



YAŞLILARA EVDE BAKIM HİZMETİNDE BULUNAN EKİPLERİN ROTALANMASI: BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİNDE BİR UYGULAMA

Kevser YURDAKUL¹,Hacı Mehmet ALAKAŞ¹,Tamer EREN^{1,*}Şeyda GÜR¹

¹Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale, Türkiye

ÖZET

TÜİK verilerine göre ülkemizde son on yılda yaşlı nüfus oranının %28.07 arttığı görülmektedir. Bu durumu ele alan belediyeler zor durumdaki vatandaşlarına destek olmayı amaçlamaktadır. Bunun için evde temizlik ve bakım hizmetleri, ev içi bakım-onarım hizmetleri, cami temizlik hizmetleri gibi toplumun ihtiyaç ve beklentilerine yönelik önemli adımlar atmışlardır. Bu çalışmada araç rotalama problemi ele alınmıştır. Ankara Büyükşehir Belediyesi Yaşlı Hizmet Merkezi'nde evde temizlik ve kişisel bakım, bakım-onarım ve cami temizlik hizmetlerinde toplam kat edilen mesafenin en küçüklenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada 05.10.2018 tarihinde temizlik ve kişisel bakım hizmetinde 25 ekibin 123 adrese, bakım-onarım hizmetinde 1 ekibin 6 adrese ve cami temizlik hizmetinde 3 ekibin 18 adrese yani toplamda 29 ekibin 147 adrese verdiği hizmetler ele alınmıştır. Problemin çözümünde tamsayı programlama modeli kullanılmıştır. Sonuç olarak ekipler için minimum kat edilen mesafeler hesaplanmış ve mevcut durum ile karşılaştırılmıştır. %9 oranında bir iyileşme sağlanmıştır. Bu çalışma, evde bakım hizmetlerinde araç rotalarının oluşturulmasıyla uygun kararları almasına yardımcı olacaktır.

Anahtar kelimeler: Araç rotalama problemi, Tam sayılı programlama modeli, Evde bakım hizmeti

THE ROUTING OF HOME HEALTH CARE TEAM FOR THE ELDERLY: A CASE STUDY IN METROPOLITAN MUNICIPALITY

ABSTRACT

According to Turkey's statistical agency data, our country has increased 28.07% of the elderly population over the past decade. Municipalities addressing this situation aim to support their citizens in distress. For this purpose, they have taken important steps towards the needs and expectations of the society such as cleaning and maintenance services at home, home maintenance services, mosque cleaning services. In this study, vehicle routing problem is discussed. In Ankara Metropolitan Municipality Elderly Service Center, it is aimed to minimize the total distance traveled in house cleaning and personal care, maintenance-repair and mosque cleaning services. In the study, cleaning and personal care services on 05.10.2018, 29 teams to address 147 services are considered which in 25 teams to 123 addresses, maintenance and repair services 1 team 6 address and mosque cleaning service 3 teams 18 address. An integer programming model is used to solve the problem. As a result; The minimum distance travelled for the teams is calculated. The results are compared with the current situation and an improvement of 9% was achieved. This study will help to make appropriate decisions by creating vehicle routes in home care services.

Keywords: Vehicle routing problem, Integer programming model, Home care service

1. GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz yüzyılda dikkat çeken en önemli konulardan biri, dünya nüfusundaki yaşlılık oranında görülen önemli artıştır [1]. Bu artışın sonucunda birçok yaşlı, kendi ihtiyaçlarını yerine getirememeye ve çeşitli sağlık sorunlarının oluşması gibi sorunlar yaşamaktadır. Böyle bir durumla karşılaşan belediyeler ve belediye şirketleri yalnız yaşayan yaşlıların refah içinde yaşamlarını sürdürebilmesi için Evde Bakım Hizmetleri (EBH) vermektedirler. Bu hizmetler daha çok sağlık alanında öne çıkmaktadır. EBH, evdeki hastalara yardımcı olmayı amaçlayan bir hizmet olup ülkemizde de giderek büyümektedir [2]. Bu hizmetlere ek olarak, vatandaşların ibadetlerini daha temiz bir ortamda yapmaları için Büyükşehir Belediyeleri ve İlçe Belediyeleri kurdukları ekipler ile camilerin düzenli temizlenmesini sağlamaktadırlar [3].

EBH'yi ve cami temizlik hizmetini vermek üzere evlere/camilere gönderilecek personel, gün içerisinde belli sayıda eve/camiye hizmet vermektedir. Bunu yaparken zaman optimizasyonunu sağlayarak uygun rotalarla ulaştırma maliyetlerini de

* Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.:+90 3183574242/1050 ; e-mail / e-posta: tamereren@gmail.com
Geliş / Recieved: 05.08.2019 Kabul / Accepted: 04.12.2019 doi: 10.28948/ngumuh.602180

minimum seviyede tutmayı amaçlamaktadır. Bu hizmetlerin rotalanması, bir depo ve bazı özel kısıtlamalarla birlikte bir Araç Rotalama Problemi (ARP) olarak modellenenmektedir. Adreslere giden ekiplerin rotaların oluşturulması, yaygın bir model olan tamsayı programlama ile yapılmıştır. Çünkü değişkenler tamsayı (ya da kesikli) değerler almaktadır. Bu çalışmada Ankara Büyükşehir Belediyesi bünyesinde verilen, evde bakım hizmetlerinde ve cami temizlik hizmetinde araç rotalanması konusu bir bütün olarak ele alınmıştır. Her bir ekibin ziyaret edeceği adreslerin belirli bir sırada ziyaret edilmesi araç rotalama problemi olarak tanımlanabilmektedir. Ele alınan bu problemde her bir ekip için en kısa mesafeler yani birbirine yakın adreslerin (hizmet noktalarının) seçilmesiyle hesaplanmıştır.

