

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ HİZMETLERİ İÇİN YENİ BİR MODEL: ARAÇ VE HİZMET ROTALAMA PROBLEMİ (AHRP) VE AMPİRİK UYGULAMASI

A NEW MODEL FOR OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY
SERVICE: VEHICLE AND SERVICE ROUTING PROBLEM (VSRP)
AND EMPIRICAL APPLICATION

Murat ETÖZ¹
İsmail TULGA²

ÖZ

6331 sayılı İş sağlığı ve Güvenliği kanunu gereği Türkiye'de faaliyet gösteren işletmeler ortak sağlık güvenlik birimlerinden (OSGB) iş sağlığı ve güvenliği hizmetleri satın almak zorundadırlar. Bu durum sektörde istihdam edilen iş sağlığı ve güvenliği (İSG) profesyonellerinin ve işyeri hekimlerinin araç ve hizmet rotalama problemini (AHRP) ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmada birden fazla İSG profesyonelinin işletmelere atanması ve rotalarının belirlenmesi amacıyla müşteri talepleri ve İSG profesyonelinin çalışma saatleri gözönünde bulundurularak önce kümele sonra rotala şeklinde yol ve hizmet sürelerini birlikte optimize eden iki aşamalı bir model oluşturulmuştur. Modelin amprik uygulaması WINQSB programı kullanılarak yapılmış ve optimal rotalama çözümü elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *İş Sağlığı ve Güvenliği Hizmetleri, Araç Rotalama.*

ABSTRACT

According to occupational health and safety law of 6331, the businesses in Turkey have to buy occupational health and safety services from joint health and safety units(JHSU). This new state caused vehicle and service routing problems(VSRP) for the businesses that occupational health and safety (OHS) professionals and workplace physicians employed in this area. In this study, a first clustering then routing format based model optimizing distance with service time was developed, which aims to appoint the OHS professionals to the businesses and to determine the routes that by considering the demands of customers and the working hours of the OHS professionals. Empirical applications of the model was made by using WINQSB software and then optimal routing solution was obtained.

Keywords: *Occupational health and safety services, Vehicle routing.*

¹ Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yrd. Doç. Dr.

² Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Turizm İşletmeciliği Bölümü, Öğr. Gör.

1.GİRİŞ

Gezgin satıcı probleminin farklı bir türü olan araç rotalama problemi(ARP) ilk olarak 1959 yılında Dantzig ve Ramser ile literatüre girmiştir. Benzin dağıtım filosu için ana depo ile istasyonlar arası dağıtım yapan tankerlerin rota uzunluklarını minimize etmişlerdir (Dantzig, 1959:80-91). ARP bir merkezi depoda yerleşmiş bulunan ve her biri aynı veya farklı kapasitelere sahip olan araç filosunun, her biri farklı bir yerleşime ve bilinen talebe sahip olan müşteriler kümesine toplam seyahat mesafesini veya süresini en küçükleyecek şekilde hizmet sunarak depoya geri dönmesi için gerekli rotaların belirlenmesi problemi olarak tanımlandırılabilir (Çetin vd., 2010:579-585). Hem hizmet alan hem de hizmet veren işletmeler için rotalama çok büyük önem arz etmektedir. Hizmet veren işletmeler taleplere cevap verirken en kısa rotaları kullanmak sureti ile maliyetleri minimize ederek daha fazla kâr elde etmeye çalışırlar. Kapasite kısıtlı araç rotalama problemi (KKARP) şeklinde ifade edilen bu tür araç rotalama problemlerinde amaç; toplam kat edilen yolu minimize ederken bir yandan da talepler tam olarak karşılanmalıdır.

