

## COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ KULLANARAK YAYA YOLLARI ÜZERİNDEN ROTA OPTİMİZASYONU

**Süleyman Savaş DURDURAN (ORCID: 0000-0003-0509-4037)<sup>1</sup>**

**Münevver Gizem GÜMÜŞ (ORCID: 0000-0003-4606-2277)<sup>2</sup>**

**Aşlı BOZDAĞ (ORCID: 0000-0003-2178-6527)<sup>2\*</sup>**

**Hasan Can BEYHAN (ORCID: 0000-0003-1920-4516)<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Harita Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya, Türkiye

<sup>2</sup>Harita Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Niğde, Türkiye

<sup>3</sup>Başarsoft Bilgi Teknolojileri A.Ş., İstanbul, Türkiye

*Geliş / Received:* 05.06.2017

*Kabul / Accepted:* 28.08.2017

### ÖZ

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) konumsal ve konumsal olmayan coğrafi verilerin amaca uygun olarak analiz edilmesini sağlayan bir sistemdir. Son yıllarda özellikle yaya/araç navigasyon hizmetlerinde takip edilecek güzergâhın belirlenmesine yönelik analizlerin yapılması ve sonuçların mekânsal referanslı olarak kullanıcıya sunulması aşamasında CBS kullanımı giderek popüler hale gelmiştir. CBS yaya/araç navigasyon hizmetlerinde yeterli geometrik ve semantik doğruluğa sahip haritaların sayısallaştırılması, araç ve yol durumuna ilişkin verilerin depolanıp modellenmesi ve ihtiyaç duyulan yöntem ve algoritmalar ile analizlerin gerçekleştirilmesini sağlayan bütünlük çözümler sunmaktadır. Bu çalışmada, CBS kullanılarak yaya yolları üzerinden rota optimizasyonunun önemi ve faydaları incelenmiştir. Pilot bölge olarak belirlenen Ankara ili Çankaya ve Mamak ilçesindeki Çamlıtepe, Fakülteler, 50. Yıl, Ertuğrulgazi, Cebeci ve Abidinpaşa mahalleleri içinde Araç Rotalama Problemi algoritmalarını kullanarak dağıtıcının belirtilen talep noktalarına en optimal verimlilikte erişmesine yönelik sıra ve rotalama çalışması yapılmıştır. Oluşturulan rotasyon modeli yorumlanarak diğer dağıtım/toplama hizmet sektöründe olan kamu kuruluşları ve özel sektör firmalarına örnek teşkil etmesi amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Araç rotalama problemi, coğrafi bilgi sistemi, lojistik, optimal verimlilik, yaya yolu rota optimizasyonu

## ROUTE OPTIMIZATION USING THE GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM ON THE PEDESTRIAN WAYS

### ABSTRACT

Geographic Information Systems (GIS) is a system that allows geospatial and non-spatial data to be appropriately analyzed. GIS is important in terms of managing complex business processes such as reconstruction, transportation and infrastructure where geographical data are heavily used and improving time, cost and workforce constraints. In recent years, vehicle / pedestrian navigation services, GIS usage area and user diversity have become widespread especially in the logistics sector. The use of GIS has become increasingly popular during the analysis of the pedestrian / car navigation services to determine the route to be followed and the results are presented to the user with spatial reference. Digitization of maps with sufficient geometric and semantic accuracy in GIS pedestrian / car navigation services, storage and modeling of data related to vehicle and road status Provides integrated solutions that enable analysis and analysis with the required methods and algorithms. In this study, the advantages and benefits of route optimization through pedestrian paths were examined using Geographic Information System. Using the Vehicle Routing Problem algorithms in Çamlıtepe,

\*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: +90 507 921 56 32; e-mail / e-posta: aslibozdag@ohu.edu.tr

*COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ KULLANARAK YAYA YOLLARI ÜZERİNDEN ROTA OPTİMİZASYONU*

Fakülteler, 50. Yıl, Ertuğrulgazi, Cebeci and Abidinpaşa neighborhoods in Çankaya and Mamak districts in Ankara province as the pilot region, sequencing and routing studies were performed to reach the specified demand points of the distributor at the most optimal efficiency. The created rotation model is interpreted and aimed to set an example for public institutions and private sector companies in other distribution / collection service sector.

**Keywords:** Vehicle routing problem, geographical information system, logistics, optimal productivity, pedestrian paths route optimization

## 1. GİRİŞ

Serbest piyasa koşullarının hâkim olduğu, tüketim odaklı küresel ölçekli pazarlarda rekabet etmek; insanlara hızlı, ucuz ve yeni ürünler sunabilmekten geçmektedir. Bu koşullar şirketlerin kar marjlarını ve pazar alanlarını etkilemektedir. Bunun sonucunda firmalar için tedarik zinciri ve lojistik süreçlerinin verimli, etkin ve etkili yönetimi son derece önem kazanmaktadır [1]. Dağıtım maliyetlerini azaltmak ve müşterilere sunulan servisin kalitesini arttırmak için en kısa zamanı ya da mesafeyi verecek olan, bir aracın/dağıtıcının şebeke içerisinde izleyeceği en uygun rotayı bulmak günümüzde en çok tartışılan konu haline gelmiştir [2, 3]. Standart bir araç rotalama probleminde, depolardan araçlar vasıtasıyla değişik noktalarda bulunan müşteri noktalarının talepleri karşılanmaya çalışılmaktadır. Bunu gerçekleştirirken amaç, etkili ve verimli bir şekilde müşteri ihtiyaçlarını mümkün olan en kısa zamanda, en kısa yoldan ve en az maliyetle karşılayan rotayı belirlemektir [1]. Bu amaca yönelik literatürde acil durum yönetimi [4-7], iş yükünü minimal hale getirme [8-17], trafik sıkışıklığını önlemede alternatif güzergah tespit etme [18] ve orman yollarına ait optimum yol güzergahı belirlemeye [19-21] yönelik araç rotasyon çalışmaları bulunmaktadır. Ayrıca bu ve benzer çalışmalarda Araç Rotasyon Problemi (ARP) çözümüne yönelik farklı algoritmalar önerilmiştir [22]. Bu algoritmalar arasında dal-sınır algoritmaları [23-25], dal-kesme algoritmaları [26, 27], dal-kesme-fiyat algoritmaları [28] dinamik programlama [29] ve eş-zamanlı topla-dağıt araç rotalama probleminde yönelik matematiksel modeller [30-36] yer almaktadır.

