



Received: October 20, 2017
Accepted: December 26, 2017
Published Online: January 01, 2018

AJ ID: 2018.06.01.OR.02
DOI: 10.17093/alphanumeric.368417

Route Optimization of Malatya Metropolitan Municipality Pesticide Vehicles

Hasan Söyler, Ph.D. *

Assist. Prof, Department of Econometrics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Inonu University, Malatya, Turkey, hasan.soyler@inonu.edu.tr

Eda Fendoğlu

Ph.D. Candidate, Department of Econometrics, Inonu University, Malatya, Turkey, edafendoglu@hotmail.com

* İnönü Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İnönü Üniversitesi Merkez Kampüsü Elazığ yolu 15. Km. 44280, Malatya/ Türkiye

ABSTRACT

In today's competitive environment, businesses attach importance to transfer products, services and related information between supply and consumption points in order to meet increasing customer demands, in accordance with minimum cost, optimum route and customer satisfaction. Due to its importance in the economy, the Vehicle Routing Problem (VRP), which has been working hard on academics for the last 50 years and is a sub-topic of logistics management, constitutes a significant part of the total distribution cost in the businesses and financial expenditures are serious. In this study, VRP and Chinese Postman Problem (CPP) is introduced, optimal routes of Malatya Metropolitan Municipality pesticide vehicles is determined by using Hierholzer & Floyd Warshall Algorithms and Excel - Solver and solution is compared.

Keywords:

Decision Making Techniques and Modeling, Optimization, Routing and Scheduling

Malatya Büyükşehir Belediyesi İlaçlama Araçlarının Güzergahlarının Optimizasyonu

ÖZ

Günümüz rekabet ortamında işletmeler, artan müşteri taleplerini karşılamak için ürün, hizmet ve ilgili bilgilerin arz ve tüketim noktaları arasında minimum maliyet, optimum rota ve müşteri memnuniyetine uygun şekilde transfer edilmesine önem vermektedir. Ekonomideki öneminden dolayı son 50 yıldır akademisyenler tarafından üzerinde çok çalışılan ve lojistik yönetimi alt konusu olan Araç Rotalama Problemi (ARP) işletmelerde toplam dağıtım maliyetinin önemli bölümünü oluşturmakta ve finansal olarak ciddi harcamalar yapılmaktadır. Bu çalışmada ARP ve Çinli Postacı Problemi (ÇPP) tanıtılmış, Malatya Büyükşehir Belediyesi ilaçlama araçlarının optimal rotaları, Hierholzer & Floyd Warshall Algoritmaları ve Excel-Solver ile hesaplanmış, sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler:

Karar Verme Teknikleri ve Modelleme, Optimizasyon, Rotalama ve Çizelgeleme



1. Giriş

Küreselleşen dünyamızda ve günümüz rekabet ortamında işletmeler, hızlı ve kolay sağlanan etkili iletişim sayesinde müşterisine daha çabuk ulaşarak bilgi, ürün ve hizmet sunmayı daha kolay bir şekilde sağlayabilmektedir. Bu da müşteri memnuniyetinin artması, maliyetlerin azaltılmasını amaçlayan işletmelerin yeni bir ekonomik yapı olan 'lojistiğin' hızla ilerlemesini ve önem kazanmasını sağlamıştır. 1960 yılları öncesi rekabeti arttırma ve kar amacı nedeniyle lojistiğin önemi fark edilememiş, 1960 ve 1970 yılları arasında işletmeler lojistik faaliyetlerinin merkezden yürütülememesinin sıkıntılarını yaşamış olup bu süreçte pazarlama ve satışın önemi artarak yine 60'ların son kısımlarında fiziksel dağıtım önem kazanmıştır. 1970-1980 yıllarında ise işletmeler lojistiğin merkezileşmesi ile maliyet yönetimi, sürecin optimize edilmesi gibi kavramlar öne çıkarken dağıtımında önemliliği bu yıllarda ortaya çıkmış ve geliştirilmesi için çaba gösterilmeye başlanmıştır. Bilişimin çabucak geliştiği 1980-1990 yıllarında ise artık sadece fiziksel dağıtımdan bahsedilmemiş, "Tedarik Zinciri ve Kalite Yönetimi" gibi kavramlar ortaya çıkmıştır (Rushton vd., 2010). 1990'dan 2000'li yıllara kadar ise artık lojistik kavramının hem duyulması hem de uygulanabilirliği çok fazla yüksek seviyelere ulaşmış olup bilginin yayılması, müşteri taleplerinin artması, dış kaynağa bağımlılığın artması gibi durumların çıkması üzerine işletmeler "Sanal Örgüt" ile süreci tek bir yerden yönetmeyi sağlamışlardır (Ross, 2016). Teknolojinin daha da geliştiği ve internet çağının hareketli olmaya başladığı 2000 ve sonrası yıllarda e-ticaret kavramı ortaya çıkmış, bu kavram hem ulusal hem de uluslararası alanda ekonomi ve toplum üzerinde birçok konuda katkı ve fırsat sunmuştur. Lojistiğin günümüze kadar böyle hızla gelişmesinde küreselleşme, rekabetin giderek artması ve farklılaşması, yeni ekonomi fikri, hızla gelişen teknoloji, müşteri taleplerinin farklılaşması ve piyasanın koşulları gibi faktörler etkili olmaktadır.

