle araç tasarrufu sağlanamamıştır. Düzakın ve Demircioğlu (2009) çalışmalarında, ARP için kesin ve sezgisel yöntemleri açıklamış ve gerçek hayattaki uygulamalarından bahsetmişlerdir.

Çetin ve Gencer (2010) çalışmalarında, kesin zaman pencereli-eşzamanlı dağıtım toplamalı ARP kullanmışlar ve matematiksel modeli geliştirmişlerdir. Çalışmada, amaç beklemlerin en küçükleme olarak alınmış. Sonuç olarak müşteri sayısı arttıkça problemin zorlaşp optimal çözümlerin azaldığı ve bununla beraber çözümsüz sonuçların oluştuğu görülmüştür.

Güvez vd. (2012) çalışmalarında, tıbbi atık toplama aracının kullandıkları rotanın en uygun şekilde belirlenmesi üzerinde çalışmışlar. Bu ARP'nin çözümünde tam sayılı programlama modeli kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda optimal çözüm bulunmuş ve %20,63 oranında bir iyileştirme yapılmıştır. Uzumer ve Eren (2012) çalışmalarında, ARP'nin içinde özel bir problem olan okul servisi rotalama problemini ele almışlardır. Sonuç olarak; incelenen dört servisten iki servisin mevcut durumla aynı olduğu görülmüş. Önerilen güzergahla bir serviste %21,6 diğerinde ise %3,21 oranında iyileşme olduğu gösterilmiştir.

Atmaca (2012) eş zamanlı dağıtım toplamalı ARP'ni bir kargo şirketi üzerinde incelemiştir. Problem çözümü için literatürde mevcut olan eş zamanlı toplamalı ARP modeli kullanılmıştır. Problemin çözümü sonucunda önerilen durum ile mevcut durum karşılaştırıldığında, araç sayılarında (rota sayıları) azalma, araç kapasite kullanım oranlarında artışlar ve toplam rota uzunluklarında azalmalar görülmektedir. Demircioğlu (2013) çalışmasında, bir dağıtım firmasında ARP uygulaması yapmıştır. Sezgisel yöntemlerden biri olan tasarruf yöntemi kullanmıştır. Bu çalışmanın amacı kullanılacak araç sayısını ve toplam seyahat mesafesini minimize etmektir. Kat edilen mesafe yönünden önerilen yaklaşım %24 daha iyi sonuç vermiştir. Allaoua vd. (2013) problemin çözümü için öncelikle bir tamsayılı doğrusal programlama yöntemini önermiştir ve bu modeli küçük örneklerle test etmişlerdir. Daha büyük örneklerin çözümü için tamsayılı programlama yönteminin iki probleme ayrışmasına dayanan bir metasezgisel geliştirmişlerdir. Zerenler vd. (2013) çalışmalarında, Konya Karatay Belediyesi Halk Ekmek Fabrikası dağıtım şebekesini incelemiştir. İlk bölgedeki 6 satış merkezi ve ikinci bölgedeki 5 satış merkezi dikkate alınmıştır. Problem doğrusal programlama modeli ile çözülmüştür. Sonuç olarak; ilk bölgede %20, ikinci bölgede %1 oranında bir iyileştirme sağlanmış.

Özök ve Kurul (2014) gıda sektöründe faaliyet gösteren bir dağıtım işletmesinin, üzerinde çalışmışlardır. Çalışmada tamsayılı programlama modeli kulla-