Çalışmanın planı şu şekildedir: İkinci bölümde araç rotalama problemi genel haliyle anlatılmıştır. Üçüncü bölümde bu rotalama probleminin EBH ve cami temizlik hizmeti ile ilişkilendirilmiş hali anlatılmaktadır. Dördüncü bölümde kullanılan tamsayı programlama modeline yer verilmiştir. Beşinci bölümde literatürde EBH dikkate alınarak yapılan ARP konusundaki çalışmalara yer verilmiştir. Altıncı bölüm olan son bölümde uygulama ve sonuçlara yer verilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Evde Bakım Hizmetleri ve Cami Temizlik Hizmetinde Araç Rotalama Problemi

Dünyada yaşlı nüfusunun son yıllardaki artışı dikkat çekmektedir. Kişilerin yaşlılık dönemlerine has çok kapsamlı gereksinimleri ortaya çıkmakta [1] ve yaşlı nüfus artışıyla beraber gereksinimlerini gideremeyen yaşlı sayısı da artmaktadır. Belediyeler yaşlı kişilerin toplumdan soyutlanmadan yaşamının devam etmesini sağlamak amacıyla EBH'yi, yaşlılara hizmet merkezleri bünyesinde vermektedirler [4]. Bu hizmetler içerisinde; temizlik ve kişisel bakım hizmetleri, bakım-onarım hizmetleri, sağlık bakım hizmetleri, psiko-sosyal destek hizmetleri ve bunun haricinde camilerin hijyenik ortamlar olabilmesi için cami temizliği hizmeti de verilmektedir. Bu hizmetler belediyeler ve belediye şirketleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Hizmet belirli vasıflara sahip personellerden oluşan ekipler tarafından verilmektedir.

Çalışmada üzerinde durulan hizmetler EBH'den temizlik ve kişisel bakım, bakım-onarım hizmeti ve cami temizlik hizmetidir. Bu hizmeti gerçekleştirmek üzere ekipler oluşturulmuştur. Bu ekiplerin özel kısıtlar içerisinde en uygun rotalarda hizmet verilebilmesi bir ARP olarak tanımlanmıştır. EBH ve cami temizlik hizmeti içerisinde ulaştırma maliyetleri büyük bir öneme sahiptir. Bu hizmeti verecek olan personelin dağıtım maliyet açısından önemli bir problemidir. Bu problem EBH'de günlük olarak ortaya çıkan gerçek hayattaki bir optimizasyon problemidir.

2.2. Literatürde Yer Alan Çalışmalar

Eryavuz ve Gencer [5], çalışmalarında, personel servis araçlarının toplam güzergâh mesafesini, sezgisel çözüm metotlarından tasarruf ve rassal tasarruf algoritmaları ile VRP (Vehicle Routing Problem) 328 yazılımını kullanarak en küçüklemeye çalışmışlardır. Bulunan çözümler tur geliştirme algoritmalarıyla daha iyi hale getirilmeye çalışılmıştır. Eveborn vd. [6], EBH veren bir şirkette planlama sorununun bir karar destek sistemi ile çözülmesini amaçlamışlardır. Sonuç olarak, çalışma sürelerinde %7, seyahat sürelerinde ise %20 oranında tasarruf sağlanmıştır. Çalışmanın sonucunda toplam kat edilen mesafede %28'lik iyileştirme sağlanmıştır fakat araç tasarrufu sağlanamamıştır. Düzakın ve Demircioğlu [7], çalışmalarında ARP için kesin ve sezgisel yöntemleri açıklamış ve gerçek hayattaki uygulamalarından bahsetmişlerdir. Çetin ve Gencer [8], çalışmalarında kesin zaman pencereli-eşzamanlı dağıtım toplamalı araç rotalama problemini kullanmıştır ve matematiksel model geliştirmiştir. Çalışmada, amaç beklemelerin en küçüklemesi amaç fonksiyonu olarak alınmıştır. Sonuç olarak müşteri sayısı arttıkça problemin zorlaşır optimal çözümlerin azaldığı ve bununla beraber çözümsüz sonuçların oluştuğu görülmüştür. Bachouch vd. [9], amaç fonksiyonunu seyahat sürelerinin en küçüklemesi olarak tanımlamıştır. Hastalar birkaç tedaviye ihtiyaç duyarlarsa, aynı çalışan tarafından tedavi edilebilmeleri ve bakım sürekliliğinin sağlanması için bazı kısıtlar oluşturularak bir tam sayılı model oluşturulmuştur. Bolat vd. [10], çalışmalarında klasik ARP'nin asıl amacı dışında artan çevre kirliliği problemlerini ve bu problemlerin dünya için etkileri üzerinde çalışmışlardır.

Çalışma sonucunda yeşil lojistik uygulamalarını süreçleri ile birleştiren bir firma için maliyetlerin artmakta olduğu görülmüştür. Fakat firmaların istekleri; kâr paylarını arttırmak ve maliyetlerini en küçükleme olması, yeşil lojistik uygulamalarının dikkate alınması için uzun bir sürece ihtiyaç olduğunu göstermiştir. Güvez vd. [11], çalışmalarında tıbbi atık toplama aracının kullandıkları rotanın en uygun şekilde belirlenmesi üzerinde çalışmıştır. Bu ARP'nin çözümünde tam sayılı programlama modeli kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda optimal çözüm bulunmuş ve %20.63 oranında bir iyileştirme yapılmıştır. Uzumer ve Eren [12], çalışmalarında ARP'nin içinde özel bir problem olan okul servisi rotalama problemini ele almıştır. Sonuç olarak; incelenen dört servisten iki servisin mevcut durumla aynı olduğu görülmüştür. Önerilen güzergâhla bir serviste %21.6 diğerinde ise %3.21 oranında iyileşme olduğu gösterilmiştir. Atmaca [13], 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. Kosif ve

YAŞLILARA EVDE BAKIM HİZMETİNDE BULUNAN EKİPLERİN ROTALANMASI: BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİNDE BİR UYGULAMA

Ekmekçi [14]'nin, çalışmasında bir lojistik firmasının lojistik maliyetlerinin en küçüklenmesi üzerine çalışmıştır. Bu çalışmada tasarruf algoritması kullanılmıştır. Sonuç olarak mevcut planlama ile karşılaştırıldığında 650 TL'lik bir kâr elde edilmiştir. Karagül ve Güngör [15], çalışmalarında havalimanından aldığı turistleri otellere dağıtmak isteyen bir turizm acentesinin dağıtım uygulamalarını inceleyerek en iyi dağıtım planı oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu problemde tasarruf algoritması, süpürme algoritması ve rassal arama yaklaşımı önerilmiştir. Sonuç olarak tasarruf ve süpürme algoritmaları ile elde edilen çözümler acentenin mevcut çözümünden daha kötü olduğu görülmüştür. Fakat acente için rassal arama yaklaşımı önermişlerdir. Bu yaklaşım ile ortalama %17 oranında maliyet tasarrufu elde edilmiştir.