İşletmelerin taşıma maliyetlerinin büyük bir kısmı, lojistik ve dağıtım maliyetlerinden kaynaklandığından işletme sahipleri müşteri memnuniyetinin ve hizmet kalitesinin artması için en kısa mesafeyi/süreyi veren optimum rotanın bulunmasını amaçlamaktadırlar.

Bu çalışmada ARP ve ÇPP tanıtılmış, Euler turun bulunmasında kullanılan algoritmalar verilmiş, Malatya Büyükşehir Belediyesi ilaçlama araçlarının optimal rotaları, Hierholzer-Floyd Warshall Algoritmaları ve Excel-Solver ile hesaplanmış, sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonunda aracın keyfi olarak izlediği yol ile bulunan çözümler arasındaki farklılıklar belirtilip çalışma hakkında ileri de yapılacak çalışmalardan ve önerilerden bahsedilmiştir.

2. Araç Rotalama Problemleri ve Çinli Postacı Problemi

Çizge kuramının temel konusu olan ağ (network) modellerinde eniyileme problemleri olan rotalama problemleri; düğüm rotalama ve ayrıt rotalama olmak üzere iki sınıfta incelenir (Durucasu, 2004):

Düğüm rotalama problemleri, bir dizi müşteri düğümüne hizmet vermek için rotayı optimum yapmayı amaçlamaktadır. En önemli uygulamaları, araç rotalama ve çoğu araştırmacı tarafından uzun süredir ilgi gören gezgin satıcı problemlerinden kaynaklanmaktadır. Gezgin Satıcı Problemi (GSP)'nde amaç; bir düğümden başlayarak ve tekrar aynı düğüme geri dönerek, tüm müşterileri (düğümleri) bir kez ziyaret eden

bir gezgin için en kısa turu (Hamilton Turunu) bulmaktır. ARP, GSP' nin tek tip ve sınırlı kapasiteye sahip birden fazla aracın kullanıldığı ve bazı eklenmiş kısıtlar ile geliştirilmiş haline verilen isimdir. Literatürde GSP için kapsamlı bir çalışma 1954 yılında Dantzig, Fulkerson ve Johnson tarafından yapılmıştır. Doğrusal programlama kesme yöntemini kullanarak 49 adet il den oluşan bir gezgin satıcı problemini  zmişlerdir (Dantzig v.d., 1954).

Ayrıt rotalama problemi kapsamında ele alınan Kırsal Postacı Problemi (KPP); çizgede bulunan belirli bazı ayrıtlardan en az bir defa geçilmesi gerektiğini belirtirken, PP ise çizge üzerinde ki her ayrıttan en az bir defa geçerek en kısa turun bulunmasını hedeflemektedir (Emel v.d., 2003).

1962 'de Çinli bir matematikçi olan Mei-Ko Kwan, ilk defa PP'yi ele alınmıştır. Çinli postacı probleminde amaç, bir postacının postaneden aldığı mektupları muhtemel olan en kısa yoldan (Euler tur) şehirdeki tüm caddelere/sokaklara girerek dağıtma ve dağıtma işleminin tamamlanmasından sonra postacının başlangıç (hareket) düğümü olan postaneye geri dönmesi gerekliliği problemidir (Ahujava vd., 1993, Eiselt v.d., 1995a).