İşletmelerle ilgili; 6331 sayılı kanunun 6. maddesine göre belirli şartları taşıyan işletmeler kendi bünyesinde istihdam etmek ya da bu amaçla kurulmuş ortak sağlık güvenlik birimlerinden (OSGB) hizmet satın almak suretiyle iş güvenliği uzmanı, iş yeri hekimi ve diğer sağlık personeli bulundurmak zorundadır (Koç, 2015). OSGB'ler bu sektörde oluşan ihtiyacı karşılamak için kurulmuş, iş güvenliği uzmanları ve işyeri hekimleri istihdam eden ve iş sağlığı ve güvenliği alanında faaliyet gösteren özel işletmelerdir. Sektörde sürdürülmekte olan İSG hizmetleri incelendiğinde iki tür hizmetin ön plana çıktığı görülmektedir. Birinci tür hizmette İSG profesyoneli bireysel olarak anlaştığı işletme ile iş sağlığı ve güvenliği hizmetleri yönetmeliği kapsamında belirlenen sürelerle riayet edilerek kısmi süreli (part-time) hizmet sözleşmesi yaparak rutin ziyaretlerle hizmeti ifa eder. İkinci tür hizmette ise işletme ile hizmet sözleşmesini OSGB gerçekleştirir. OSGB bünyesinde istihdam ettiği İSG profesyonelinin rutin ziyaretleri gerçekleştirmek üzere görevlendirir. Her iki durumda da bir İSG profesyoneli, toplamda aylık 180 saat normal mesai, yıllık toplam 270 saati geçmemek şartıyla aylık 37 saat fazla mesai yaparak çalışabilir.

Bir İSG profesyonelinin işletme başına çalışma süreleri işletmenin tehlike sınıfına ve çalışan sayısına göre değişkenlik göstermektedir. 6331 sayılı kanuna göre işletmeler az tehlikeli, tehlikeli ve çok tehlikeli olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır.

Yine aynı kanun iş güvenliği uzmanının aylık çalışma süreleri tehlike sınıflarına göre; az tehlikeli sınıftaki bir işyerinde çalışan başına ayda 10 dakika;

tehlikeli sınıftaki bir işyerinde çalışan başına ayda 20 dakika, çok tehlikeli sınıftaki bir işyerinde çalışan başına ayda 40 dakikadır.

Bir işyeri hekiminin aylık çalışma süreleri tehlike sınıflarına göre; az tehlikeli sınıftaki bir işyerinde çalışan başına ayda 5 dakika, tehlikeli sınıftaki bir işyerinde çalışan başına ayda 10 dakika, çok tehlikeli sınıftaki bir işyerinde çalışan başına ayda 15 dakikadır. Örnek vermek gerekirse 100 çalışmanı olan az tehlikeli sınıftaki bir işletmede;

İş güvenliği uzmanı aylık çalışma süresi: $100 \cdot 10 / 60 = 16,6$ saat,

İşyeri hekimi aylık çalışma süresi: $100 \cdot 5 / 60 = 8,3$ saat olarak bulunur.

Az tehlikeli, tehlikeli ve çok tehlikeli işletmeler için sırasıyla 1000, 1500 ve 2000 çalışmanı olan işletmeler tam zamanlı çalışan İSG profesyoneli istihdam etmek zorundadırlar.

Çalışma süreleri her işletme için yukarıdaki şekilde belirlenen bir İSG profesyoneli, belli bir ziyaret planı ve rota dahilinde ay boyunca işletmelerine hizmet verme durumundadır.

Araç rotalama problemi yaşayan sektörlerden biri olan iş sağlığı ve güvenliği hizmetleri, işletmelerin seçimi, seçilen işletmelere İSG profesyonellerinin atanması ve atanmış İSG profesyonelinin işletmelere hangi gün ve hangi sırada hizmet vereceğinin belirlenmesi önemli bir sorundur.

Literatür incelendiğinde, kapasite kısıtlı araç rotalama problemlerinde genellikle amacın toplam mesafenin (sürenin) minimizasyonu olarak ele alındığı görülmektedir. Bu çalışmanın özgün yönlerinden birisi olarak, amaç fonksiyonunda sadece noktalar arası mesafelerin (sürelerin) minimize edilmesi değil, aynı zamanda nokta içindeki hizmet süresinin de dikkate alınarak transfer süresi ve hizmet süresinin birlikte minimizasyonu amaçlanmaktadır.

Çalışma kapsamında geliştirilen 2 aşamalı araç ve hizmet rotalama modeli ile yukarıda tanımlanan probleme optimal çözüm geliştirilmiştir. Model kısaca AHRP modeli olarak adlandırılmıştır.

2.LİTARATÜR TARAMASI

Araç rotalama problemi günümüzde, öğrenci servis araçlarında, kargo şirketlerinde, ürün dağıtan bayilerde ve daha birçok sektörde yer alan bir problem türüdür. Çok depolu araç rotalama problemi (ÇDARP) birden çok depodan hareket eden araçların yer aldığı rotalama problemi olup, çözümü tek araçlı ARP'ne göre daha zordur.