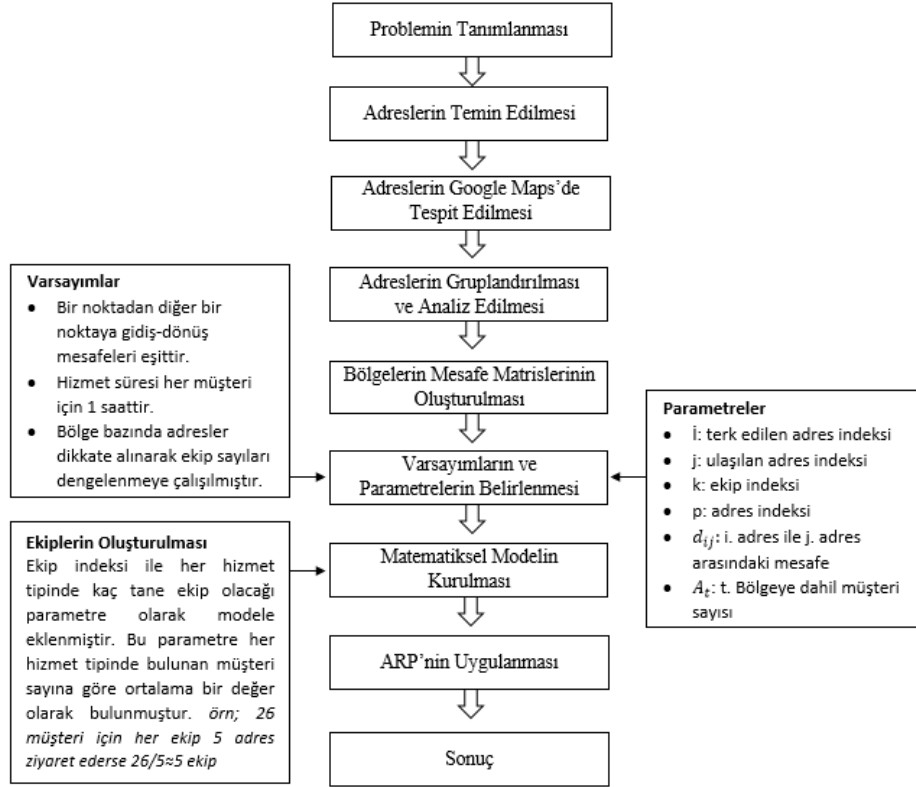
Demircioğlu [16], çalışmasında bir dağıtım firmasında ARP uygulaması yapmıştır. Sezgisel yöntemlerden biri olan tasarruf yöntemi kullanmıştır. Bu çalışmanın amacı kullanılacak araç sayısını ve toplama seyahat mesafesini en küçüklemektir. Kat edilen mesafe yönünden önerilen yaklaşım %24 daha iyi sonuç vermiştir. Allaoua vd. [17], problemin çözümü için öncelikle bir tamsayı doğrusal programlama yöntemi önermiştir ve bu model küçük örneklerle test edilmiştir. Daha büyük örneklerin çözümü için tamsayı programlama yönteminin iki probleme ayrışmasına dayanan bir meta sezgisel geliştirilmiştir. Zerenler vd. [18], çalışmalarında Konya Karatay Belediyesi Halk Ekmek Fabrikası dağıtım şebekesi 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. Lanzarone ve Matta [19], yaptıkları çalışmada evde bakım hizmetlerinde stokastik taleplere karşı kesin çözümler üretmişlerdir. Çalışan hemşirelerin fazla mesailerinin en küçüklenmesi ve iş yükünün minimum dengeli dağıtım amaçlanmıştır. Mankowska vd. [20], çalışmalarında evde bakım hizmeti veren bir şirketin personelleri tarafından hastaların evlerinde yapılan sağlık hizmetlerinin günlük planlaması için karmaşık bir matematiksel model önermişlerdir. Özkök ve Kurul [21]'un çalışmasında, gıda sektöründe faaliyet gösteren bir dağıtım işletmesinin, üzerinde durmuşlardır. Çalışmada tamsayı programlama modeli kullanılmıştır. Haftalık olarak mevcut rota uzunluğunda %8.55 iyileştirme yapılmıştır. Atmaca vd. [22], bir beyaz eşya yetkili servisinin ürün dağıtımını Zaman Pencereyi ARP olarak ele almışlardır. Önerilen model karışık tamsayı programlama modeli ile çözülmüştür. Sonuç olarak yetkili servis tarafından kat edilen mesafenin %67,90 oranında iyileştiği görülmüştür. Etöz ve Tulga [23]'nün, çalışmasında iş sağlığı ve güvenliği profesyonellerinin işletmelere atanması ve rotalarının belirlenmesi üzerinde durmuşlardır. Dağıtım süreleri, işletmelerde verilen hizmet süreleriyle birlikte düşünülerek maliyetlerin azaltılması bakımından literatürden farkı vurgulanmıştır. En-nahli vd. [24], çalışmalarında EBH'de karma tam sayılı doğrusal programlamaya bir yaklaşım önerilmiştir. Amaç, her bir kaynağın etkin bir biçimde kullanılması ve uygun bir çalışma planı oluşturmaktır. Fikar ve Hirsch [25], EBH'de seyahat sürelerini ve bekleme zamanlarını en küçüklemiştir. Bu amaca ulaşmak için meta sezgisel bir çözüm yöntemi kullanılmıştır. Çözüm sonucunda ulaşımda kullanılan araç sayılarında azalış, varış sürelerinde ve park yeri bulma zamanlarında azalış sağlanmıştır.