PP probleminin çizgesinde eğer bir Euler tur elde edilemiyorsa turun tamamlanabilmesi için ayrıtlardan birden fazla geçilmesi gerekmektedir.

Klasik PP; her bir ayrıtın tek bir ağırlık ile temsil edildiğini varsayıp, hedefin minimum toplam ağırlık ile turu belirlemek olduğunu anlatmaktadır. Optimum bir Çinli Postacı rotası için algoritma şöyledir;

- **Adım 1.** Tüm tek noktalar listelenir.
- **Adım 2.** Olası tüm tek köşe birleşmeleri listelenir.
- **Adım 3.** Her eşleştirme için köşeleri en düşük ağırlık ile birleştiren kenarları bulunur.
- **Adım 4.** Eşleştirmeleri, ağırlıkların toplamı en aza indirilecek şekilde bulunur.
- **Adım 5.** Orijinal grafa 4. adımımda bulunan kenarlar eklenir.
- **Adım 6.** Optimum bir Çinli postacı rota uzunluğu, Adım 4'te bulunan toplama eklenen tüm kenarların toplamıdır.
- **Adım 7.** Bu minimum ağırlığa karşılığ gelen bir rota daha sonra kolayca bulunabilir.

Yönlü bir $G = (V, E)$ grafini ele alalım. Ayrıt (i, j) i ve j düğümleri arasında bir bağlantı kurar. c_{ij} , ayrıt (i, j) ' yi geçme maliyetini gösterir. Problemin ana karar değişkeni X_{ij} řu şekilde açıklanmaktadır:

X_{ij} = ayrıt (i, j) kaç kez geçtiğini gösteren değişken olmak üzere PP modeli şöyledir:

$$\min Z = \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} \times X_{ij} \quad (1)$$

$$X_{ij} + X_{ji} \geq 1 \quad \forall (i, j) \in A \quad (2)$$

$$\sum_{i|(i,j) \in A} X_{ij} = \sum_{i|(j,i) \in A} X_{ji} \quad i \in N \quad (3)$$

$$X_{ij} \geq 0 \text{ ve tamsayı } \forall (i, j) \in A \quad (4)$$

(1) kısıtı yol uzunluğunun minimizasyonunun gösterir. (2) kısıtı her ayrıttan en az bir kez geçilmesi gerektiğini belirtir. (3) kısıtı her dđđüme giren ayrıt ile her dđđümden çıkan ayrıt sayısının eğit olması gerektiği kısıttır.

PP ayrıt yönlerine bağlı olarak yönsüz, yönlü ve karma olmak üzere üçe ayrılmığtır, fakat daha sonra bu üç probleme farklı kısıtların eklenmesiyle yeni Çinli postacı problem çeğitleri ortaya ıkmığtır. Yönlü ve Yönsüz PP, P sınıfına ait polinomsal zamanda özölen problemler iken; Karma, Kapasite Kısıtlı ve Hiyerarşik PP ise NP sınıfına ait problemlerdir (Florian, 1984). Yönlü ve Yönsüz problemleri polinomsal zamanda özölebilir olduğundan, arağtırmacıların çoğu yakın zamanda Karma ve Hızlı PP türlerine odaklanmaktadır (Corberan and Prins, 2010).

Günümüz lojistik yönetiminde en önemli kararlardan biri dağıtım noktalarındaki talepleri karđılayacak şekilde araçların minimum maliyetler ile optimum rotalarının elde edilmek istenmesidir. Bu hedef doğrultusunda araç rotalama problemleri üzerine uzun yıllardır çok fazla çalışma yapılmış ve bulunan bu çözüm yöntemleri ile birçok kuruluş tarafından kullanılmıştır.