Literatür çalışmaları incelendiğinde araç rotasyon çalışmaları yanında yaya yolu rotasyonuna yönelik uygulama bulunmamaktadır. Bunun sebebi yaya yolu rotasyonunun araç rotasyon çalışmalarına göre ekonomik ve çevresel kısıtlayıcıları nedeni ile oldukça fazla zaman alıcı ve oldukça karmaşık bir uygulama olmasıdır. Yaya yolları denilince sadece kaldırımlardan meydana geldiği düşünülür. Yaya yolları; kaldırımlar, altgeçit, üstgeçit, yaya geçidi, bina içi yol, park içi yol ve meydan gibi birçok tali yoldan meydana gelir ve bu sebepten rotasyon çalışmalarının uygulanması oldukça zor ve zaman alıcıdır. Bununla birlikte araç kullanımı fiziksel, sosyal ve kültürel açıdan yetkinlik içeren bazı özellikleri gerektirmektedir. Özellikle yaşlıların refleks ve yaşa ilişkin yaşayacakları fiziksel sorunlar ya da çocuk kullanıcıların araç kullanımına yönelik eğitim ve yaşa bağlı araç kullanım yetersizlikleri nedeniyle yaya yollarını tercih etmeleri söz konusu olabilir. Bu noktada ulaşmak istedikleri ve sık kullandıkları kentsel donatılar (toplu taşıma durakları, kamu kurumları, bankalar, eğitim tesisi, sağlık tesisleri, vb.) onlar için fiziksel açıdan erişilebilirlik mesafesinde olması önem taşımaktadır. Özellikle son yıllarda yaşlı dostu kent ve buna olanak sağlayan çevrenin oluşturulmasına ilişkin kavramlar ortaya çıkmıştır [37, 38]. Ayrıca engelli vatandaşların yaşam ortamlarında hayatlarının daha kaliteli olması açısından toplu taşıma ve yaya kullanımının bütüncül rotasyonların oluşturulması önem taşımaktadır. Buna ilişkin kurumların imar ve şehircilik faaliyetlerinde yaşlı, çocuk ve engelli vatandaşların toplumdaki izolasyonunun önlenmesi katılım artmasının sağlanmasında bu kullanıcılara yönelik yaya rotasyonunu önemseyen yaya odaklı projeler üretmesi gerekmektedir. Buna yönelik Türkiye’de yaya yolu verisinin (CBS) yardımıyla entegre edildiği bazı projeler bulunmaktadır. Bunlardan ilk olarak Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı ve Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığının yürütmüş olduğu genel amacının görme engellilerin bağımsız hareket olanağına kavuşarak, sosyal yaşamda daha fazla yer alabilmeleri ve yaşam şartlarını kolaylaştırmayı amaçlayan “Göregöz Projesi” bulunmaktadır. Proje, görme engelliler için özel olarak geliştirilmiş, yaya olarak şehir içinde bir yerden bir yere giderken sesli navigasyon özelliği bulunan cihaz ve yazılım bütünüdür [39]. Bir diğer çalışma “Ulaşılabilirlik Bankalar Projesi” olan yaşlı, hamile, çocuk ve özürli insanların şehir içi ve şehirlerarası ulaşımını kolaylaştırmayı hedefleyen tedbirlerin ve uygulamaların bütünüdür [40]. Bankalar bu konuda müşterilerinin yaya yolu üzerinden bankamatiklere ve şubelerine ulaşımı konusunda çalışmaktadır. Yaya yolu optimizasyon çalışmalarına yönelik bir başka uygulama ise AFAD Afet Yönetimi ve Karar Destek Sistemidir (AYDES). AYDES, afet ve acil durum yönetimine ilişkin süreçlerin etkin bir biçimde yürütülebilmesi için kurgulanmış bir bilişim sistemidir. Sistem masaüstü, CBS destekli web uygulamaları (iki boyutlu ve üç boyutlu) ve mobil uygulamaları içeren, birçok kurum içi ve dışı sisteme ve uygulamaya bağlı bütünsel bir platformdur [41]. Bu platformun ulaşılabilirlik modülünde ise afet anına yaya olarak en yakın yönlendirme merkezlerine nasıl

S.S. DURDURAN, M.G. GÜMÜŞ, A. BOZDAĞ, H.C. BEYHAN

gidileceği ile ilgili ulaşılabilirlik analizi yapılmaktadır. Yapılan çalışmaların tamamı yaya yolu kullanımını en optimal verimlilik sağlamaya yönelik çalışmalardır.

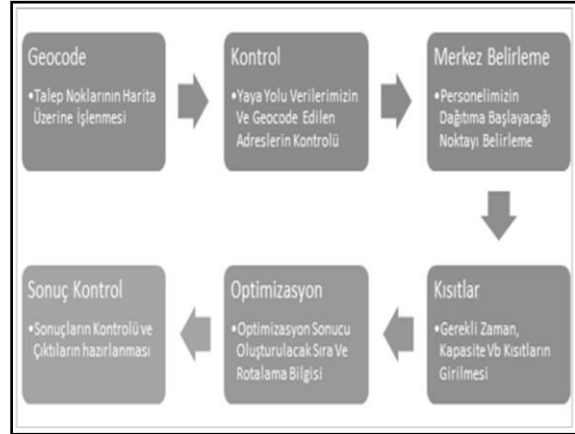
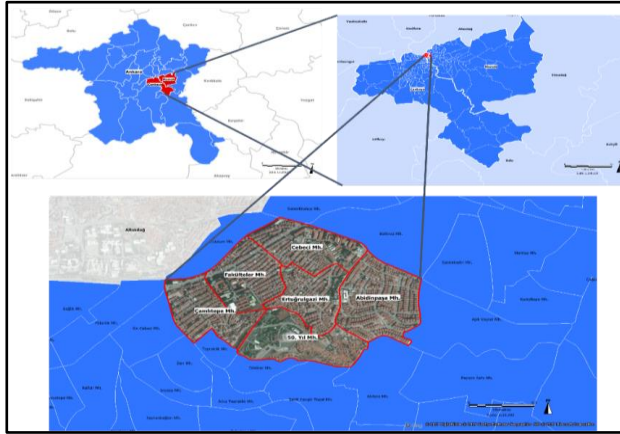
Bu çalışmanın amacı, CBS yardımıyla bir dağıtıcının talep noktalarına ait adres verilerinin Araç Rotalama Problemi algoritmalarını kullanarak haritaya işlenmesi, dağıtıcının belli kısıtları göz önüne alarak belirtilen talep noktalarına en optimal verimlilikte erişmesine yönelik sıra ve rotalama çalışması yapılmasıdır. Bu amaç kapsamında İç Anadolu bölgesinin Ankara ili Çankaya ilçesinde yer alan Çamlıtepe, 50. Yıl, Ertuğrulgazi, Fakülteler, Cebeci Mahalleleri ve Mamak ilçesindeki Abidinpaşa Mahallelerinde talep noktalarına ait adres verileri kullanılmıştır. Bu çalışmanın diğer dağıtım/toplama hizmet sektöründe olan kamu kuruluşları ve özel sektör firmalarına örnek teşkil etmesi açısından yarar sağlayacağı düşünülmektedir.