Hiermann vd. [26], çoklu evde bakım çizelgeleme problemini ele almıştır. Problemden personel ve müşteri memnuniyetini göz önünde bulundurarak müşterilere evde bakım personeli atamak ve verimli çok modlu turları belirlemek amaçlanmıştır. Çözüm yöntemi olarak meta sezgisel bir çözüm yöntemi olan memetik algoritma ele alınmıştır. Alağaç vd. [27], çalışmasında eş zamanlı topla-dağıt rotalama probleminde kapasite kısıtı altında araçların rotalarının minimum olması amaçlanmıştır. Problemin çözümü için matematiksel programlama model önerilmiştir. Çözüm sonucunda araç tipleri, rotaları ve sayıları belirlenmiştir. Braekers vd. [28], evde bakım rotalama ve çizelgeleme problemini iki hedefli bir problem olarak modellemiştir. Seyahat sürelerinin, mesai saatlerinin en küçüklenmesi ve performansın en büyüklenmesi amaçlanmıştır ve bu problemin çözümü için meta sezgisel bir algoritma önerilmiştir. Rest ve Hirsch [29], çalışmalarında Viyana'daki Avusturyalı Kızılhaçlıların EBH'de bakım personelinin çoğunun toplu taşıma araçlarını ve yürüyüş seçeneklerinin kullanıldığı görülmüştür. Problemin çözümünde tabu arama tabanlı çözüm yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada iki farklı senaryo oluşturulup iki farklı iyileştirme elde edilmiştir. Fikar ve Hirsch [30]'in, çalışmasında evde bakım hizmetlerinde çizelgeleme ve rotalama problemleri için bir literatür taraması yapılmıştır. Bu literatür taraması tek dönemli (bir iş günü için) ve çok dönemli (birden fazla iş günü) olarak iki grupta incelenmiştir. Ulutaş vd. [31], Sivas'ta bir fırının araç rotalama problemi üzerine çalışmıştır. Bu problemin çözümünde tasarruf algoritmasını önermiştir. Sonuç olarak, tasarruf algoritması sayesinde günlük 10 TL yakıt maliyeti tasarruf edilmiştir. Shi vd. [32], çalışmalarında EBH ARP'ndeki belirsiz talepler, bulanık değişken olarak ifade edilerek gerçek yaşam problemine daha uygun hale getirilmiştir. Model stokastik simülasyon yöntemlerinin de içinde olduğu bir hibrid genetik algoritma ile önerilmiştir. Sonuçta 3 dizi deney gerçekleştirilerek bunlardan iyi performanslar elde edilmiştir. Yapmış olduğumuz çalışmada ise ARP bir EBH üzerinde incelemiştir. Problem çözümü için literatürde mevcut olan ARP modeli kullanılmıştır. Problemin çözümü sonucunda önerilen durum ile mevcut durum karşılaştırıldığında, ekiplerin kat ettikleri mesafelerde azalmalar görülmektedir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmanın akış şeması Şekil 1'de gösterildiği gibidir.

K. Yurdakul, H.M. Alakaş, T. Eren, Ş. Gür



Şekil 1. Uygulamanın akış şeması

Problemin tanımlanması

Ankara Büyükşehir Belediyesi'ne bağlı Yaşlı Hizmet Merkezi'nde verilen EBH'de ve bir belediye şirketinin verdiği cami temizlik hizmetinde talebe göre ekiplerin hizmet vereceği adreslerin rotalarının belirlenmesi probleminde uygulanmıştır. Çalışmada temizlik ve kişisel bakım hizmeti, bakım-onarım hizmeti ve cami temizliği hizmeti üzerinde durulmuştur. Bu hizmetleri 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.

Modelin uygulanması aşamasında Ankara Büyükşehir Belediyesinin 05.10.2018 tarihinde temizlik ve kişisel bakım, bakım-onarım ve cami temizliği hizmetleri verdiği adresler baz alınarak gün içinde ekiplerin adreslere yapmış olduğu ziyaretler göz önüne alınmış ve bu adreslere yapılabilecek en uygun rotalar belirlenerek en uygun ziyaret planı oluşturulmaya çalışılmıştır.

Adreslerin temin edilmesi

Çalışmada Ankara Büyükşehir Belediyesi'nden 05.10.2018 tarihinde temizlik ve kişisel bakım, bakım-onarım hizmeti alan vatandaşların isim, soy isim, telefon adres bilgileri ve cami temizlik hizmeti verilen camilerin adı, cami görevlisinin telefonu ve adres bilgileri ve bu hizmetlerde görev alan personellerin vasıflarına göre bilgileri temin edilmiştir.

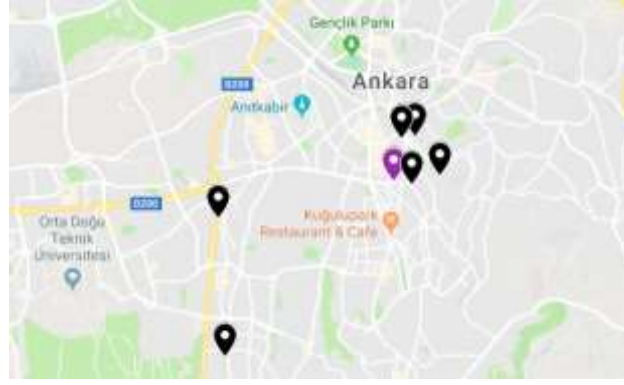
Adreslerin Google haritalarda tespit edilmesi

Temin edilen temizlik ve kişisel bakım hizmeti adresleri, bakım-onarım hizmeti adresleri ve cami temizlik hizmeti adresleri Google Haritalar üzerinde işaretlenerek adreslerin yer tespitleri yapılmış ve aşağıda Şekil 2, Şekil 3, Şekil 4'de verilmiştir.