ÇDARP'nin çözümünde noktaların hangi araca atanacağı (kümeleme) ve hangi rotanın uygulanacağı (rotalama), problemin çözümünü zorlaştırmaktadır.

Literatür incelendiğinde, çözüm yöntemlerinin büyük bir kısmında kümelemenin ve rotalamanın ayrı ayrı yapıldığı görülmektedir. Surekha ve Sumathi (Surekha vd., 2011:118-131), ÇDARP çözümünde; kümelemeyi genetik algoritma (GA) ile, rotalamayı ise Clarke ve Wright Tasarruf Algoritması ile yapmışlardır. Carlsson ve diğerleri (Carlsson vd., 2007), bir turun maksimum uzunluğunu minimize eden Min-Max ÇDARP notasyonu geliştirerek iki farklı sezgisel kullanmışlardır. Bunlardan biri lineer program tabanlı sezgisel, diğeri de küme bölme sezgiselidir. Ewbank ve diğerleri (Ewbank vd., 2015, 1-11), noktaları kümelemek için araç kapasitelerini göz önünde bulundurup, bulanık kümeleme tekniği kullanmışlardır. Nallusamy ve diğerleri (Nallusamy vd., 2009:129-135), ÇDARP çözümünde; k-ortalama kümeleme tekniği ile noktaları kümelemişler, rotalamayı ise GA ile yapmışlardır. Shin ve Han (Shin vd., 2011:721-732), KKARP çözümünde; küme kurulumu, küme düzeltme ve rota kurulumu şeklinde, üç adımdan oluşan sezgisel kullanmışlardır. Nallusamy ve diğerleri (Nallusamy vd., 2010:171-177), ÇDARP çözümünde; şehirleri k-ortalama kümeleme tekniği ile kümelemişler, rotaları ise geliştirdikleri Shrink-Wrap Algoritması ile bulmuşlardır. Ho ve diğerleri (Ho vd., 2008:548-557), ÇDARP çözümünde; Clarke ve Wright Tasarruf Algoritması ve En Yakın Komşuluk Sezgiselinden oluşan hibrit algoritma ile ilk adımda müşterileri gruplamışlar, ikinci adımda rotalamışlar ve üçüncü adımda da her deponun rotalarını çizelgelemişlerdir. Çalışkan (Çalışkan, 2011), ÇDARP çözümünde; kümelemeyi k-ortalama yöntemi ile, rotalamayı da Karınca Kolonisi Optimizasyonu (KKO) ile yapmıştır. Eryavuz ve Gencer (Eryavuz vd., 2001:139-155), ÇDARP çözümünde tasarruf algoritması, rassal tasarruf algoritması ve VRP328 yazılımı kullanmışlardır. Bozyer ve diğerleri (Bozyer vd., 2014:29-37), KKARP çözümünde; ilk aşamada talep noktalarını k-ortalama kümeleme yöntemi ile gruplamış, ikinci aşamada ise rotalama için Tabu Arama(TA) sezgiseli uygulamışlardır. Önder (Önder, 2011:74-92), ÇDARP çözümünde; kümelemeyi Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) ile, rotalamayı da GA ile yapmıştır. Yücenur ve Çetin Demirel (Yücenur vd., 2011:340-350), ÇDARP çözümünde; gruplamayı GA ile, rotalamayı ise KKO ile yapmışlardır.

3.AHRP MODELİ

3.1. Model Açıklaması

Literatür ile karşılaştırıldığında AHRP modeli kısmen birden fazla depoya atanacak çok sayıdaki talep noktası için hangi noktanın hangi depoya atanacağı ve aracın hangi rotayı kullanacağı problemine benzemektedir. Ancak AHRP modelinde literatüre ilave olarak talep noktalarındaki hizmet süreleri

modele dahil edilmiştir. İSG profesyonelinin ikametgahı depo, talep noktaları ise hizmet verilecek işletmeler olarak ele alınmaktadır. İki aşamalı AHRP modelinin ilk aşamasında öncelikle kümeleme yapılarak talep noktalarının birden fazla İSG profesyoneline atamaları yapılmaktadır. İkinci aşamada ise her İSG profesyoneli için ayrı ayrı optimal rota tespiti yapılmaktadır. Aracın gün başında depodan çıkıp, tüm talep noktalarına uğradıktan sonra gün sonunda tekrar depoya dönmesi gerekmektedir. Probleminin çözümünde noktalar arası süreler göz önünde bulundurulmakla beraber işletmelerde geçen hizmet süreleri de dikkate alınmaktadır. Modelde İSG profesyonelinin günlük normal mesai süresi 8 saat ve rota süresi ise hizmet sürelerinin toplamı olarak kabul edilmiştir.