## 2. MATERYAL VE METOT

Yaya yolu rotasyon çalışmaları diğer uygulamalara (araç, iş, acil durum rotasyon uygulamaları, vb.) göre daha karmaşık ve zaman alıcıdır. Yaya yolları için bulunan çevresel ve ekonomik kısıtlayıcılar bu alanda uygulama yapılmasını da bir hayli zorlaştırmıştır. Yaya/araç navigasyon hizmetlerinde takip edilecek güzergâhın belirlenmesine yönelik analizlerin yapılması ve sonuçların mekânsal referanslı olarak kullanıcıya sunulması aşamasında CBS kullanımı giderek popüler hale gelmiştir. CBS, yaya/araç navigasyon hizmetlerinde yeterli geometrik ve semantik doğruluğa sahip haritaların sayısallaştırılması, araç ve yol durumuna ilişkin verilerin depolanıp modellenmesi ve ihtiyaç duyulan yöntem ve algoritmalar ile analizlerin gerçekleştirilmesini sağlayan bütünlük çözümler sunmaktadır.

Bu çalışmada, İç Anadolu bölgesinin Ankara ili Çankaya ilçesinde yer alan Çamlıtepe, 50. Yıl, Ertuğrulgazi, Fakülteler, Cebeci Mahalleleri ve Mamak ilçesindeki Abidinpaşa Mahalleleri çalışma bölgesi olarak ele alınmıştır (Şekil 1). Altı mahallenin kapsadığı bölgenin toplam yüz ölçümü 1,82 km<sup>2</sup>'dir.

Çalışma, bu mahallelerde bulunan talep noktalarına ait adres verilerinin CBS yardımıyla haritaya işlenmesi, dağıtıcının belirtilen talep noktalarına en optimal verimlilikte erişmesine yönelik sıra ve rotalama çalışması yaparak rotaların çıktı haritalar haline getirilmesi ve bunlar ile ilgili görüşlerin sunulmasını kapsamaktadır. Çalışmada uygulanan işlem adımları iş akış şeması ile aşağıdaki görsel üzerinden gösterilmiştir (Şekil 2).



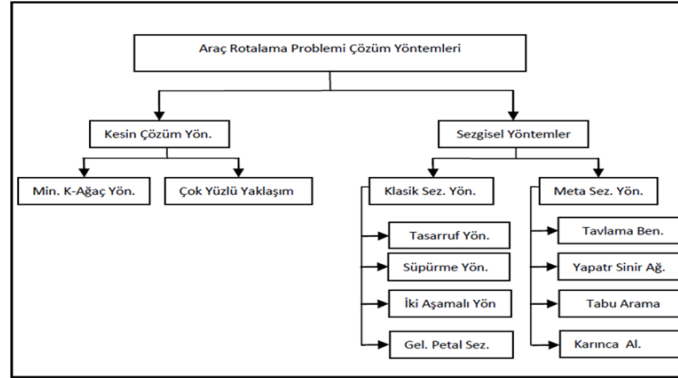
Şekil 1. Çalışma Alanı Lokasyon Haritası-Ankara 2017

Şekil 2. İş akış şeması

Pilot bölge olarak belirlenen Çamlıtepe, Fakülteler, 50. Yıl, Ertuğrulgazi, Cebeci ve Abidinpaşa mahallelerinde içinde örnek olarak alınmış 74 adet dağıtım adresi/talep noktasının geocode işleminden geçirilerek haritaya işlenmiştir. Daha sonra yaya yolu için topladığımız altlık verileri ve Geocode işlemi ile elde edilen adreslerin konum doğruluklarının kontrolü manuel olarak sağlanmıştır. Elde edilen veriler ve talep noktaları değerlendirilerek dağıtıcının iş sürecine başlayacağı başlangıç noktası belirlenmiştir. Talep noktalarına optimal rotayı belirlemeden önce son olarak kapasite, zaman ve yol verilerine ait dağıtıcının uygulamada karşılaştığı kısıtlar belirlenerek Araç Rotalama algoritmalarını kullanan Toursolver yazılımına işlenmiştir. Sonuç olarak bu yazılım ile optimal sıra çıkartılarak rotasyon modeli oluşturulmuş ve model yorumlanarak diğer dağıtım/toplama hizmet sektöründe olan kamu kuruluşları ve özel sektör firmalarına örnek teşkil etmesi ve sektördeki sorunlara değinilmesi amaçlanmıştır.

## 2.1. Rota Optimizasyon Yöntemleri

İlk defa Dantzig ve Ramser [42] tarafından tanımlanan Araç Rotalama Problemi (ARP), bir merkezi depoda yerleşmiş bulunan ve her biri aynı veya farklı kapasitelere sahip olan araçlar filosunun, her biri farklı bir yerleşime ve bilinen talebe sahip olan bir müşteriler kümesine toplam seyahat mesafesini veya süresini en küçükleyecek şekilde hizmet sunarak depoya geri dönmesi için gerekli rotaların belirlenmesi problemi olarak tanımlanır [30]. İşletmelerde, özellikle ürünlerin dağıtım sırasında karşılaşılan bu problem, bazı sektörlerde oldukça yüksek maliyetlere neden olmaktadır. Bu sebeple (ARP)'nin etkili bir şekilde çözümünün yapılması, büyük miktarda tasarrufların sağlanması açısından oldukça önemlidir [22]. Aşağıdaki şematikte ARP çözüm yöntemleri yer almaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Araç rotalama problemi çözüm yöntemleri [43]

(ARP) için en önemli nokta yapılan işe göre yöntemin belirlenmesidir. Eğer dağıtıcı başladığı noktaya geri dönmek zorunda, en yakın depodan tekrar mal alması gerekmekte ve dağıtım yaparken aynı zamanda toplama da yapılması isteniyor ise yöntemler ve kullanılan sezgisel algoritmalar değişiklik gösterecektir.

Bu tarz problemlerde amaç ve hedeflerin iyi saptanması sonrasında bu amaç ve hedefler doğrultusunda kriterlerin kolaylıkla ortaya koyulabilmesi açısından önemlidir. Aşağıda bu uygulamaya ait temel hedefler yer almaktadır;

- personelin rotasını en az mesafeye indirmek (Minimum Mesafe)
- zaman açısından hızlı bir dağıtım yapmak (Minimum Zaman ) ve
- iş verimliliğini adaletli bir şekilde düzenlemek (Optimal Süreç) olarak sıralanır.

Yaya yoluna ait optimal rotasyon planlaması gerçek hayatta uygulanmak istendiğinde birçok kısıtı da beraberinde getirmektedir [44]. Oldukça fazla olan bu kısıtların yanı sıra, Türkiye'deki yaya yollarına ait veri eksiklikleri ve yazılımsal problemler hesaplama süresini artırmaktadır. Bu nedenle yaya rotasyonunda dağıtım zamanında optimal sonucu hesaplamak zorlaşmaktadır. Ancak sezgisel algoritmaların kullanılması bizi optimum sonuca daha fazla yakınlaştırmaktadır. Yukarıda belirlenen hedefler doğrultusunda yaya rotasyon probleminin çözümü için kesin çözüm yöntemleri ve sezgisel algoritmalar kullanılmıştır.