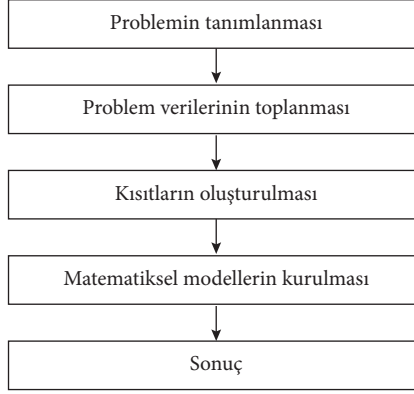
nılmıştır. Haftalık olarak mevcut rota uzunluğunda %8.55 iyileştirme yapılmıştır. Atmaca vd. (2015) bir beyaz eşya yetkili servisinin ürün dağıtımını Zaman Pencereli ARP olarak ele almıştır. Önerilen model karışık tamsayılı programlama modeli ile çözülmüştür. Sonuç olarak yetkili servis tarafından kat edilen mesafenin %67,90 oranında iyileştiği görülmüştür. Etöz ve Tulga (2015) çalışmalarında, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) profesyonellerinin işletmelere atanması ve rotalarının belirlenmesi üzerine çalışmışlardır. Dağıtım süreleri, işletmelerde verilen hizmet süreleriyle birlikte düşünülerek maliyetlerin azaltılması bakımından orijinal bir çalışma olduğu düşünülmüştür. En-nahli vd. (2015) çalışmalarında, evde bakım hizmetlerinde karma tam sayılı doğrusal programlamaya bir yaklaşım önerilmiştir. Amaç, her bir kaynağın etkin bir biçimde kullanılması ve uygun bir çalışma planı oluşturmaktır. Çalışma sonucunda ele alınan problem için mevcut duruma göre iyileşme sağlanmıştır.

Rest ve Hirsch (2016) çalışmalarında, Viyana'daki Avusturyalı Kızıl haçlıların bakım personelinin çoğunun toplu taşıma araçlarını ve yürüyüş seçeneklerini kullandıklarını görmüşlerdir. Problemin çözümünde tabu arama tabanlı çözüm yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada iki farklı senaryo oluşturulup iki farklı iyileştirme elde edilmiştir. Çiftçi vd. (2017) diyaliz hastalarının evlerinden alınıp tedavi merkezlerine götürülmesi üzerinde rotalama yapmışlardır. Kırıkkale'de bir uygulama ile rotalama problemi üzerinde çalışmışlardır. Ulutaş vd. (2017) Sivas'ta bir fırının ARP üzerine çalışmıştır. Bu problemin çözümünde tasarruf algoritmasını önermiştir. Sonuç olarak, tasarruf algoritması sayesinde günlük 10 TL yakıt maliyeti tasarruf edilmiştir. Shi vd. (2017) çalışmalarında, evde bakım hizmetleri ARP'ndeki belirsiz talepler, bulanık değişken olarak ifade edilerek gerçek yaşam problemine daha uygun hale getirmişlerdir. Model stokastik simülasyon yöntemlerinin de içinde olduğu bir hibrid genetik algoritma ile önerilmiştir. Sonuçta 3 dizi deney gerçekleştirilerek bunlardan iyi performanslar elde edilmiştir. Alakaş vd. (2018) ARP'yi Kırıkkale ilinde geri dönüşüm üzerinde uygulamasını yapmışlardır. Sıfır atık projesi kapsamında atıkların toplanması için homojen çok araçlı rotalama problemi üzerinde çalışmışlardır. Araç rotalama problemi literatürde araştırmacılar tarafından sıklıkla ele alınan bir problem tipidir. Uygulama ve modelleme açısından karmaşık bir yapıya sahiptir. Literatürdeki uygulama alanlarına bakıldığında genellikle problem için yeni yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu çalışmada ele alınan konunun özgünlüğü ve model sonucunda elde edilen sonuçların etkinliği ile literatüre katkı sağlanmaktadır.

Çalışma içerisinde kullanılan yöntem olan tamsayılı programlama yöntemi araştırmacılar tarafından farklı uygulama alanlarında kullanılma imkânı bulmuştur. Çalışmalara bakıldığında Al ve Eren (2012); Altunay ve Eren (2016); Taş vd. (2018) eğitim alanında, Koçtepe vd. (2018) organizasyon sektöründe uygulama yapmışlardır.

Uygulama

Çalışmanın akış şemasını Şekil 1'de gösterildiği gibidir.