3.2. Model Aşamaları

1.Aşama: Kümeleme

Modelin kümeleme aşamasında birbirine benzer veya yakın konumdaki talep noktaları aynı kümelerde bir araya getirilmesi amaçlanmaktadır (Öztürk vd., 2014:677-687). Gezgin satıcı probleminden farklı olarak birden fazla satıcının olduğu ve talep kısıtlarının da eklendiği AHRP modelinde öncelikle işletmelerin uygun İSG profesyonellerine atamaları yapılmaktadır. Atama yaparken, transfer süreleri toplamının minimize edilmesi hedeflenmektedir. İşletme sayısı n , İSG profesyoneli sayısı m olarak kabul edilecek olursa, n adet işletmenin m adet İSG profesyoneline ataması yapılmaktadır. İSG profesyonelinin ikametgahı ile işletmeler arası transfer süreleri ile her işletmenin talep ettiği hizmet süreleri modelin katsayılarını oluşturmaktadır. AHRP modelinin 1. aşama matematiksel modeli aşağıda verilmiştir.

Katsayılar:

a_{ij} = i . işletme ile j . İSG Profesyoneli arası transfer süresi(dk)

b_i = i . işletmede geçen süre(dk)

A = İSG Profesyonelinin toplam kapasitesi(dk)

Karar değişkenleri:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & i. \text{ işletme } j. \text{ İSG Profesyoneline atanırsa} \\ 0 & i. \text{ işletme } j. \text{ İSG Profesyoneline atanmazsa} \end{cases}$$

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} \cdot x_{ij} \quad (1.1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1 \quad (\forall i \text{ için}) \quad (1.2)$$

$$\sum_{i=1}^n b_i x_{ij} \leq A \quad (\forall j \text{ için}) \quad (1.3)$$

Bu problemde işletmelerle, bu işletmelere atanan İSG Profesyonellerinin aralarındaki mesafelerin toplamının minimizasyonu için (1.1)'deki amaç fonksiyonu kullanılmıştır.

(1.2) bir işletmeye sadece bir İSG Profesyonelinin atanacağını belirtir. (1.3) ise bir İSG Profesyonelinin, atandığı işletmelerin talepleri toplamının en fazla A dakika olabileceğini belirtir. Burada n adet işletmenin talepleri toplamının n'ye bölünmesiyle elde edilen süre A dakikadır. Yani OSGB'nin karşılması gereken toplam talebin (tüm işletmeler için toplam hizmet süresi) İSG profesyoneli sayısına bölünmesi sonucu elde edilen değer, bir İSG profesyonelinin maksimum kapasitesini belirtir.

2. Aşama : Rotalama

Araç rotalama problemleri tarifi kolay ama çözümü zor olan problemlerdir (Ho vd., 2008:548-557). Rotalamada toplam rota süresinin minimize edilmesi hedeflenmektedir. Genel olarak bir depoda bulunan aracın tüm talep noktalarına uğrayıp tekrar depoya dönmesi şeklinde ifade edilen araç rotalama probleminde talep kısıtlarının ve araç kapasite kısıtlarının da eklenmesi ile problemin çözümü daha da zorlaşır. Literatürden farklı olarak hizmet süreleri göz önünde bulundurularak rota sürelerinin minimizasyonunu amaçlayan bu çalışmada m tane hizmet noktası ve n tane İSG profesyonelinin oluşan ARHP'nin matematiksel modeli aşağıda verilmiştir.