YAŞLILARA EVDE BAKIM HİZMETİNDE BULUNAN EKİPLERİN ROTALANMASI: BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİNDE BİR UYGULAMA



Şekil 2. Temizlik hizmeti alan adresler



Şekil 3. Bakım-onarım hizmeti alan adresler



Şekil 4. Cami temizliği hizmeti alan adresler

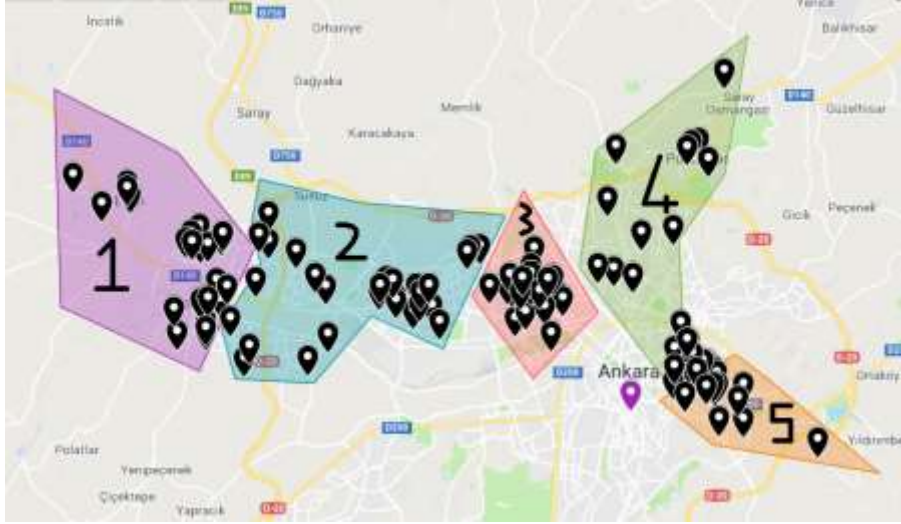
Adreslerin gruplandırılması ve analiz edilmesi

Alınan adresler hizmetler bazında incelendiğinde, bakım- onarım hizmeti alan adresler için tek bir bölgenin yeterli olduğu, cami temizliği hizmeti alan adresler için de tek bir bölgenin yeterli olduğu, temizlik ve kişisel bakım hizmeti alan adresler için ise sayının fazla olması nedeniyle (123 adres) 5 bölgeye ayrılarak, her bir bölge (toplam 7 bölge) ayrı bir problem olarak değerlendirilip ayrı çözümler oluşturulmuştur. Bölgelere ayırma işleminin temel sebebi fazla sayıda hizmet verildiğinde problemi alt problem olarak düşünerek çözümü kolaylaştırmaktır. Bölgelerin ayrılma durumu birbirine yakınlık durumları göz önüne alınarak oluşturulmuştur. Temizlik ve kişisel bakım hizmeti, Bakım Onarım hizmeti ve cami temizlik hizmeti alan adresler Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil7’de görüldüğü gibi alt bölgelere ayrılmıştır.

K. Yurdakul, H.M. Alakaş, T. Eren, Ş. Gür

Bölgelerin mesafe matrislerinin oluşturulması

Modelde kullanılacak olan adresler ve bu adreslerden elde edilen uzaklık matrisleri her bölge için Ek-A, Ek-B, Ek-C, Ek-D, Ek-E, Ek-F, Ek-G’de verilmiştir.



Şekil 5. Temizlik hizmeti alan adreslerin bölgelere ayırımı



Şekil 6. Bakım-onarım hizmeti alan adreslerin bölgelere ayırımı



Şekil 7. Cami temizlik hizmeti alan adreslerin bölgelere ayırımı

YAŞLILARA EVDE BAKIM HİZMETİNDE BULUNAN EKİPLERİN ROTALANMASI: BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİNDE BİR UYGULAMA

Matematiksel model

Problemin varsayımları

i. adresten j. adrese giderken ki uzaklık ile j. adresten i. adrese gidiş uzaklıkları eşit kabul edilmiştir. Ekiplerin her bir adresteki hizmet süresi 1 saat olarak kabul edilmiştir. Her bölge için toplam kaç ekip olacağı dengeli bir dağılım ile adres sayılarına göre belirlenmiştir.

Parametreler

i : terk edilen adres indeksi	i=0,1,...,n
j : ulaşılan adres indeksi	j=0,1,...,n
k : ekip indeksi	k=1,2,...,m
p : adres indeksi	p=0,1,...,n
d_{ij} = i. adres ile j. adres arasındaki mesafe (km)	i=0,1,...,n j=0,1,...,n
A_t = t. bölgeye dahil müşteriler kümesi	t=1,2,...,7

Temizlik hizmetinde;

$$i=0, 1, \dots, 123, j=0, 1, \dots, 123, k=0, 1, \dots, 25, p=0, 1, \dots, 123$$

Bakım-onarım hizmetinde;

$$i=0, 1, \dots, 6, j=0, 1, \dots, 6, k=0, 1, p=0, 1, \dots, 6$$

Cami temizlik hizmetinde;

$$i=0, 1, \dots, 18, j=0, 1, \dots, 18, k=0, 1, \dots, 3, p=0, 1, \dots, 18$$

parametrelerin aldığı değerler verilmiştir.

Karar Değişkenleri

$$X_{ijk} = \begin{cases} 1, & i. adresten j. adrese k. ekibin atanması \\ 0, & aksi halde \end{cases} \quad \forall_{ijk}$$

$$i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, n, k=1, 2, \dots, m$$

$$u_i = \text{alt tur oluşmasını engelleyen değişken} \quad \forall_j \quad j=1, 2, \dots, n$$

Kısıtlar

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

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

2. Kısıt: Her adresten bir ekibin çıkması kısıtıdır.

$$\sum_{j=1, j \neq i}^n \sum_{k=1}^m X_{ijk} = 1 \quad \forall_{i, i \neq 1} \quad (2)$$

3. Kısıt: Her ekibin 0 nolu adresten (Yaşlılara Hizmet Merkezi) çıkması kısıtıdır.

$$\sum_{j=1}^n X_{0jk} = 1 \quad \forall_k \quad (3)$$

K. Yurdakul, H.M. Alakaş, T. Eren, Ş. Gür

4. Kısıt: Her ekibin 0 nolu adrese (Yaşlılara Hizmet Merkezi) dönmesi kısıtıdır.

$$\sum_{i=1}^n X_{i0k} = 1 \quad \forall_k \quad (4)$$

5. Kısıt: Her bölge için ekiplerin gidebileceği adres sayılarının kısıtıdır. Bir ekibin gideceği adres sayısı belirlenirken, her bölgedeki toplam adres sayısı ekip sayısına bölünür ve ortalama adres sayısı belirlenir. Dengeli bir dağılım için ortalama adres sayısına göre dağılım sağlanır. (Örneğin; temizlik ve kişisel bakım hizmeti veren, 1. Bölgede 26 adres, 5 ekip bulunmaktadır $26/5=5.2 \cong 5$ yani her ekip ortalama 5 adrese hizmet vermelidir. Buna başlangıç noktası da dahil edilirse temizlik ve kişisel bakım hizmeti veren, 1. Bölgede her ekip ortalama 6 adrese gitmelidir.)