Şekil 1. Uygulama İçin Sistemin Analiz ve Tasarım Şeması (Analysis and design scheme of the system for case study)

Problemin tanımlanması

Ankara'da faaliyet gösteren, kamu kurumuna bağlı EBH veren bir şirketin talebe göre ekiplerin temizlik ve kişisel bakım hizmetini vereceği evlerin rotalarının belirlenmesinde uygulanmıştır. Kimsesiz ve hiç geliri olmayan yaşlılara öncelikli olarak hizmet sağlamayı amaçlayan bir merkezdir. Bu hizmetten 60 yaş ve üzeri yalnız veya eşi ile yaşayan yanında gelini veya kızı yaşamaması şartı ile merkeze üye vatandaşlar yararlanabilmektedirler. Bu amaçlar doğrultusunda verilen hizmetler; temizlik ve kişisel bakım hizmetleri, bakım onarım hizmetleri, bakım hizmetleri, psiko-sosyal destek hizmetleri, cami temizliği hizmetleridir. Çalışmamızda temizlik ve kişisel bakım hizmeti üzerinde durulmuştur. Bu hizmeti verebilmek için şirkette çok sayıda belirli vasıflara sahip personel ve ekipler bulunmaktadır.

Verilerin toplanması

Modelin uygulanması aşamasında şirketin 1 günlük verisi baz alınarak gün içinde ekiplerin yapmış olduğu ziyaretler göz önüne alınmış ve bu adreslere yapılabilecek en uygun rotalar belirlenerek en iyi ziyaret planı oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu işlemi gerçekleştirecek 5 ekip (araç) şirketten çıkacak ve 24 adres ekipler tarafından ziyaret edilecektir.

Matematiksel Model

Parametreler:

i : adres indeksi $i=1, 2, \dots, 25$

j : adres indeksi $j=1, 2, \dots, 25$

k : ekip indeksi $k=1, 2, \dots, 5$

p : adres indeksi $p=1, 2, \dots, 25$

d_{ij} = i . adres ile j . adres arasındaki mesafe (km)

Karar Değişkenleri

$X_{ijk} = \begin{cases} 1, & i.\text{adresten } j.\text{adrese } k.\text{ekip atanırsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$

u_j = j .adresten alt tur oluşturmasını engelleyen değişken

Kısıtlar

Kısıt-1: Her adrese yalnızca bir ekibin gitmesi kısıtıdır.

$$\sum_{i=1}^{25} \sum_{k=1}^5 X_{ijk} = 1 \quad \forall_{j,j \neq 1} \quad (1)$$

Kısıt-2: Her adresten bir ekibin çıkması kısıtıdır.

$$\sum_{i=1}^{25} \sum_{k=1}^5 X_{ijk} = 1 \quad \forall_{i,i \neq 1} \quad (2)$$

Kısıt-3: Her ekibin 1 nolu adresten çıkması kısıtıdır.

$$\sum_{i=1}^{25} X_{1jk} = 1 \quad \forall_k \quad (3)$$

Kısıt-4: Her ekibin en fazla 6 adrese gidebilmesi kısıtıdır.

$$\sum_{i=1}^{25} \sum_{k=1}^5 X_{ijk} \leq 6 \quad \forall_k \quad (4)$$

Kısıt-5: Modelde oluşacak olan alt turların engellenmesi sağlayan kısıttır.

$$\sum_{i=1, i \neq p}^{25} X_{ipk} - \sum_{j=1, j \neq p}^{25} X_{pjk} = 0 \quad \forall_{k,p} \quad (5)$$

Kısıt-6: Modelde oluşacak olan alt turların engellenmesi sağlayan kısıttır.

$$u_i - u_j - 25 + 1 + 25 * \sum_{k=1}^5 X_{ijk} \leq 0 \quad \forall_{i,i \neq 1, c, j \neq i, j \neq 1} \quad (6)$$

Amaç fonksiyonu

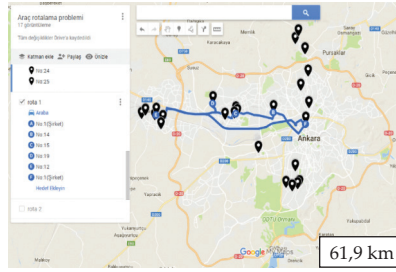
$$\min Z = \sum_{i=1}^{25} \sum_{j=1}^{25} \sum_{k=1}^5 d_{ij} * X_{ijk} \quad (7)$$

İki adres arasındaki mesafenin ekip atanma durumunda minimize edilmesi amaçlanmaktadır.