Çamlıtepe, Fakülteler, 50. Yıl, Ertuğrulgazi, Cebeci ve Abidinpaşa mahallelerinde uygulanan çalışmanın analiz aşamasında kullanılan kısıtlar, yazılım içerisine işlenmiştir. Bu kısıt başlıkları aşağıdaki gibidir;

1. Kapasite Kısıtı: Dağıtıcı/Toplayıcı maksimum taşıyabileceği ve dağıtacağı max. ve min. adetler bellidir. Örneğin sırt çantasında 100 den fazla posta taşıyamayan bir postacı için 500 posta verilebilmesi pek mümkün değildir.
2. Zaman kısıtları:
  - a. Talep noktalarına gönderdiğiniz ürün ya da hizmeti almak için zaman kısıtları mevcuttur. Örneğin bir AVM' de ise saat 10.00'dan önce ürünleri kabul etmek isteyecektir.
  - b. Kişinin günlük çalışacağı saat ya da hafta içi tatil yapıp yapmayacağını kısıt olarak belirlemeniz gerekecektir. Örneğin sayaç okumacınız pazar günü çalışmıyor ise plana dahil edilmesi yanlıştır.
3. Yol kısıtları (Köprü Kısıtları) : Kullanılmayan yollar, saatlik kapalı yollar (Köprüler vs.), belli araçların giremeyeceği yollar gibi.
4. Diğer Kısıtlar: Siparişin büyüklüğü (ağırlık, hacim veya başka bir ölçüt), Siparişin tipi (dağıtım, toplama veya ziyaret), Servis zaman pencereleri (en erken başlangıç, en geç bitiş), Servis lokasyonları ve lokasyonlar arası uzaklık/hız/zaman matrisleri), Müşteri kısıtlamaları olarak belirlenmiştir.



S.S. DURDURAN, M.G. GÜMÜŞ, A. BOZDAĞ, H.C. BEYHAN

Çalışmada kullanılan altlık veriler; analizleri gerçekleştirmek için 6 mahalleye ait yaya yolu vektör verisi (Kaldırımlar, altgeçit, üstgeçit, yaya geçidi, bina içi yol, park içi yol ve meydan yaya yolu) ve Bing Map Uydu haritalarından yararlanılmıştır. İlk olarak dağıtıcının gideceği 74 adet talep nokta verileri (sözel adres verisi) belirlenerek, bu adreslere hangi sıralama ile gideceği hesaplanmıştır (Şekil 4).

Belirlenen talep nokta verileri yazılımın içine sezgisel olarak işlenmiş ARP algoritması sayesinde otomatik olarak hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan kısıtlar ülkemizdeki mevcut resmi çalışma saatlerinden yola çıkılarak tahmini değerler üzerinden yapılmıştır; Buna göre;

*Dağıtıcıya ait mesai saatleri:* 09:00 – 17:30, *Öğle Yemeği Arası:* 12:00 – 13:30,

*Dağıtıcının Dağıtımına Başlayacağı ve Bitireceği Nokta Koordinatı:* 39.924475, 32.869543,

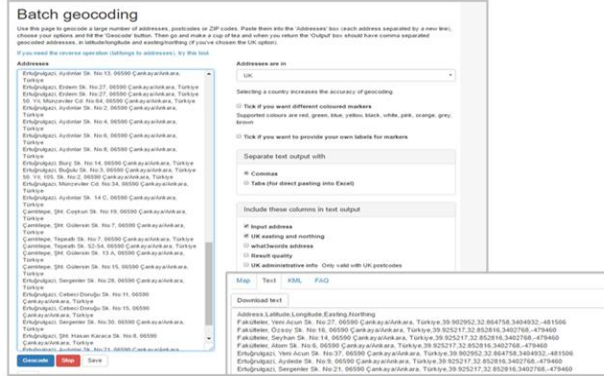
*Çalışma Günleri:* Haftada 5 gün (Pazartesi-Cuma),

*Yaya Olarak Dağıtılacağı Belirlenmesi:* Pedestrian Tools (Yaya Seçeneği) ve

*Dağıtıcının Tahmini Hızı:* 3 km/s” olarak belirlenmiştir.

Uygulama için belirlenen 74 adet talep nokta verisine (sözel adres verileri) web tabanlı Doogal Geocoding yazılımı ile geocode işlemi uygulanarak koordinat değerleri atanmıştır (Şekil 5). Mevcutta yer alan sözel adres verilerinin geocode işlemi ile koordinatlarının oluşturulması için kullanılmıştır. Web uygulaması olan bu yazılımdan internetten ücretsiz şekilde yararlanabilirsiniz.

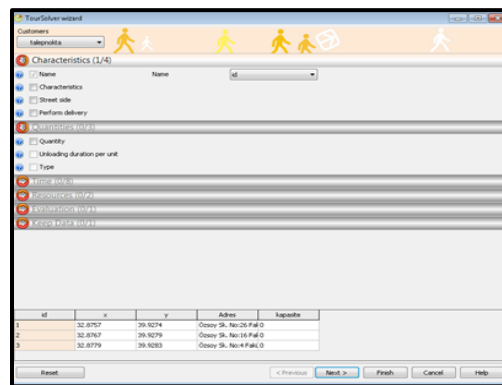
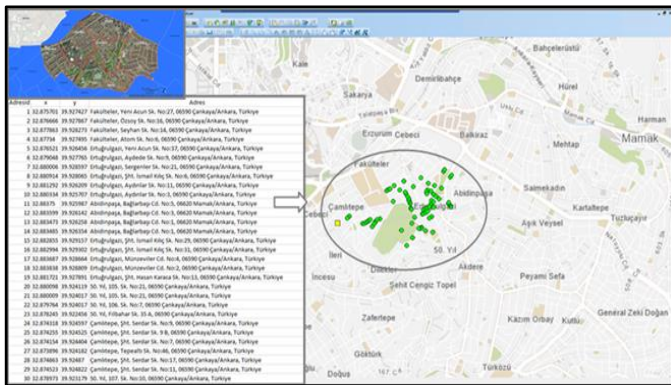
Müşteri ID	Adres
1	Fakülteler, Yeni Acun Sk. No:27, 06590 Çankaya/Ankara, Türkiye
2	Fakülteler, Özsoy Sk. No:16, 06590 Çankaya/Ankara, Türkiye
3	Fakülteler, Seyhan Sk. No:14, 06590 Çankaya/Ankara, Türkiye
4	Fakülteler, Atom Sk. No:6, 06590 Çankaya/Ankara, Türkiye
5	Ertuğrulgazi, Yeni Acun Sk. No:37, 06590 Çankaya/Ankara, Türkiye
6	Ertuğrulgazi, Aydede Sk. No:9, 06590 Çankaya/Ankara, Türkiye
7	Ertuğrulgazi, Sergenler Sk. No:21, 06590 Çankaya/Ankara, Türkiye
8	Ertuğrulgazi, Şht. İsmail Kılıç Sk. No:6, 06590 Çankaya/Ankara, Türkiye
9	Ertuğrulgazi, Aydınlar Sk. No:11, 06590 Çankaya/Ankara, Türkiye
10	Ertuğrulgazi, Aydınlar Sk. No:3, 06590 Çankaya/Ankara, Türkiye
11	Abidinpaşa, Bağlarbaşı Cd. No:5, 06620 Mamak/Ankara, Türkiye
12	Abidinpaşa, Bağlarbaşı Cd. No:3, 06620 Mamak/Ankara, Türkiye
13	Abidinpaşa, Bağlarbaşı Cd. No:1, 06620 Mamak/Ankara, Türkiye
14	Abidinpaşa, Bağlarbaşı Cd. No:1, 06620 Mamak/Ankara, Türkiye
15	Ertuğrulgazi, Şht. İsmail Kılıç Sk. No:29, 06590 Çankaya/Ankara, Türkiye
16	Ertuğrulgazi, Şht. İsmail Kılıç Sk. No:31, 06590 Çankaya/Ankara, Türkiye
17	Ertuğrulgazi, Münzevler Cd. No:4, 06590 Çankaya/Ankara, Türkiye
18	Ertuğrulgazi, Münzevler Cd. No:2, 06590 Çankaya/Ankara, Türkiye
19	Ertuğrulgazi, Şht. Hasan Karaca Sk. No:13, 06590 Çankaya/Ankara, Türkiye
20	50. Yıl, 105. Sk. No:21, 06590 Çankaya/Ankara, Türkiye