5.1. Kısıt: Temizlik ve kişisel bakım hizmeti veren, 1. bölgeye gidecek her ekibin en az 6 adrese gidebilmesi kısıtıdır.

$$\sum_{i \in A_1} \sum_{j \in A_1, i \neq j} X_{ijk} \geq 6 \quad \forall_k \quad (5)$$

5.2. Kısıt: Temizlik ve kişisel bakım hizmeti veren, 2. bölgeye gidecek her ekibin en az 6 en fazla 7 adrese gidebilmesi kısıtıdır.

$$\sum_{i \in A_2} \sum_{j \in A_2, i \neq j} X_{ijk} \leq 7 \quad \forall_k \quad (6)$$

$$\sum_{i \in A_2} \sum_{j \in A_2, i \neq j} X_{ijk} \geq 6 \quad \forall_k \quad (7)$$

5.3. Kısıt: Temizlik ve kişisel bakım hizmeti veren, 3. bölgeye gidecek her ekibin en az 6 adrese gidebilmesi kısıtıdır.

$$\sum_{i \in A_3} \sum_{j \in A_3, i \neq j} X_{ijk} \geq 6 \quad \forall_k \quad (8)$$

5.4. Kısıt: Temizlik ve kişisel bakım hizmeti veren, 4. bölgeye gidecek her ekibin en az 5 en fazla 6 adrese gidebilmesi kısıtıdır.

$$\sum_{i \in A_4} \sum_{j \in A_4, i \neq j} X_{ijk} \leq 6 \quad \forall_k \quad (9)$$

$$\sum_{i \in A_4} \sum_{j \in A_4, i \neq j} X_{ijk} \geq 5 \quad \forall_k \quad (10)$$

5.5. Kısıt: Temizlik ve kişisel bakım hizmeti veren, 5. bölgeye gidecek her ekibin en az 5 en fazla 6 adrese gidebilmesi kısıtıdır.

$$\sum_{i \in A_5} \sum_{j \in A_5, i \neq j} X_{ijk} \leq 6 \quad \forall_k \quad (11)$$

$$\sum_{i \in A_5} \sum_{j \in A_5, i \neq j} X_{ijk} \geq 5 \quad \forall_k \quad (12)$$

5.6. Kısıt: Bakım-onarım hizmeti veren her ekibin 7 adrese gidebilmesi kısıtıdır.

$$\sum_{i \in A_6} \sum_{j \in A_6, i \neq j} X_{ijk} = 7 \quad \forall_k \quad (13)$$

5.7. Kısıt: Cami temizliği hizmeti veren her ekibin 7 adrese gidebilmesi kısıtıdır.

$$\sum_{i \in A_7} \sum_{j \in A_7, i \neq j} X_{ijk} = 7 \quad \forall_k \quad (14)$$

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

YAŞLILARA EVDE BAKIM HİZMETİNDE BULUNAN EKİPLERİN ROTALANMASI: BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİNDE BİR UYGULAMA

$$\sum_{i=1, i \neq p}^n X_{ipk} - \sum_{j=1, j \neq p}^n X_{pjk} = 0 \quad \forall_{k,p} \quad (15)$$

7. Kısıt: Modelde oluşacak olan alt turların engellenmesi sağlayan kısıttır.

$$u_i - u_j + 1 + n * \sum_{k=1}^m X_{ijk} \leq n \quad \forall_{i,i \neq 1, j, j \neq i, j \neq 1} \quad (16)$$

Amaç Fonksiyonu

Amaç fonksiyonunda ekiplerin toplam kat ettiği mesafenin minimum olması amaçlanmıştır.

$$\min Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m d_{ij} * X_{ijk} \quad (17)$$

Adreslerde gruplama yapılırken alınan hizmetlere ve adres sayılarına göre toplamda 7 bölge oluşturulduğundan adreslerin gruplandırılması ve analiz edilmesi aşamasında bahsedilmiştir. Sonuçların elde edilmesi aşamasında matematiksel model kullanılırken tüm bölgeler için 1., 2., 3., 4., 6. ve 7. kısıtlar ortak kısıt olarak alınmış, bu kısıtlara ek olarak 1. bölgede 5.1., 2. bölgede 5.2., 3. bölgede 5.3., 4. bölgede 5.4., 5. bölgede 5.5., 6. bölgede 5.6., 7. bölgede 5.7. kısıtlar dikkate alınarak modeller ayrı ayrı çözdürülmüştür.







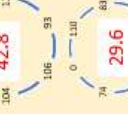













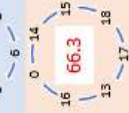
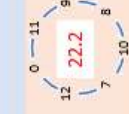
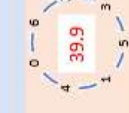
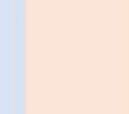
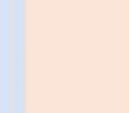