Katsayılar:

c_{ij} = i hizmet noktası ile j hizmet noktası arası transfer süresi(dk)

t_j = j hizmet noktasındaki hizmet süresi(dk)

R = mesai süresi(dk)

Karar Değişkenleri:

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1 & i \text{ den } j \text{ 'ye } k. \text{ gün gidiliyorsa} \\ 0 & i \text{ den } j \text{ 'ye } k. \text{ gün gidilmiyorsa} \end{cases}$$

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Min} \sum_{i=0}^m \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n x_{ijk} \cdot (c_{ij} + t_j) \quad i \neq j \text{ için} \quad (2.1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=0}^m \sum_{j=1}^m x_{ijk} \cdot t_j \leq R \quad (\forall k \text{ ve } i \neq j \text{ için}) \quad (2.2)$$

$$\sum_{i=0}^m \sum_{k=1}^n x_{ijk} = 1 \quad (\forall j \text{ ve } i \neq j \text{ için}) \quad (2.3)$$

$$\sum_{j=0}^m \sum_{k=1}^n x_{ijk} = 1 \quad (\forall i \text{ ve } i \neq j \text{ için}) \quad (2.4)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{0jk} = 1 \quad (\forall k \text{ ve } i \neq j \text{ için}) \quad (2.5)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{j0k} = 1 \quad (\forall k \text{ ve } i \neq j \text{ için}) \quad (2.6)$$

$$\sum_{i=0}^m x_{ijk} - x_{jik} = 0 \quad (\forall j, k \text{ ve } i \neq j \text{ için}) \quad (2.7)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m x_{ijk} + x_{jik} \leq 1 \quad (\forall k \text{ ve } i \neq j \text{ için}) \quad (2.8)$$

Bu problemde toplam transfer süreleri ile hizmet süreleri toplamının minimizasyonu için;

(2.1)'deki amaç fonksiyonu kullanılmıştır.

(2.2) her bir rota için hizmet süresinin aşılmaması gerektiğini,

(2.3) her lokasyona mutlaka bir defa uğranması gerektiğini,

(2.4) her lokasyondan mutlaka bir defa çıkılması gerektiğini,

(2.5) her rotanın depodan başlaması gerektiğini,

(2.6) her rotanın depoda bitmesi gerektiğini,

(2.7) bir lokasyona giriş yapıldı ise aynı gün içinde mutlaka çıkışın yapılması gerektiğini,

(2.8) ise deponun yer almadığı alternatif rotaların olmaması gerektiğini, belirtmiştir.

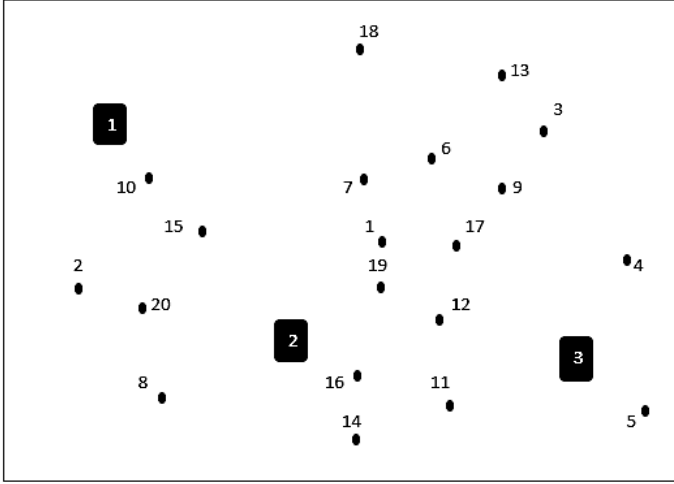
4.Ampirik Uygulama

Uygulamada Antalya ilinde faaliyet gösteren bir OSGB şirketinden elde edilen İSG profesyonellerinin ve hizmet verdikleri şirketlerin adreslerinden oluşan gerçek veriler kullanılmıştır. Adresler bilgisayar ortamında haritadan tespit edildikten sonra tüm şirketlerin koordinatları ve şirketler arası transfer süreleri hesaplanmıştır. Transfer sürelerinin

İş Sağlığı ve Güvenliği Hizmetleri İçin Yeni Bir Model: Araç ve Hizmet Rotalama Problemi (AHRP) ve Ampirik Uygulaması

hesaplanmasında kronometre ile girişler yapılmıştır. Kümeleme için 20 şirket ve 3 İSG profesyoneli, rotalama için 5 şirkete ait veriler kullanılmıştır. Şirketlere ait verilerde şirket isimleri kullanılmamış; 1,2,3,... gibi numaralar kullanılmıştır. Harita üzerinde İSG Profesyonellerinin ikametleri ile şirketler Şekil 1’de gösterilmiştir.