Şekil 4. Adres yapısı örnek tablosu

Şekil 5. Doogal Geocoding uygulaması sonuç ekranı

Gerçek konumları elde edilen koordinatlar, MapInfo Pro yazılımı ile koordinatlı nokta vektör verisine dönüştürülmüştür (Şekil 6). Bunun için Mapinfo Pro sitesinden Arcgis 10.2 yazılımı kullanılmıştır [45]. MapInfo Pro coğrafi verileri yönetmek için kullanılan bir CBS yazılımıdır. MapInfo Pro, vektör veriler üzerinde işlem yapabilmek ve çıktılarını hazırlanması için kullanılmıştır.



Şekil 6. MapInfo Pro üzerinde haritaya işlenmiş dağıtım noktaları

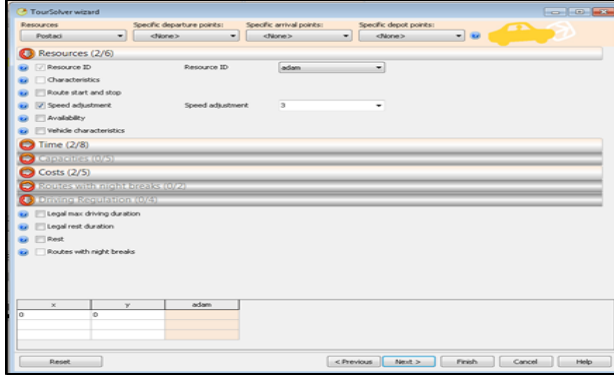
Şekil 7. Toursolver dağıtım noktaları kısıt ekranı

Elde edilen vektör verilerin konum doğruluğu optimizasyon sağlamada oldukça önemlidir. Veri gerçek değere ne kadar yakın olursa elde edilen verimlilikte artacaktır. Adreslerin konum doğruluğu manuel olarak tespit edilmiştir. Koordinatlı noktaların kontrolü ilçe ve mahalle katmanları ile beraber kontrol edilerek doğruluğu artırılmıştır. Daha sonra dağıtıcının nereden başlayacağı ve dağıtımını nerede sonlandırılacağı seçilen bir

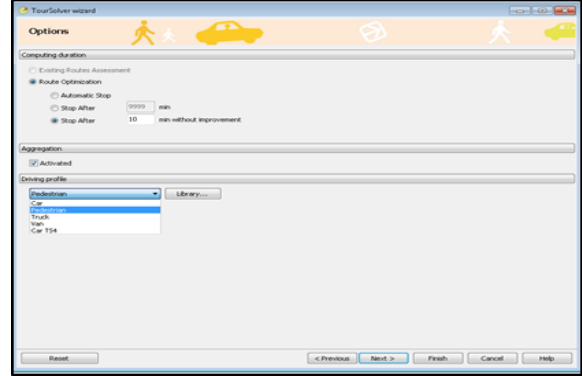
## COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ KULLANARAK YAYA YOLLARI ÜZERİNDEN ROTA OPTİMİZASYONU

koordinat ile belirlenmiştir. Bu koordinatlar ile MapInfo Pro yazılımına eklenti olarak geliştirilen Toursolver rota optimizasyon modülü kullanılarak adresler arasında sıralama, rotalama ve rapor üretimi işlemi uygulanmıştır. Toursolver modülü, MapInfo Pro üzerinde çalışan rota optimizasyon modülüdür. Mevcut MapInfo yazılımına eklenti olarak temin edilmektedir. Adresler arasında sıralama, rotalama ve rapor üretimi için kullanılmıştır. Daha önce belirlediğimiz kısıtlar Toursolver tools yardımı ile yazılıma kriter olarak tanımlanmıştır. Daha önce geocoding işleminden geçen vektör dağıtım noktası verileri dağıtım yapılacak noktalar olarak tanımlanmıştır (Şekil 7).

Dağıtıma başlama ve bitirme noktaları, daha önce belirlenen koordinatlı nokta verisi olarak tanımlanarak diğer kısıtlar (yürüme hızı, mesai saatleri, molalar ve çalışma günleri) ara yüz üzerinden girilmiştir (Şekil 8).



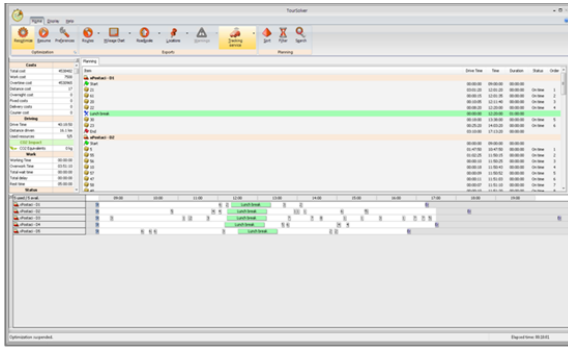
Şekil 8. Toursolver dağıtıcı kısıt ekranı



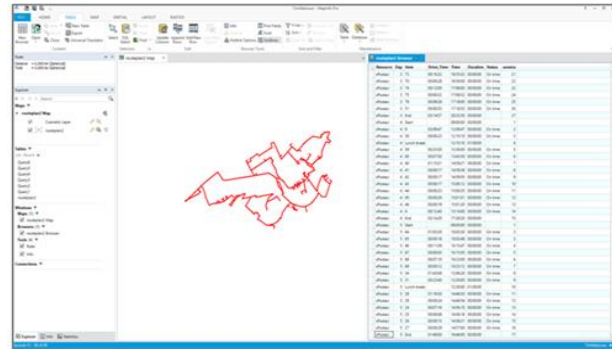
Şekil 9. Toursolver Ayarlar Kısıt Ekranı

Optimizasyon işlemlerinde çalıştırma süresi önemlidir. Bu çalışma için süre 10 dk olarak belirlenmiş ve dağıtımın yaya ile yapılacağı tanımlanmıştır (Şekil 9).