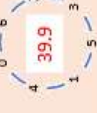
Model sonucunun değerlendirilmesi

Modelin çözümünde “Intel (R) Core (TM) i5-5200 U CPU@2.2 GHZ” işlemcisi, 8 GB belleği ve Windows 10 işletim sistemine sahip bilgisayar kullanılmıştır. Modelin çözümünde 0-1 tamsayılı matematiksel programlama modeli IBM ILOG CPLEX Optimization Studio 12.6.2 paket programıyla çözdürülmüştür. Yapılan uygulama sayesinde minimum maliyet ile ekiplerin izleyeceği en uygun rotaların oluşturulması sağlanmıştır. Çözüm sonuçları değerlendirildiğinde, araç rotaları ve rota uzunlukları çözüm süreleri ile birlikte Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1’e göre önerilen durumda temizlik hizmeti için her bölge 5 ekip toplamda 25 ekip(aracı), bakım-onarım hizmeti için tek bir bölgede 1 ekip ve cami temizlik hizmeti için tek bir bölgede 3 ekip yola çıkacaktır. 1 günde (05.10.2018 tarihinde) temizlik hizmeti veren 25 ekibin(aracın) kat ettikleri mesafe 939.91 km, bakım-onarım hizmeti veren 1 ekibin(aracın) kat ettiği mesafe 21.75 km, cami temizliği hizmeti veren 3 ekibin (aracın) ise 128.45 km yol kat ettiği hesaplanmıştır. Toplamda 29 ekip(aracı) 1090.16 km yol kat etmiştir. Araçların 60 km/h hızla gittiği varsayımıyla her bir ekibin(aracın) yolda geçirdiği ortalama süre $37.592 \cong 38$ dk olarak hesaplanmıştır ($1090.16/60=18.17$ saat, $18.17 \times 60=1090,2$ dk, $1090,2/29=37,592$ dk).

Ekiplerin adreslerde 1 saat hizmet verdiği varsayımı altında ise her ekip günde ortalama $5.069 \cong 5$ saat hizmet verdiği hesaplanmış ve sonuç olarak her bir ekip günde ortalama 5 saat 38 dakika çalıştığı görülmüştür.

Tablo 1. Çözüm sonuçları

	ÇÖZÜM SÜRESİ	EKİP 1	EKİP 2	EKİP 3	EKİP 4	EKİP 5	AMAÇ FONK.
BÖLGE 1							328.65 km
BÖLGE 2							258.41 km
BÖLGE 3	7200sn						119.84 km
BÖLGE 4							134.61 km
BÖLGE 5							98.4 km
BAKIM-ONARIM HİZMETİ	15385sn						21.75 km
CAMI TEMİZLİK HİZMETİ	15sn						128.45 km

4. SONUÇLAR

Ortalama yaşam süresinin giderek uzamasıyla, bireylerde fiziksel mobilitede bozulma, fonksiyon kaybı gibi nedenler ortaya çıkmıştır. Bu durumda yaşam kalitesinde azalma ve bakım ihtiyacı duyma gereksinimleri ortaya çıkmış ve yaşam kalitesinde

YAŞLILARA EVDE BAKIM HİZMETİNDE BULUNAN EKİPLERİN ROTALANMASI: BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİNDE BİR UYGULAMA

iyileştirme konusu ön plana çıkmıştır. Vatandaşlarının bu gereksinimi gidermek isteyen belediyelerde şirketler aracılığıyla gereksinimlere EBH ile destek vermektedirler. Bu hizmette belediyelerin ve vatandaşların aynı anda fayda görmelerine ilişkin maliyet iyileştirme çalışması yapılmıştır.

Araç rotalama problemleri 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 ulaşılmak istenen adreslerin geniş alanlara dağılmasıyla daha da karmaşık hale gelmektedir.

Bu amaçla Ankara Büyükşehir Belediyesi'nde temizlik ve kişisel bakım, bakım-onarım ve cami temizlik hizmeti veren bir belediye şirketinin ekiplerine uygun rotalar oluşturulmuştur. Çalışmada 1 günde tüm hizmet tiplerinde (temizlik ve kişisel bakım hizmeti, bakım-onarım hizmeti, cami temizlik hizmeti) 147 adet adrese ziyaret, 29 ekip tarafından gerçekleştirilmiştir. Temizlik ve kişisel bakım hizmeti, bakım-onarım hizmeti, cami temizlik hizmetlerinde ekiplerin (29 ekip) toplam kat ettikleri mesafe 1187.52 km iken önerilen matematiksel model ile toplam kat edilen mesafe 1090.16 km olarak bulunmuştur. Önerilen rotalarla %9 ((1187.52/1090.16)-1)'luk iyileşme olduğu elde edilmiştir.

Sonuç olarak karar vericiye minimum maliyet ile ekipler için en uygun ziyaret rotalarının belirlenmesi imkânı sağlanmıştır.