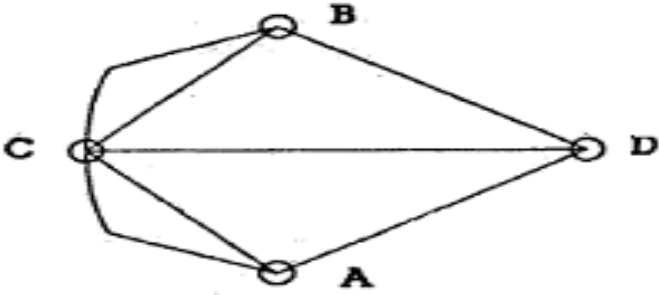
3. Graf Kavramı ve Euler Tur

Graf (izge), noktalar kümesi (dđđümler) ve bu noktalar arasındaki ilişkileri ifade eden kenarlar yardımıyla tanımlanmaktadır. Kenarlar, dđđümler arasındaki yolları göstermektedir ve v ve w dđđümlerini bağlayan kenar $e = (v, w)$ ile gösterilir. Böylece bir G grafının (izgesinin) gösterimi, dđđümler kümesinin oluşturduğu V ile kenarlar kümesinin oluşturduğu E 'nin birleşimi olup, $G=(V,E)$ şeklinde gösterilir.

Graflar; bilgisayar bilimleri (veri yapıları, yapay zeka, görüntü işleme, bilgisayar ağları), fizik, biyoloji, genetik ve kimyasal yapılar, matematik, tarih, dilbilgisi, iktisat, iletişim ağları, bilişim sistemi, elektrik devreleri ve diğer ağ yapılarının teknik kısımlarında geniş bir biçimde uygulanmaktadır. Graflar, nesnelere dđđümler, ilişkileri bağlantılar ile temsil eder; ilişkiler için, sayısal değerler, ilişkiler için yönler atayabilir.

Graf kuramı Euler tarafından özölebilen ünlü Königsberg köprüleri problemine kadar dayandığı kabul edilmektedir. Problemden Königsberg kentinin herhangi bir yerinden yola çıkıp, kentteki Pregel nehri üzerindeki yedi köprüden yalnızca bir kez geçerek başlangıç noktasına geri dönmenin mümkünlüğu tartışılmaktadır.

şekil 1'de, Pregel nehrinin ayırdığı Königsberg şehrinin dört bölgesi A, B, C ve D dđđümleriyle ve bu bölgeleri birbirine bağlayan eğriler (köprüler) de ayrıttarla (kirişlerle) gösterilmektedir. Euler yol problemi, verilen bir grafın tüm kapsayan yolları veya döngülerini soran klasik bir graf teorisi problemidir. Euler' e göre bir dđđüme bir kenar ile geliniyorsa bu dđđümden ayrılmak için farklı bir yol gerekmektedir. Böylece bir dđđümden giren çıkan yolların sayısına dđđüm derecesi adını vermiştir. Bulunan dđđüm derecelerine göre eğer derecesi tek olan dđđüm varsa bu ya bitiş ya da başlangıç dđđümü olmalıdır, aksi halde tüm yollar ziyaret edilmiş olmaz. Euler, C dđđümünün 5, A-B-D dđđümlerinin de 3 dereceye sahip olması nedeniyle dđđümlerden iki tanesi başlangıç ve bitiş olması durumunda diğer iki tanesinin kullanılamayacağından ve tüm yollar gezilmiş olmayacağından problemin çözümünün olmadığını göstermiştir (Euler, 1741).



Şekil 1. Pregel nehrindeki yedi köprü çizgesi

Bir yönsüz grafi başlangıç ve bitiş düğümleri farklı olan ve tüm düğümleri dolaşan bir yol bulunabiliyorsa bu yola Euler yol ve bu yolun bulunduğu grafi yarı Euler denir. Başlangıç ve bitiş düğümleri aynı olan yolda tam bir döngü elde ediliyorsa bu yola Euler döngüsü ve bu yolu içeren grafi Euler graf adı verilir.

Euler yol/tur bulmayı gerçekleştiren iki algoritmadan birincisi 1883 yılına dayanan şık fakat verimsiz olan Fleury algoritmasıdır (Fleury, 1883). Fleury algoritmasında; öncelikle grafin tek dereceli köşelere sahip olup olmadığından ya da sadece iki tane tek dereceli köşeye sahip olduğundan emin olunmalıdır:

Adım 1. Eğer grafin tek dereceli köşesi hiç yoksa herhangi bir nokta başlangıç noktası olarak seçilir. Sadece iki tane tek dereceli köşe varsa başlangıç noktası bu tek dereceli köşelerden biri olarak seçilir.