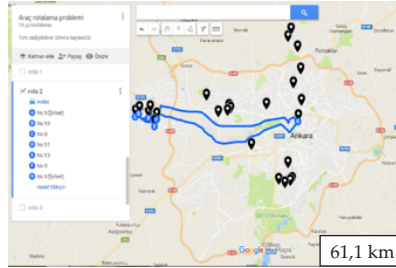
Tartışma

Yaşlılarda fonksiyon kaybı gibi nedenlerden dolayı yaşam kalitesinde azalma ve bakım ihtiyacı duyma durumu ortaya çıkmış ve yaşam kalitesinde iyileştirme konusu ön plana çıkmıştır. Vatandaşlarının bu gereksinimi gidermek isteyen belediyelerde şirketler aracılığıyla gereksinimlere evde bakım hizmetleri ile destek vermektedirler. Bu hizmette belediyelerin ve hastaların aynı anda fayda görmelerine ilişkin maliyet iyileştirme çalışması yapılmıştır. ARP günlük hayatta genellikle kişilerin geçmiş tecrübelerine dayanarak yapılmakta fakat bu yöntem daha farklı problemlerin toplam süre ve toplam maliyet gibi ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

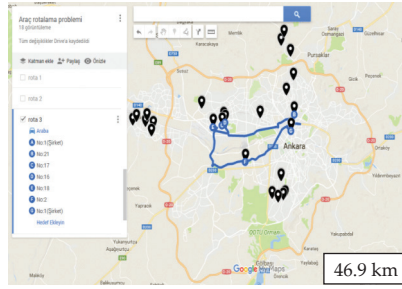
Model sonucunda 5 rota belirlenmiş ve bu rotaların harita görünümü Ekip 1, Ekip 2, Ekip 3, Ekip 4 ve Ekip 5 için sırasıyla Şekil 2, Şekil 3, Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6'da verildiği gibidir. Şekil 2-Şekil 6 belirlenen rotalara sonucunda ekiplere ait güzergahın detaylı görünümünü içermektedir.



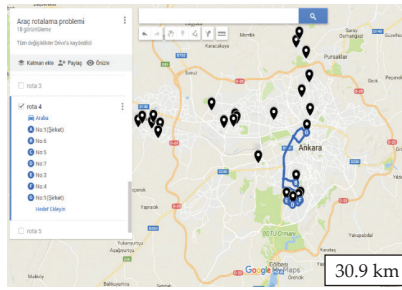
Şekil 2. Rota 1 Harita Görünümü (Map view of Route 1)



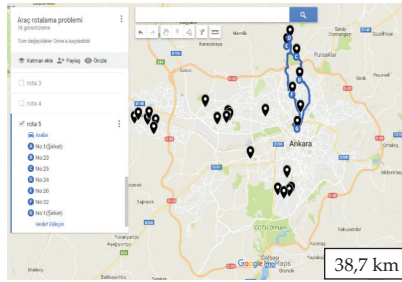
Şekil 3. Rota 2 Harita Görünümü (Map view of Route 2)



Şekil 4. Rota 3 Harita Görünümü (Map view of Route 3)



Şekil 5. Rota 4 Harita Görünümü (Map view of Route 4)



Şekil 6. Rota 5 Harita Görünümü (Map view of Route 5)

Sonuçlar ve Öneriler

Ortalama yaşam süresinin giderek uzamasıyla, bireylerde fiziksel mobilitede bozulma, fonksiyon kaybı gibi nedenlerden dolayı yaşam kalitesinde azalma ve bakım ihtiyacı duyma gereksinimleri ortaya çıkmış ve yaşam kalitesinde iyileştirme konusu ön plana çıkmıştır. Vatandaşlarının bu gereksinimi gidermek isteyen belediyelerde şirketler aracılığıyla gereksinimlere evde bakım hizmetleri ile destek vermektedirler. Bu hizmette belediyelerin ve hastaların aynı anda fayda görmelerine ilişkin maliyet iyileştirme çalışması yapılmıştır.