Tanımlanan vektör veriler ve kısıtlar ile uygulama 10 dk boyunca çalıştırılmış ve sonuçlar ekran üzerinden kontrol edilmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Toursolver Optimizasyon Ekranı



Şekil 11. MapInfo Pro Sonuç Rota ve Tablo Ekranı

Sonuçlar MapInfo Pro yazılımı üzerine vektör-line veriler ve bunlara ilişkin tablo verileri oluşturulmuştur. Yapılan hesaplamaların sonuç raporları ve otomatik olarak elde edilen rota line verisi ve tablo görüntüsü aşağıdadır (Şekil 11).

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Elde edilen verilerin raporlanması ve çıktılarının alınması için MapInfo üzerinden birkaç işlemten geçmesi gerekmektedir. Line-vektör rota verisine ait ve her bir ayrıntıya ait tablo verisi MapInfo Pro yazılımı üzerindeki Update Column modülü ile daha önce hazırlanmış olan geocoding işleminden geçmiş verileri ile karşılıklı olarak veri eşleştirilmesi yapılarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 12).

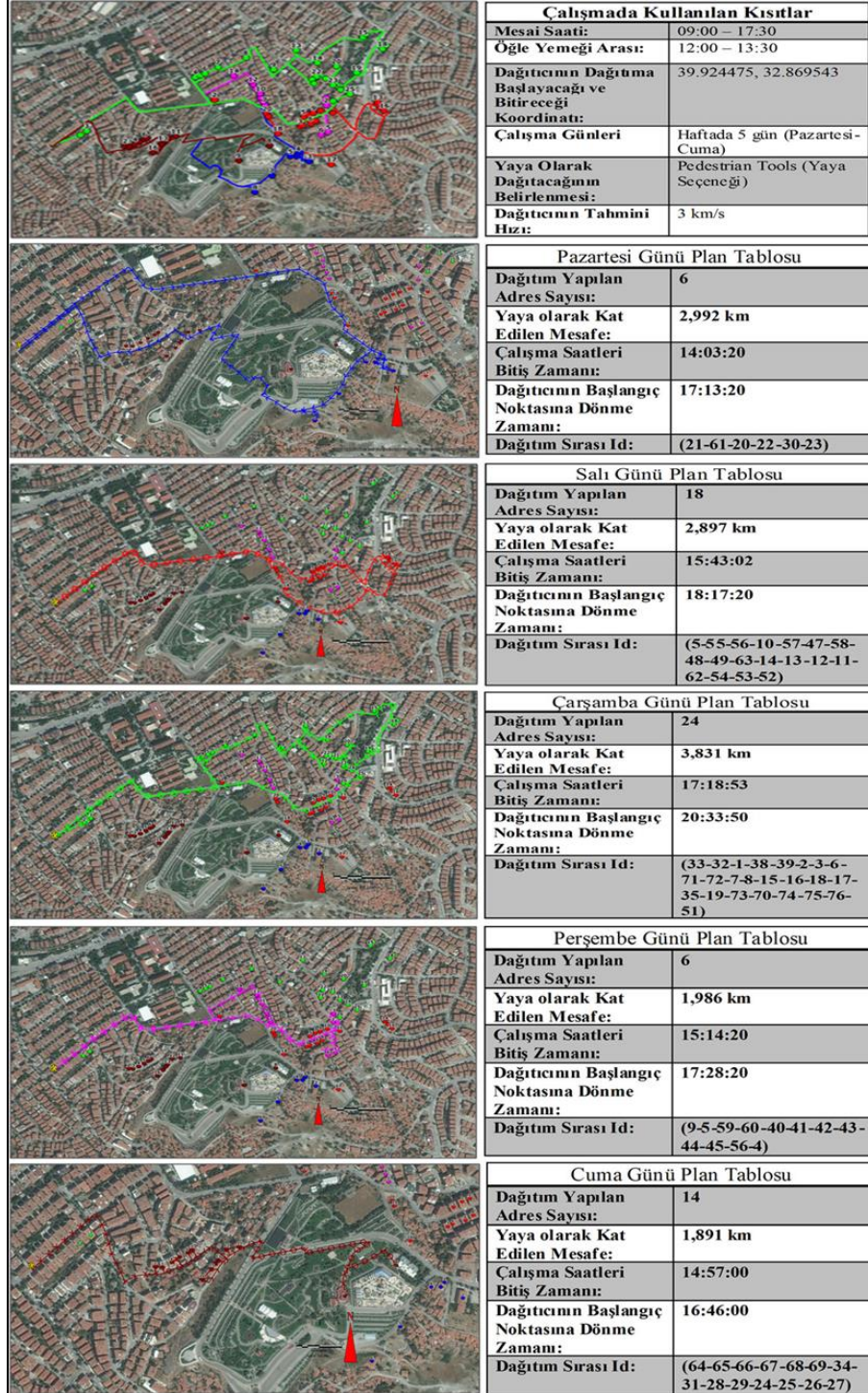
- Tek bir dağıtıcıya ait 5 günlük çalışma planında (P.tesi-Cuma) hangi günlerde hangi noktalara veri dağıtacağı,
- Yaya olarak dağıtım sırasında günlük kaç km mesafe kat edeceği,



S.S. DURDURAN, M.G. GÜMÜŞ, A. BOZDAĞ, H.C. BEYHAN

- Çalışma saatlerinin ne zaman başlayıp ne zaman biteceği ve
- Hangi dağıtım noktasına saat kaçta ve hangi sıra ile gideceği tespit edilmiştir.

Ayrıca harita görselleri hazırlanarak örnek sonuçlar somut verilere dönüştürülmüştür. Bu somut veriler aşağıdaki harita ve raporlama görüntülerinde yer almaktadır:



Şekil 12. Günlere göre rota planlaması

## COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ KULLANARAK YAYA YOLLARI ÜZERİNDEN ROTA OPTİMİZASYONU

## 4. SONUÇLAR

Yapılan çalışmada adres bilgi sistemlerine duyulan ihtiyaç ve adres bilgi sistemlerinin gereksinimlerine değinilmiş, Çankaya ve Mamak ilçesindeki 6 mahalledeki talep noktaları için bir yaya yolu rota optimizasyonu modeli oluşturulmuştur. Bu sistemin oluşturulması için gereken veriler belirtilmiştir. Yaya yolu rota optimizasyonu tasarımında gerekli bileşenlerin belirlenmesi, katmanların oluşturulması, verilerin ilişkilendirilmesi tasarlanmıştır.