Adım 2. Her bir adımda eğer tek seçenek varsa, grafin henüz gezilecek kısmı için bir köprü seçilmemelidir. Ancak yalnız bir seçenek varsa o seçilmelidir. Bu şekilde devam edildiğinde artık gidilecek yer kalmadıysa Euler döngüsü veya Euler yol tamamlanmış demektir. Tek dereceli köşe hiç yoksa başlangıç noktasına geri dönülür ve bir Euler döngüsü meydana gelmiş olur. İki tane tek dereceli köşe varsa, algoritma diğer tek dereceli düğümde son bulacaktır ve bir Euler yol elde edilecektir.

İkinci algoritma, Fleury algoritmasından daha etkili ve verimli olan bir Euler döngüsü elde etmek için farklı bir yöntem sunan Hierholzer algoritmasıdır (Hierholzer-Wiener, 1873). Hierholzer'in algoritmasının temel fikri, bağımlı olmayan çevreleri birleştirerek Euler döngüsünün kademeli olarak yapılandırılmasıdır. Hierholzer algoritması şöyledir:

Adım 1. Rastgele bir düğümle başlar ve ardından komşu da ziyaret edilmemiş keyfi bir yol izler. Bu adım, başlangıç düğümüne dönene kadar tekrarlanır.

Adım 2. Bu, graf ilk daireyi oluşturur. Bu daire tüm düğümleri kapsıyorsa, bir Eulerian döngüsüdür ve algoritma tamamlanmıştır.

Adım 3. Aksi halde, döngülerin düğümleri arasında gezinilmeyen kenarları olan başka bir düğüm seçer ve 'subtour' adı verilen başka bir daire oluşturur. Yapıda kenarların seçimi ile yeni daire ilk dairenin kenarını içermez, her ikisi de birbirinden ayrılmıştır. Bununla birlikte, her iki daire, ikinci dairenin başlangıç düğümünün seçimiyle en az bir düğümde kesişmelidir. Bu nedenle, her iki daire yeni bir daire olarak temsil edebilir. Bunu yapmak için, birinci daire düğümlerini yinelemekte ve alt turun düğüm dizgesi tarafından tamamlanan alt tur başlangıç düğümü ile yer değiştirmektedir. Böylece eklenen daireler ilk dairenin içine sokulur. Genişletilmiş daire tüm kenarları içeriyorsa, algoritma tamamlanır. Aksi takdirde, eklenecek başka bir çevrim bulunur.

4. Literatür

Her ayrıtın negatif olmayan bir maliyet fonksiyonuyla temsil edildiğini varsayan ve amacın en az bir kez grafin her ayrıtından geçen minimum maliyetli kapalı yürüyüş bulmak olan klasik PP, ilk olarak Çinli bir matematikçi tanımlanmıştır (Guan, 1984).

Euler tur kavramı ilk olarak yedi köprölü Königsberg problemi ile ortaya çıkmış ve Euler bağımlı yönsüz bir grafin yalnızca tüm köşelerinin tek dereceli olması durumunda Eulerian olduğu sonucuna vararak, Yönsüz PP'nin temellerini atmıştır (Euler, 1741).

PP'de optimal rotayı bulmada, her bir düğümü en az bir kez ve her ayrıtı kesinlikle bir defa kaplayan bağımlı bir grafta kapalı bir yürüyüş olan tekli bütünlük özelliği kullanılır. Ford ve Fulkerson da her düğüme giren ve çıkan ayrıt sayılarının eşit olması gerektiğini söyleyerek tekli bütünlük özelliğinin olabilmesi için yeterli koşulu belirtmiştir (Ford ve Fulkerson, 1962).

Eiselt ve arkadaşları Yönsüz PP için bir G grafinin bütün düğümlerinin tek dereceli olacak şekilde bir G' grafinde dönmesini amaçlayan bir eşleştirme problemi olarak özöllebilir problemi formüle etmişlerdir. Graf G' optimal eşleştirme çözümüne karşılık gelen en kısa yolları gösteren G tarafından elde edilmiştir (Eiselt v.d., 1995a).