ARP günlük hayatta genellikle kişilerin geçmiş tecrübelerine dayanarak yapılmakta fakat bu yöntem daha farklı problemlerin toplam süre ve toplam maliyet gibi ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu problemler hastaların geniş alanlara dağılmasıyla daha da karmaşık hale gelmektedir.

Çalışmamızın genel sonucu olarak önerilen durumdaki toplam 5 araç için sırasıyla 61,9 km, 61,1 km, 46,9 km, 30,9 km, 38,7 km ve toplamda 239,5 km mesafe kat etmiştir. Yapılan uygulama sayesinde minimum maliyet ile her ekibin minimum izleyeceği rotaların oluşturulması sağlanmıştır. Ankara'da yaşlı bakım hizmeti veren bir şirketin ekiplerine uygun rotalar oluşturulmuş ve günde 20 adrese hizmet verilirken uygulama sonucunda günde 25 adrese hizmet verilmiştir. Model sonucunda mevcut durum üzerinde %25'lik bir iyileşme sağlanmıştır.

İleride yapılacak çalışmalarda evde bakım hizmetlerinde ARP matematiksel programlama yöntemleri ve metasezgisel algoritmalar ile ayrıca bu yöntemlerin entegrasyonu ile çözümlenerek optimale daha yakın rotalar elde edilebilir.

Kaynakça

- Allaoua, H., Borne, S., L'etocart, L. ve Calvo, R. W. (2013). A metaheuristic approach for solving a home health care problem. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 41: 471-478.
- Al A. ve Eren T. (2012). Tamsayılı programlama modeli ile ders çizelgeleme problemi: Bir örnek uygulama. *Kırıkkale Üniversitesi Bilimde Gelişmeler Dergisi*, 1 (2): 47-55.
- Alakaş, H.M., Kızıldaş, Ş., Eren, T. ve Özcan, E.C., (2018). Sıfır atık projesi kapsamında atıkların toplanması: kırkkale ilinde homojen çok araçlı araç rotalama uygulaması. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 3(3): 190-196, 2018.
- Altunay, H. ve Eren, T. (2016). Ders programı çizelgeleme problemi için 0-1 tamsayılı programlama modeli ve bir örnek uygulama. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 21 (2): 473-488.
- Aggarwal, D. ve Kumar, V. (2019). Mixed integer programming for vehicle routing problem with time windows. *International Journal of Intelligent Systems Technologies and Applications*, 18(1-2): 4-19.
- Atmaca, E. (2012). Bir Kargo Şirketinde Araç Rotalama Problemi ve Uygulaması. *TUBAV Bilim Dergisi*, 2(25): 12-27.
- Atmaca, H., E., Vardar, S., Akbabaöz, S., Vural, A. ve Uruş, G. (2015). Ankara İlinde Ürün Dağıtımını Yapan Bir Beyaz Eşya Yetkili Servisinin Araç Rotalama Problemine Çözüm Yaklaşımı. *Politeknik Dergisi*, 18(2): 99-105.
- Clarke, G. ve Writing, J. W. (1964). Scheduling Of Vehicles from A Central Depot to A Number of Delivery Points. *Institute for operations research and the Management Science*, 12(4): 568-581.
- Çetin, S. ve Gencer, C. (2010). Kesin Zaman Pencereli- Eş Zamanlı Dağıtım Toplamalı Araç Rotalama Problemi: Matematiksel Model. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 25(3): 579-585.
- Çiftçi, O., Eroğlu, A., Bedir, N. ve Eren, T. (2017). *Kırıkkale'de araç rotalama problemi ile diyaliz hastalarının evlerinden alınması*. Harran I. Uluslararası Ar-Ge Proje Pazarı, 12 Mayıs, 2017 Şanlıurfa.
- Danzting, G. B. ve Ramser, J. H. (1959). The Truck Dispatching Problem. *Institute for operations research and the Management Science*, 6(1): 80-91.
- Demircioğlu, M. (2013). Zaman Pencereli Araç Rotalama Problemine Tasarruf Yöntemi ile Bir Uygulama. *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, 17(2): 189-205.
- Düzakın, E. ve Demircioğlu, M. (2009). Araç Rotalama Problemleri ve Çözüm Yöntemleri. *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, 13(1): 68-87.
- En-nahli, L, Allaoi, H. ve Nouaouri, I. (2015). Multi-objective Modelling to Human Resource Assignment and Routing Problem for Home Health Care Services. *IFAC-PapersOnLine*, 3(48): 689-703.
- Eryavuz, M. ve Gencer, C. (2001). Araç Rotalama Problemine Ait Bir Uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi*, 6(1): 139-155.
- Etöz, M. ve Tulga, İ. (2015). İş Sağlığı ve Güvenliği Hizmetleri İçin Yeni Bir Model: Araç ve Hizmet Rotalama Problemi (AHRP) ve Ampirik Uygulaması. *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, 32: 53-65.
- Güvez, H., Dege, M. ve Eren, T. (2012). Kırıkkale'de Araç Rotalama Problemi İle Tıbbi Atıkların Toplanması. *International Journal of Engineering Research and Development*, 4(1): 41-45.