İleride yapılacak çalışmalarda evde bakım hizmetlerinde araç rotalama problemi başka yöntemlerle, amaç fonksiyonu değiştirilerek (maliyetin en küçüklenmesi), maliyete ek trafik, araç marka ve modeli, aracın yakıt türü gibi etmenler dikkate alınarak optimal rotalar elde edilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] R. Siviş and A. Demir, "Küresel yaşlanma ve türkiye'de yaşlılarla psikolojik danışma ve rehberlik," Türk Psikolojik Danışma ve Rehberlik Dergisi, vol.3, no.21, pp. 43-48, 2004.
- [2] R. Liu, X. Xie and T. Garaix, "Hybridization of tabu search with feasible and infeasible local searches for periodic home health care logistics," Omega Journal, vol.47, pp. 17-32, 2014.
- [3] Belpa, "Cami temizlik". [Online]. Available: [Http://www.Bel-Pa.Com.Tr/Cami-Temizlik](http://www.bel-pa.com.tr/cami-temizlik) [Accessed: Nov. 21, 2018].
- [4] Ankara Büyükşehir Belediyesi, "Yaşlı hizmet merkezi". [Online]. Available: [Https://Www.Ankara.Bel.Tr/Sosyal-Hizmetler/Yasli-Hizmetleri/Yasli-lara-Hizmet-Merkezi](https://www.ankara.bel.tr/sosyal-hizmetler/yasli-hizmetleri/yasli-lara-hizmet-merkezi) [Accessed: Oct. 05, 2018].
- [5] M. Eryavuz ve C. Gencer, "Araç rotalama problemine ait bir uygulama," Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi, vol.6, no.1, pp. 139-155, 2001.
- [6] P. Eneborn, P. Flisberg and M. Ronnqvist, "Laps care-an operational system for staff planning of home care," European Journal Of Operational Research, vol.171, no.3, pp. 962-76, 2006.
- [7] E. Düzakın ve M. Demircioğlu, "Araç rotalama problemleri ve çözüm yöntemleri," Çukurova Üniversitesi İibf Dergisi, vol. 13, no.1, pp. 68-87, 2009.
- [8] S. Çetin ve C. Gencer, "Kesin zaman pencereli- eş zamanlı dağıtım toplamalı araç rotalama problemi: matematiksel model," Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, vol.25, no.3, pp. 579-585, 2010.
- [9] R.B. Bachouch, A. Guinet and S. Hajri-Gabouj, "A decision-making tool for home health care nurses planning," Supply Chain Forum: An International Journal, vol.12, no.1, pp. 14-20, 2011.
- [10] H.B. Bolat, D. Bayraktar, M. Öztürk ve N. Turan, "Yeşil lojistik zincirinde araç rotalama problem için bir model önerisi," XI. Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul, Türkiye, 23-24 Haziran 2011.
- [11] H. Güvez, M. Dege ve T. Eren, "Kırıkkale'de araç rotalama problemi ile tıbbi atıkların toplanması," International Journal Of Engineering Research And Development, vol.4, no.1, pp. 41-45, 2012.
- [12] E. Uzumer ve T. Eren, "Okul servisi rotalama problemi: bir uygulama," International Journal Of Engineering Research And Development, vol.4, no.2, pp. 1-4, 2012.
- [13] E. Atmaca, "Bir kargo şirketinde araç rotalama problemi ve uygulaması," Tubav Bilim Dergisi, vol.2, no.25, pp. 12-27, 2012.
- [14] B. Kosif ve İ. Ekmekçi, "Araç rotalama sistemleri ve tasarruf algoritması uygulaması," İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, vol.11, no.21, pp. 41-21, 2012.
- [15] K. Karagül ve İ. Güngör, "Havalimanından otellere tek tip araçlarla turist dağıtım problemi çözümü önerisi ve Alanya uygulaması," Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Eyi Özel Sayı, pp. 89-196, 2013.
- [16] M. Demircioğlu, "Zaman pencereli araç rotalama problemine tasarruf yöntemi ile bir uygulama," Çukurova Üniversitesi İibf Dergisi, vol.17, no.2, pp. 189-205, 2013.
- [17] H. Allaoua, S. Borne, L. L'Etocart and R.W. Calvo, "A matheuristic approach for solving a home health care problem," Electronic Notes in Discrete Mathematics, vol. 41, pp. 471-478, 2013.
- [18] M. Zerenler, Z. Ergen ve K. Karaboğa, "Vehicle routing problem: the example of Karatay municipality, Konya," International Journal Of Social And Economic Science, vol.3, no.1, pp. 47-54, 2013.
- [19] E. Lanzarone and A. Matta, "Robust nurse-to-patient assignment in home care services to minimize overtime under continuity of care," Operations Research For Health Care, vol.3, no.2, pp. 48-58, 2014.

- [20] D. Mankowska, F. Meisel and C. Bierwirth, “The home health care routing and scheduling problem with interdependent services,” *Health Care Management Science*, vol.17, no.1, pp. 15–30, 2014.
- [21] B.A. Özkök ve F.C. Kurul, “Araç rotalama problemine tam sayılı lineer programlama modeli ve gıda sektöründe bir uygulama,” *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, vol.43, no.2, pp. 251-260, 2014.
- [22] H.E. Atmaca, S. Vardar, S. Akbabaöz, A. Vural ve G. Uruş, “Ankara ilinde ürün dağıtımını yapan bir beyaz eşya yetkili servisinin araç rotalama problemine çözüm yaklaşımı,” *Politeknik Dergisi*, vol.18, no.2, pp. 99-105, 2015.
- [23] M. Etöz ve İ. Tulga, “İş sağlığı ve güvenliği hizmetleri için yeni bir model: araç ve hizmet rotalama problemi (AHRP) ve ampirik uygulaması,” *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, vol.32, pp. 53-65, 2015.
- [24] L. En-Nahli, H. Allaoı and I. Nouaouri, “A Multi-objective modelling to human resource assignment and routing problem for home health care services,” *Ifac-Papersonline*, vol.3, no.48, pp. 689-703, 2015.
- [25] C. Fikar and P. Hirsch, “A matheuristic for routing real-world home service transport systems facilitating walking,” *Journal Of Cleaner Production*, vol.105, pp. 300–10, 2015.
- [26] G. Hiermann, M. Prandtstetter, A. Rendl, J. Puchinger and G. Raidl, “Metaheuristics for solving a multimodal home-healthcare scheduling problem,” *Central European Journal Of Operations Research*, vol.23, no.1, pp. 89–113, 2015.
- [27] H.M. Alağaç, S. Çetin, A. Yerlikaya ve T. Eren, “Heterojen eş-zamanlı topla-dağıt rotalama problemi: tehlikeli malzeme sevkiyatı,” *Isites (International Symposium On Innovative Technologies in Engineering and Science)*, Antalya, Türkiye, 3-5 Kasım 2016.
- [28] K. Braekers, R.F. Hartl, S.N. Parragh and F. Tricoire, “A bi-objective home care scheduling problem: analyzing the trade-off between costs and client inconvenience,” *European Journal Of Operational*, vol. 248, no.2, pp. 428–43, 2016.
- [29] K.D. Rest and P. Hirsch, “Daily scheduling of home health care services using time-dependent public transport,” *Flexible services and manufacturing journal*, vol.28, no.3, pp. 495-525, 2016.
- [30] C. Fikar and P. Hirsch, “Home health care routing and scheduling: a review,” *Computers & Operations Research*, vol. 77, pp. 86-95, 2017.
- [31] A. Ulutaş, A.O. Bayrakçıl ve M.B. Kutlu, “Araç rotalama probleminin tasarruf algoritması ile çözümü: Sivas’ta bir ekmek firması için uygulama,” *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, vol.18, no.1, pp. 185-197, 2017.
- [32] Y. Shi, T. Boudouh and O. Grunder, “A hybrid genetic algorithm for a home health care routing problem with time window and fuzzy demand,” *Expert Systems With Applications*, vol.72, pp. 160-176, 2017.