Şekil 1. İSG Profesyonellerinin ve Şirketlerin Coğrafi Lokasyonları



Şirketlerin almak zorunda oldukları hizmet süreleri Tablo 1’de ve transfer süreleri matrisi ise Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Şirketlerin Hizmet Süreleri (dk)

| ŞİRKETLER | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| HİZMET SÜRELERİ | 60 | 180 | 90 | 300 | 90 | 120 | 150 | 660 | 210 | 240 |
| ŞİRKETLER | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| HİZMET SÜRELERİ | 150 | 270 | 150 | 300 | 240 | 90 | 150 | 60 | 120 | 180 |

Tablo 2. İSG Profesyonellerinin İkametgahı İle Şirketler Arası Transfer Süresi (dk)

| | | ŞİRKETLER | | | | | | | | | |
|---------------------|---|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| İSG Profesyoneli | 1 | 30 | 22 | 44 | 56 | 75 | 34 | 26 | 38 | 44 | 14 |
| | 2 | 18 | 20 | 40 | 36 | 46 | 30 | 22 | 12 | 32 | 20 |
| | 3 | 30 | 48 | 36 | 18 | 16 | 36 | 36 | 36 | 26 | 44 |
| | | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| | 1 | 52 | 44 | 40 | 60 | 22 | 46 | 40 | 26 | 36 | 28 |
| | 2 | 16 | 16 | 40 | 26 | 12 | 12 | 22 | 38 | 12 | 12 |
| | 3 | 16 | 14 | 40 | 32 | 38 | 18 | 20 | 50 | 24 | 40 |

4.1.Kümeleme

Kümelemede modelin amaç fonksiyonu İSG profesyonellerinin, atandıkları şirketlere olan transfer sürelerinin toplamının minimizasyonudur.

Kısıtlardan biri, şirketlerin hizmet süreleri toplamının, atanan İSG profesyonelinin kapasitesini geçmemesi; diğeri de her şirkete sadece bir İSG profesyonelinin atanmasıdır.

Rotalamada modelin amaç fonksiyonu, bir İSG profesyoneline ait rota sürelerinin toplamının minimizasyonudur. Her bir işletmeye sadece bir defa uğranmalı ve talep edilen süre kadar hizmet verilmelidir. Hizmet süresi 8 saatten fazla olan işletmelerin süreleri 8'in katları olacak şekilde parçalara ayrılmıştır. Rota sayısı, İSG profesyonelinin atandığı şirketlerin hizmet süreleri toplamının maksimum rota süresi olan 8 saate bölünmesiyle elde edilir.

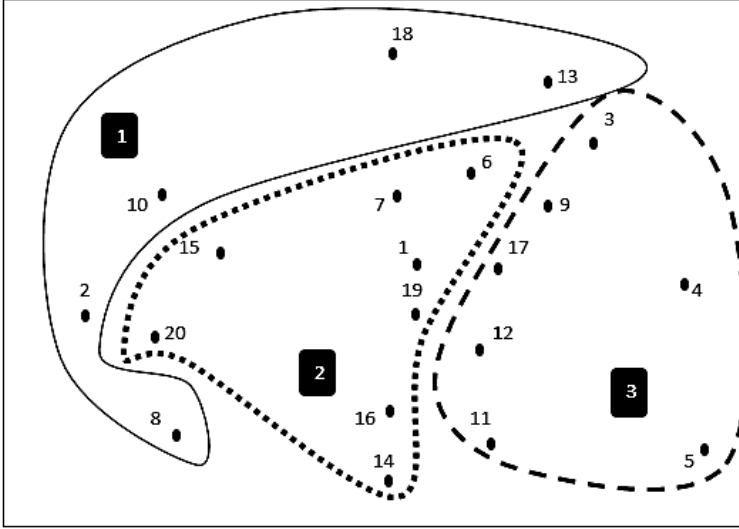
Kümeleme aşamasında, 20 şirket 3 İSG profesyoneli için model WINQSB programında çalıştırıldığında Tablo 3'teki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 3. Şirketlerin İSG profesyonellerine Dağılımı

| İSG profesyoneli | Şirketler | Toplam Hizmet Süresi(dk) |
|------------------|-------------------------|--------------------------|
| 1 | 2,8,10,13 ve 18 | 1290 |
| 2 | 1,6,7,14,15,16,19 ve 20 | 1260 |
| 3 | 3,4,5,9,11,12 ve 17 | 1260 |

Kümeleme sonucunda şirketler ve şirketlere atanan İSG profesyonelleri, harita üzerinde Şekil 2’de gösterilmiştir.