Yönsüz PP için diğer bir formülasyon, PP'nin her ayrıttan en az bir defa geçme zorunluluğunu gösteren $\sum x_{ij} \geq 1$ kısıtının; Blossom Eşitizliği olarak

adlandırılmasıdır. Edmonds ve Johnson, eşleştirme problemlerini Edmonds'un blossom algoritması (Edmonds, 1965a-1965b) uyarlaması yoluyla çözmüşlerdir. Bu algoritma G grafinde ki ayrıtların yoğunluğuna bağlıdır. Sonraki çalışmalarda eşleştirme teorisi ve mevcut algoritmalar kullanılarak yönlü, yönsüz ve karma graflar üzerinde bir Euler tur bulunmaya çalışılmıştır Edmonds ve Johnson, 1973).

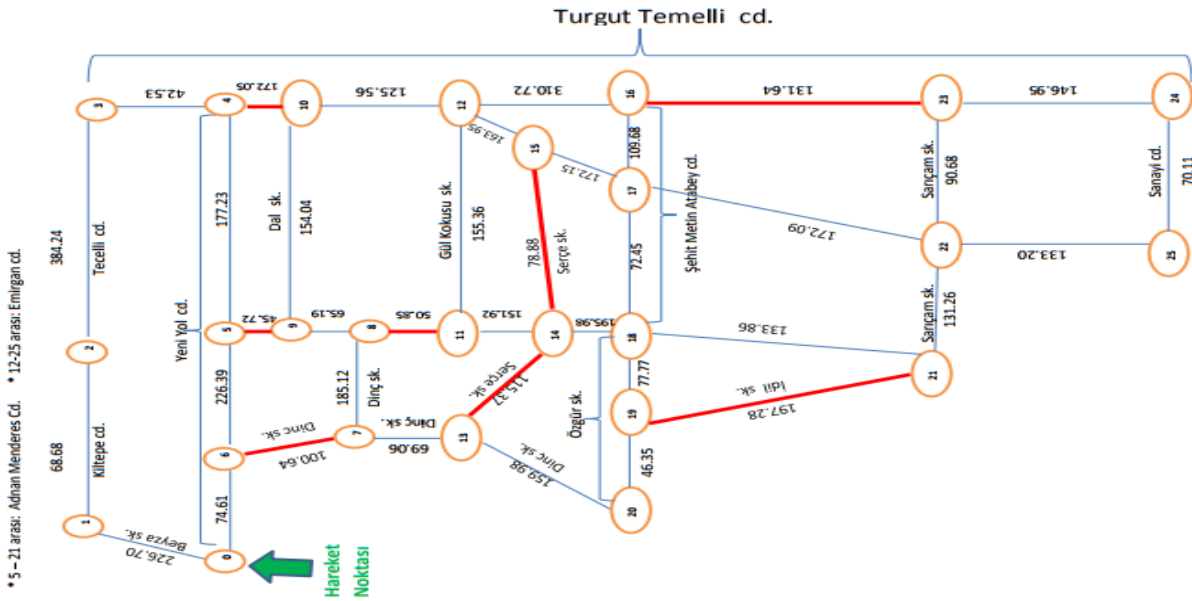
Emel ve arkadaşları bir polis devriye aracı için bir mahalleye ait minimum en iyi rotanın; Yönsüz PP'nin çözüm yöntemlerinden biri olan en kısa mesafeli eşleştirme yöntemi ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Polis devriye aracı için birden fazla en iyi rota belirlemişlerdir (Emel v.d., 2003). Durucasu aynı polis devriyesi ve mahalleye ait Yönsüz PP özümü için elektronik çalışma sayfası modeli ve çözümünü sunmuştur (Durucasu, 2004).

Gerçek hayatta PP problemi olarak modellenebilen problemler; mektup dağıtımı, yol bakımı, atık veya çöp toplama işlemleri, kar temizleme çalışmaları, elektrik sayaçlarının okunması, polis devriye araçlarının rotalarının belirlenmesi ve otobüs çizelgelemesi gibi geniş uygulama alanlarına sahiptir (Eglese ve Li, 1996 - Laporte, 1997).