- Koçtepe, S., Bedir, N., Eren, T. ve Gür, Ş. (2018). Organizasyon görevlileri için personel çizelgeleme probleminin 0-1 tam sayılı programlama ile çözümü. *Ekonomi, İşletme ve Yönetim Dergisi*, 2(1):25-46.
- Liu, R., Xie, X. ve Garaix, T. (2014). Hybridization of Tabu search with feasible and infeasible local searches for periodic home health care logistics. *Omega Journal*, 47: 17-32.
- Özkök, B., ve A. Kurul, F. (2014). Araç rotalama problemine tam sayılı lineer programlama modeli ve gıda sektöründe bir uygulama. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 43(2): 251-260.
- Rest, K. D. ve Hirsch, P. (2016). Daily scheduling of home health care services using time-dependent public transport. *Springer Science + Business Media New York*, 28: 495-525.
- Rushton, A., Croucher, P. ve Baker, P. (2006). *Handbook of Logistics and Distribution Management*. 3rd Edition, Kogan Page, Limited.
- Shi, Y., Boudouh, T. ve Grunder, O. (2017). A hybrid genetic algorithm for a home health care routing problem with time window and fuzzy demand. *Expert Systems with Applications*, 72: 160-176.
- Siviş, R. ve Demir, A. (2004). Küresel Yaşlanma ve Türkiye’de Yaşlılarla Psikolojik Danışma ve Rehberlik. *Türk Psikolojik Danışma ve Rehberlik Dergisi*, 3(21): 43-48.
- Taş, C., Bedir, N. ve Eren, T. (2018). 0-1 tamsayı programlama ile ders programı çizelgeleme probleminin çözümü: bir yükseköğretim kurumunda uygulama. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 3(3): 166-175.
- Uzumer, E. ve Eren, T. (2012). Okul Servisi Rotalama Problemi: Bir Uygulama. *International Journal of Engineering Research and Development*, 4(2): 1-4.
- Ulutaş, A., Bayrakçıl, A., O. ve Kutlu, M., B. (2017). Araç Rotalama Probleminin Tasarruf Algoritması ile Çözümü: Sivas’ta Bir Ekmek Fırını için Uygulama. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 18(1): 185-197.
- Zerenler, M., Ergen, Z. ve Karaboğa, K. (2013). Vehicle Routing Problem:The Example Of Karatay Municipality, Konya. *International Journal of Social and Economic Science*, 3(1): 47-54.