Uygulama sonucunda haftada belirlenen yaya yolu rota güzergahları ve dağıtım sırası ile;

- adreslerin harita üzerine konumlandırılabilmesi,
- denetim mekanizmasının etkin çalıştırılabilmesi,
- saha birimlerinin hizmetlerinin hızlanması ve veriminin artırılabilmesi,
- dağıtım hizmetleri daha hızlı ve daha ekonomik yapılabilmesi,
- herhangi bir değişikliğin adres haritaları ile izlenebilmesi,
- optimize edilmiş planlamanın iş süreçleri arasında ölü zamanı azaltması,
- anlık ve dinamik planlama özellikleri ile gün içinde fazla dağıtımlar yapmayı sağlanması,
- ekiplerin gezeceği yollar ve zaman azaltılarak süreç tasarrufu sağlanması,
- ilave maliyet yükü getirmeden ürün dağıtım miktarının artırılması,
- daha az ekiple daha çok iş planlamasının sağlanması ve
- talep noktalarına daha etkin, daha ekonomik ve kaliteli hizmet sağlanabilmesi, gerçekleştirilmiştir.

Pilot bölgelere rotasyon işlemi uygularken veri altlıkları ve veri işleme aşamalarında çeşitli problemlerle karşılaşmıştır. Bu problemlerden bazıları irdelenerek diğer kamu kurum ve özel sektördeki çalışma alanları için bazı tavsiyelerde bulunulmuştur. Bunlar:

**Adres (İl, İlçe, Mahalle, Cadde-Sokak ve Kapı No) Verilerinin Eksikliği:** Yapılan Geocoding işlemi sırasında sözel adreslerin daha kaliteli sayısallaştırılabilmesi için adres veri yapısının düzgün olması gerekmektedir. Doğal geocoding uygulaması Google Map API leri ile kullanmakta olup ve buradaki adres yapısını kullanmaktadır. Google Maps adres yapısı Türkiye için 2017 yılını gösterse de karşılaşılan bu durumlar adres yapısının daha eski yıllara ait olduğunu göstermiştir. Değişen adres yapısı neticesinde doğru ve kaliteli bir geocode işlemi yapılamamaktadır. Manuel düzeltmeler sonucu çalışma tamamlanmıştır. Adreslerin binlerce olduğu bir çalışma düşünülürse bu bir hayli zaman alacaktır.

**Yaya Yolu Verilerinin Eksikliği:** Yapılan çalışmada ana amaç yaya yolları üzerinden rota planlaması oluşturmaktır. Ancak yaya yolu veri eksikliği yayanın geçebileceği yolların haritaya işlenmemiş olması nedeni ile yanlış hesaplama sonucunu doğurabilir. Bu yüzden çalışma başında yayanın geçebileceği yerler manuel kontrol edilmiştir. Manuel kontrol ile kaliteli yapılmaya çalışan verilerde her zaman gözden kaçan veriler olabilir.

**Dağıtım Noktaları Verilerinin Eksikliği:** Çalışmada kullanılan dağıtım noktaları sözel adres verilerinin yanlışlığı harita üzerine geocode işlemi yaparken yanlış konum elde edilmesine neden olabilir. Nitekim çalışmada bazı noktalarda manuel düzeltmeye tabi kalınmıştır.

Yapılan çalışma ve uygulamada karşılaşılan problemler değerlendirildiğinde, farklı kamu kurum ve özel sektördeki çalışma alanlarında kullanabilecek bazı çıkarımlarda bulunulmuştur:

- Araç takip sistemleri, wap, gprs gibi adrese dayalı teknolojik uygulamalar daha etkili sonuçlar verecektir.
- Standartlaştırılmış araçlar, metotlar ve sonuçlarla çalışılmasını sağlayacaktır.
- Yaya olarak posta ve kargo dağıtım şirketleri, altyapı şirketlerinin sayaç okuma ekipleri ve yerel yönetimlerin yaya olarak temizlik yapan ekipleri bu çalışmadan yararlanabilirler.
- Optimizasyon sayesinde depo ve şube gibi yerlerin açık kalma sürelerinin ve idame maliyetlerinin azaltılabileceği ve buradan elde edilecek miktarın başka projelere kaydırılabileceği ve çalışma ortamını daha uygun hale getirmek amacıyla kullanılabilirler.
- Kamu kurumlarının zaman, maliyet ve harcanan emek açısından yeniden yapılanmasına yardımcı olabilir.

Hizmet kalitesini yükseltecek ve süreçlere zaman yönünden tasarruf sağlayacak uygulamalara kamu ve özel sektörde ihtiyaç büyüktür. Bu sebeple bu kapsamda çalışmaların profesyonel yazılım ve saha ekipleri ile iş süreçlerinde hayata geçirilmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] TEKİN, M., ZERENLER, M., BİLGE, A., "Bilişim Teknolojileri Kullanımının İşletme Performansına Etkileri: Lojistik Sektöründe Bir Uygulama", İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, 4, 2005.