5. Malatya Belediyesine Ait İlaçlama Aracının İlyas Mahallesi İçin En Kısa Rotasının Bulunması ve Karşılaştırılması

İlaçlama işleminin yapılacağı Malatya ilinin Yeşilyurt ilçesine bağlı İlyas Mahallesi içerisindeki cadde/sokak bağlantıları ve aralarındaki mesafeler, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımı olan QGIS 2.18.11 programı ile belirlenmiştir (Şekil 2). Caddeler/sokaklar yönsüzdür. Cadde ve sokak geçişlerinde herhangi bir kısıtlama yoktur. Araç bütün cadde ve sokaklardan geçerek ilaçlama yapmak zorundadır. Mesafeler metre cinsindedir.

Her bir cadde/sokak için bir başlangıç bir de bitiş numarası verilmiştir. '0' noktası hareket (başlangıç) noktası olarak belirlenmiş ve aracın Şekil 2'deki tüm ayrıtları en az bir defa geçerek en kısa mesafede dolaşarak ilaçlama işlemini yapıp tekrar '0' noktasına (başlangıç noktası) geri dönmesi amaçlanmaktadır.



Şekil 2. İlyas mahallesi için yerleşimi temsil eden Euler' in optimal grafi

Öncelikle caddeler/sokaklar arası bağlantılar ve aralarındaki mesafeler QGIS 2.18.11 programı ile belirlendikten sonra düğümler arası en kısa mesafeler Floyd-Warshall Algoritması kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 1'de gösterilmiştir:

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

olarak belirlenmiştir.

Burada çift gidilecek yollarımız yine (6-7), (5-9), (4-10), (8-11), (13-14), (14-15), (16-23), (19-21) olup aynı ayrıtlar bulunmuştur, ancak Floyd-Warshall yönteminden farklı olarak Çözücü bize (11-8) ve (13-14) yönünde ayrıtlarından ikişer kez, (6-7), (7-6), (5-9), (9-5), (4-10), (10-4), (14-15), (15-14), (16-23), (23-16), (19-21), (21-19) yönünde de ayrıtlarından ise birer kez geçilmesi ile en kısa mesafeyi 5988,67 metre olarak bulmuştur.

Floyd-Warshall yöntemi ve Hierholzer yönteminin birleştirilmesi ile elde edilen en kısa rotada ayrıtların kullanım yönleri hakkında bir bilgi edilememekte sadece ayrıtların kullanım sayıları elde edilebilmektedir. Excel-Solver ile yapılan çözümde ayrıtların akış yönleri de belirlenerek en kısa rota bulunmuştur.

Şekil 4. Malatya Fen İşleri Müdürlüğüne bağlı çipli olan ilaçlama araçlarının izlendiği 'Arvento' isimli programından 06.09.2017 tarihindeki İlyas mahallesinin ilaçlama işleminden alınmış ekran görüntüsüdür. Oklar aracın İlyas Mahallesi içinde gezindiği rotayı göstermektedir.

Şekil 4'de görüldüğü gibi araç her bir cadde/sokağa girme zorunluluğunu uygulamamış ve tamamen rastsal olarak bir rota çizmiştir. Buna göre araç 229016,93 m² ' lik alana sahip İlyas mahallesini toplam 5141,24 m lik ilaçlaması gereken cadde/sokaktan yine Arvento programından alınan 06.09.2017 tarihli rapora göre 1641,24 m' lik alanı ilaçlamamış, yaklaşık 3.500 m lik bir kısmı ilaçlayarak 20 dk lık sürede mahalleyi terk etmiştir. Araç her cadde/sokağa girme zorunluluğuna uymamıştır.



Şekil 4. İlaçlama aracının 06.09.2017 tarihinde İlyas mahallesinde ki dolaştığı rota

6. Sonuç

Bu çalışmada ayrıt rotalama problemlerinden biri olan Çinli Postacı Problemi ele alınarak Malatya İline ait ilaçlanması gereken 145 mahalleden sadece biri olan İlyas Mahallesi incelenmiştir. İlyas mahallesi için bir aracın; Floyd-Warshall & Hierholzer algoritmalarının birleştirilmesi ve Excel-Solver ile optimal rotası bulunmuştur. Her iki çözümde de minimum mesafe ve çift gidilecek ayrıtlar aynı çıkmıştır. Ancak her iki çözümde aracın izlediği optimal rota farklı olup, Excel-Solver ile ayrıtların akış yönleri de elde edilmiştir.