Şekil 2. Kümeleme Sonucu Şirketlerin İSG Profesyonellerine Dağılımı



4.2.Rotalama

Rotalama aşamasında, toplam hizmet süresi 1290 dakika olan İSG profesyoneli 1’in hizmet vermesi gereken gün sayısı $\frac{1290}{480} = 2,6875 \approx 3$ gün olarak hesap edilmiştir. Bu 3 gün için 3 ayrı rota tespit edilmiştir. Tablo-4’te İSG profesyonelinin ikametgahı 0(sıfır) olarak alınmıştır. Şirket 8’in talep ettiği hizmet süresi 660 dk olup 8 saatlik normal mesai süresinden daha fazla olduğundan 480(8) ve 180(8) şeklinde iki ayrı hizmet süresine ayrılmıştır. Noktalar arası transfer süreleri Tablo 4’te gösterilmiştir.

Tablo 4. Transfer Süreleri(dk)

| | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|---|----|
| 0 | - | | | | | | |
| 2 | 22 | - | | | | | |
| 10 | 14 | 14 | - | | | | |
| 13 | 40 | 36 | 34 | - | | | |
| 18 | 26 | 38 | 24 | 18 | - | | |
| 8 | 38 | 18 | 26 | 52 | 48 | - | |
| 8' | 38 | 18 | 26 | 52 | 48 | - | - |
| | 0 | 2 | 10 | 13 | 18 | 8 | 8' |

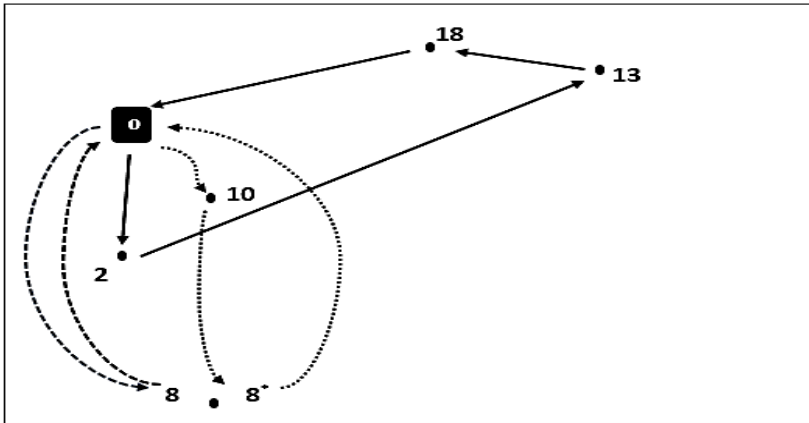
Rotalama aşamasında, 5 şirket için oluşturulan model WINQSB programında çalıştırıldığında Tablo 5'teki sonuç elde edilmiştir.

Tablo 5. Rotalar ve Süreleri

| | Hizmet Süresi(dk) | Transfer Süreleri Toplamı(dk) | Toplam Süre(dk) |
|-----------------------------|-------------------|-------------------------------|-----------------|
| Rota 1: 0 – 2 – 13 – 18 – 0 | 390 | 76 | 466 |
| Rota 2: 0 – 8 – 0 | 480 | 38 | 518 |
| Rota 3: 0 – 8' – 10 – 0 | 420 | 64 | 484 |

Rotalama sonucu Şekil 3'te gösterilmiştir.