S.S. DURDURAN, M.G. GÜMÜŞ, A. BOZDAĞ, H.C. BEYHAN

- [2] BALLOU, R.H., *Business Logistics Management: Planning, Organizing and Controlling The Supply Chain*, McGraw-Hill, 681, 1999.
- [3] KOSİF, B., EKMEKÇİ, İ., "Araç Rotalama Sistemleri ve Tasarruf Algoritması Uygulaması", İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, 21, 41-51, 2012.
- [4] ERKAL, T., DEĞERLİYURT, M., "Eskişehir'de Acil Durum Yönetiminde Ağ (Network) Analizlerinin Kullanılması", Türk Coğrafya Dergisi, 61, 11-20, 2013.
- [5] FANG, K., "GIS Network Analysis In Rescue Of Coal Mine", 21st International Society for Photogrammetric and Remote Sensing (ISPRS) Congress, Beijing, China, 357-360, 2008.
- [6] KWAN, M.P., LEE, J., "Emergency Response After 9/11: The Potential of Real-Time 3D GIS for Quick Emergency Response in Micro-Spatial Environments. Computers", *Environment and Urban Systems* 29, 93-113, 2005.
- [7] BERALDI, P., BRUNI, M.E., "A Probabilistic Model Applied to Emergency Service Vehicle Location", *European Journal of Operational Research* 196, 323-331, 2009.
- [8] SEÇKİNER, S.U., KURT, M., "Bütünleşik Tur-Rotasyon Çizelgeleme Yaklaşımı ile İşyükü Minimasyonu". Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 20, 2005.
- [9] MOONDRA, S.L., "An LP Model for Work Force Scheduling for Banks", *AIIE Transactions*, Winter, 299-300, 1796.
- [10] CHEN, D.S., "A Simple Algorithm for a Workforce Scheduling Model", *AIIE Trans.*, 10, 224-251, 1978.
- [11] Burns, R.N., "Manpower Scheduling with Variable Demands and Alternate Weekends Off", *INFOR*. 16, 101-111, 1978.
- [12] BAKER, K.R., "Workforce Allocation in Cyclical Scheduling Problems: A survey", *Operational Research Quarterly*, 1, 155-167, 1976.
- [13] SCHWARZENAU, P., KNAUTH, P., KIESSWETTER, E., BROCKMANN, W., RUTENFRANZ, J. "Algorithms for the Computerized Construction of Shift Systems Which Meet Ergonomic Criteria", *Applied Ergonomics*, 17, 169-176, 1986.
- [14] BALAKRISHNAN, N., WONG R.T., "A Network Model for the Rotating Workforce Scheduling Problem", *Network*, 20, 25-42, 1990.
- [15] BECHTOLD, S.E., JACOBS, L.W., "Implicit Modeling of Flexible Break Assignments in Optimal Shift Scheduling", *Management Science*, 36, 1339-1351, 1990.
- [16] THOMPSON, G., "Shift Scheduling in Services When Employees Have Limited Availability", *Journal of Operations Management*, Vol:9, No:3, 352-370, 1990.
- [17] LOVE, R., HOEY, J.M., "Management Science Improves Fast-Food Operations", *Interfaces*, 20, 21-29, 1990.
- [18] BAYZAN, Ş., "GPRS Verileri Yardımıyla Araç Rotalarının Belirlenmesi Problemine Farklı Bir Yaklaşım". *Akademik Bilişim*, 9, 1, 2009.
- [19] AKAY, A. E., ERDAŞ, O., KARAS, İ. R., "Sediment Üretimini En Aza İndiren Orman Yolu Güzergâhının Seçiminde Cbs ve Optimizasyon Tekniklerinin Kullanılması". *Uzaktan Algılama-CBS Çalıştayı*, 27-29, 2006.
- [20] ANDERSON, A.E., NELSON, J., "Projecting Vector Based Road Networks With A Shortest Path Algorithm", *Can. J. For. Res.*, 7, 1444-1457, 2004.
- [21] CHUNG, W., SESSIONS, J., "Designing a Forest Road Network Using Heuristic Optimization Techniques". In *Proceedings of the 24th Meeting of the Council of Forest Engineering*, July 15-19, Snowshoe, West Virginia, 2001.
- [22] YAZGAN, H.R., ERCAN S., ARSLAN C., "Talep ve Kapasite Kısıtlı Optimizasyon Problemi İçin Yeni Bir Melez Algoritma", *Journal of Industrial Engineering (Turkish Chamber of Mechanical Engineers)*, 25, 2014.
- [23] FISHER, M.L., "Optimal Solution of Vehicle Routing Problems using Minimum k-trees", *Operations Research*, 42, 4, 626-642, 1994.
- [24] TOTH, P., VIGO, D., "Branch-and-Bound Algorithms for the Capacitated VRP", *The Vehicle Routing Problem*, eds: Toth, P., Vigo, D., SIAM: Philadelphia, 29-52, 2001.
- [25] CHRISTOFIDES, N., MINGOZZI, A., TOTH, P., "State-Space Relaxation Procedures for the Computation of Bounds to Routing Problems," *Networks*, 11, 145-164, 1981.
- [26] LAPORTE, G., "What You Should Know About the Vehicle Routing Problem," *Naval Research Logistics*, 54, 811-819, 2007.
- [27] RALPHS, T.K., KOPMAN, L., PULLEYBLANK, W.R., TROTTER, L.E., "On the Capacitated Vehicle Routing Problem", *Mathematical Programming Series B*, 94, 343, 2003.

*COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ KULLANARAK YAYA YOLLARI ÜZERİNDEN ROTA OPTİMİZASYONU*

- [28] FUKASAWA, R., LONGO, H., LYSGAARD, J., POGGI DE ARAGAO, M., REİS, M., UCHOA, E., WERNECK R. F., “Robust Branch-and-Cut-and-Price for the Capacitated Vehicle Routing Problem,” *Mathematical Prog. Series A*, 106, 491-511, 2006.
- [29] CHRISTOFIDES, N., MINGOZZI, A., TOTH, P., “Exact Algorithms for the Vehicle Routing Problem based on Spanning Trees and Shortest Path Relaxations,” *Mathematical Programming*, 20, 255-282, 1981.
- [30] ÇETİN, S., GENCER, C., “Kessin Zaman Pencere-Eş Zamanlı Dağıtım Toplamalı Araç Rotalama Problemi: Matematiksel Model”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 3, 2010.
- [31] NAGY, G., SALHI, S., “Heuristic Algorithms For Single And Multiple Depot Vehicle Routing Problems With Pickups And Deliveries”, *European Journal of Operational Research*, 162, 126-141, 2005.
- [32] BIANCHESSI, N., RIGHINI, G., “Heuristic Algorithms For The Vehicle Routing Problem With Simultaneous Pick-Up And Delivery”, *Computers and Operations Research*, 34, 578-594, 2007.
- [33] GAJPAL, Y., ABAD, P., “An Ant Colony System (ACS) For Vehicle Routing Problem With Simultaneous Delivery And Pick Up”, *Computers and Operations Research*, 36, 3215-223, 2009.
- [34] AI, T., J., KACHITVICHYANUKUL, V., “A Particle Swarm Optimization For The Vehicle Routing Problem With Simultaneous Pickup And Delivery”, *Computers and Operations Research*, 36, 1693-1702, 2009.
- [35] ZACHARIADIS, E.E., TARANTILIS, C.D., KIRANOUDIS, C.T. “A Hybrid Metaheuristic Algorithm For The Vehicle Routing Problem With Simultaneous Delivery And Pick-Up Service”, *Expert System with Applications*, 36, 1070-1081, 2009.
- [36] DETHLOFF, J., “Vehicle Routing And Reverse Logistics: The Vehicle Routing Problem With Simultaneous Delivery and Pick-Up”, *OR Spectrum*, 23, 79-96, 2001.
- [37] ASLAN, D., “Yaşlı Dostu Kentler”, *Yaşlı Dostu Kentler Sempozyumu Bildiri Kitabı Bursa.*, T. C. Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı, 23-28, 2015.
- [38] WHO., “Global Age-friendly Cities: A Guide. WHO Press”, [Online], [http://www.who.int/ageing/publications/Global\\_age\\_friendly\\_cities\\_Guide\\_English.pdf](http://www.who.int/ageing/publications/Global_age_friendly_cities_Guide_English.pdf) (erişim tarihi 06.12.2015).
- [39] <http://www.gorengoz.net/> Gören göz, (erişim tarihi: 11.01.2017).
- [40] <http://nenedir.com.tr/ulasilabilir-yapisal-cevre-ozurlulere-uyarlanmis-yapilar-ulasilabilirlik-nedir/>> Ulaşılabilirlik Analizi, (erişim tarihi: 11.01.2017).
- [41] <http://www.basarsoft.com.tr/afet-mudurlukleri/> AFAD AYDES Projesi (erişim tarihi: 11.01.2017).
- [42] DANTZIG G.B., RAMSER J.H., “The Truck Dispatching Problem”, *Management Science*, 6, 80-91, 1959.
- [43] DÜZAKIN, E., DEMİRCİOĞLU, M., “Araç Rotalama Problemleri ve Çözüm Yöntemleri”. *İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Çukurova Üniversitesi, Adana, Turkey*, 2009.
- [44] <https://endustriyiz.blogspot.com.tr/2013/07/arac-rotalama.html> (erişim tarihi:11.01.2017).
- [45] <http://www.pitneybowes.com/us/location-intelligence/geographic-information-systems/mapinfo-pro.html> (erişim tarihi 27.07.2017).