Malatya Büyükşehir Belediyesinin ilaçlama yapması için toplam 12 aracı bulunmakta ve haftanın 6 günü bu araçlar rastsal olarak belirlenen mahallelerde ve yine araçlar rastsal gezinerek cadde/sokaklarda ilaçlama işlemini yapmaktadırlar.

İleride farklı sezgisel yöntemler ile çözümler yapıp karşılaştırılarak, daha hızlı ve daha kaliteli çözümler veren yöntemlerin elde edilmesi amaçlanmaktadır.

Kaynakça

- Ahuja, R. K., Magnanti, T. L., & Orlin, J. B. (1993). *Network Flows: Theory, Algorithms, And Applications*, Printice, Hall, 1993.
- Corberán, A., & Prins, C. (2010). Recent Results On Arc Routing Problems: An Annotated Bibliography. *Networks*, 56(1), 50-69.
- Dantzig, G., Fulkerson, R., & Johnson, S. (1954). Solution Of A Large-Scale Traveling-Salesman Problem. *Journal of the operations research society of America*, 2(4), 393-410.
- Durucasu, H. (2004). Bir Polis Devriye Aracı Rotasının Elektronik Çalışma Sayfası Modeli Yardımıyla Belirlenmesi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 4(2), 49-72.
- Edmonds, J. (1965a). Chinese Postmans Problem. In *Operations Research* (p. B73). 901 Elkridge Landing Rd Ste 400, Linthicum Hts, Md 21090-2909: Inst Operations Research Management Sciences.
- Edmonds, J. (1965b). Paths, Trees, and Flowers. *Canadian Journal of mathematics*, 17(3), 449-467.
- Edmonds, J., & Johnson, E. L. (1973). Matching, Euler Tours And The Chinese Postman. *Mathematical programming*, 5(1), 88-124.
- Eglese, R.W. ve Li, Y.O. L. (1996). An Interactive Algorithm For Vehicle Routeing For Winter-Gritting, *The Journal Of The Operational Research Society*, 47(2), 217- 228.
- Eiselt, H. A., Gendreau, M., & Laporte, G. (1995a). Arc Routing Problems, Part I: The Chinese Postman Problem. *Operations Research*, 43(2), 231-242.
- Emel, G. G., Taşkın, Ç., & Dinç, E. (2003). Yönsüz Çinli Postacı Problemi: Polis Devriye Araçları İçin Bir Uygulama.
- Euler, L. (1741). *Solutio Problematis Ad Geometriam Situs Pertinentis*. *Commentarii Academiae Scientiarum Petropolitanae*, 8, 128-140.
- Fleury, M. (1883). Deux Problemes De Geometrie De Situation. *Journal de Mathematiques Elementaires*, 2(2), 257-261.
- Florian, M. (1984). An Introduction To Network Models Used In Transportation Planning. *Transportation Planning Models: Proceedings of the Course Given at the International Center for Transportation Studies (ICTS), Amalfi, Italy, October 11-16, 1982*, 137.
- Ford, L. R., & Fulkerson, D. R. (1962). *Flows in networks*. 1962. Princeton U. Press, Princeton, NJ.
- Guan, M. (1984). On The Windy Postman Problem. *Discrete Applied Mathematics*, 9(1), 41-46.

- Hierholzer, C., & Wiener, C. (1873). Über die Möglichkeit, einen Linienzug ohne Wiederholung und ohne Unterbrechung zu umfahren. *Mathematische Annalen*, 6(1), 30-32.
- Laporte, G. (1997). Modeling And Solving Several Classes of Arc Routing Problems As Traveling Salesman Problems. *Computers & operations research*, 24(11), 1057-1061.
- Ross, D. F. (2016). *Introduction To E-Supply Chain Management: Engaging Technology To Build Market-Winning Business Partnerships*. CRC Press. Boca Raton, London, New York, Washington, D.C.
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2010). *The Handbook Of Logistics and Distribution Management*, 4th. Kogan Page, London, Philadelphia, New Delhi.