ŞEKİL 3. İSG Profesyoneli-1'in İzleyeceği Rota



5. SONUÇ

Müşterilerin mekanlarında hizmet veren büyük firmalar için hangi elemanın hangi müşteriye hangi rotada gideceği problemi, maliyet minimizasyonu açısından önem arz etmektedir. Bu çalışmada ortak sağlık güvenlik birimlerinde çalışan İSG profesyonellerinin araç ve hizmet rotalama problemine cevap aranmıştır. Önce kümele sonra rotala şeklinde iki aşamalı bir model oluşturulmuştur. Modelin ampirik uygulaması WINQSB programı kullanılarak yapılmış ve optimal rotalama çözümü elde edilmiştir. Çalışmanın literatüre katkı sağlayan en önemli özgün tarafı; transfer sürelerinin, işletmelerde geçen hizmet süreleriyle birlikte düşünülerek maliyetlerin minimizasyonun gerçekleştirilmiş olmasıdır. İki aşamalı bu model hizmet süresinin yer aldığı araç rotalama problemlerinin çözümünde kullanılabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- BOZYER, Z., ALKAN, A., FIĞLALI, A. (2014) Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Probleminin Çözümü İçin Önce Grupla Sonra Rotala Merkezli Sezgisel Algoritma Önerisi, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 7(2), 29-37.
- ÇALIŞKAN, K. (2011) Karınca Kolonisi Optimizasyonu ile Araç Rotalama Probleminin Maliyetlerinin Kümeleme Tekniği ile İyileştirilmesi, *TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*.
- ÇETİN, S., 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.
- DANTZİG, G.B., RAMSER, J.H. (1959) The Truck Dispatching Problem, *Management Science*, 6(1), 80-91.
- ERYAVUZ, M., GENCER, C. (2001) Araç Rotalama Problemine Ait Bir Uygulama, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(1), 139-155.
- EWBANK, H., WANKE, P., VENCHEH, A.H. (2015) An Unsupervised Fuzzy Clustering Approach To The Capacitated Vehicle Routing Problem, *Neural Computing and Applications*, 1-9.
- HO, W., HO, G.T.S., JI, P., LAU, H.C.W. (2008) A Hybrid Genetic Algorithm For The Multi-Depot Vehicle Routing Problem, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 21(4), 548-557.

- JOHN CARLSSON, J., GEZ, D., SUBRAMANIAM, A., WU, A., YE, Y. (2007) Solving Min-Max Multi-Depot Vehicle Routing Problem, *yinyu-ye@stanford.edu*.
- KOÇ, T.S. (2015) İş Sağlığı Ve Güvenliği Uygulamalarının Örgütsel Güven ve İş Tatminine Etkisi: Alanya'da Konaklama İşletmeleri Üzerine Bir Araştırma, *Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*.
- NALLUSAMY, R., DURAI SWAMY, K., DHANALAKSMI R., PARTHIBAN P. (2009) Optimization Of Multiple Vehicle Routing Problems Using Approximation Algorithms, *International Journal of Engineering Science and Technology*, 1(3), 129-135.
- NALLUSAMY, R., DURAI SWAMY, K., DHANALAKSMI R., PARTHIBAN P. (2010) Optimization Of Non-Linear Multiple Traveling Salesman Problem Using K-Means Clustering, Shrink Wrap Algorithm And Meta-Heuristics, *International Journal of Nonlinear Science*, 9(2), 171-177.
- ÖNDER, E. (2011) İstanbul Halk Ekmek A.Ş. (İHE)'ye Ait Çok Depolu Araç Rotalama Probleminin Meta-Sezgisel Yöntemler İle Optimizasyonu, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Dergisi-Yönetim*, 70, 74-92.
- ÖZTÜRK, C., HANÇER, E., KARABOĞA, D. (2014) Küresel En İyi Yapay Arı Koloni Algoritması İle Otomatik Kümeleme, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(4), 677-687.
- SHİN, K., HAN, S. (2011) A Centroid-Based heuristic Algorithm for The Capacitated Vehicle Routing Problem, *Computing and Informatics*, 30(4), 721-732.
- SUREKHA, P., SUMATHI, S. (2011) Solution To Multi-Depot Vehicle Routing Problem Using Genetic Algorithms, *World Applied Programming*, 1(3), 118-131.
- YÜCENUR, G.N., ÇETİN DEMİREL, N. (2011) Çok Depolu Araç Rotalama Problemlerinin Çözümü İçin Genetik Algoritma ve Karınca Kolonisi Optimizasyonundan Oluşan Melez Algoritma Tasarımı, *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 340-350.