

Çinli Postacı Probleminin Genetik Algoritma ve Coğrafi Bilgi Sistemi QGIS İle Çözümü*

Hasan SÖYLER¹

Eda FENDOĞLU²

Öz

Günümüz piyasasında, hızla artan rekabet ortamı ve müşteri taleplerini hızlı ve etkin bir şekilde karşılamak için firmalar, dağıtım sistemlerine çok fazla bütçe ayırmaktadırlar. Bu nedenle firmalar ürün, hizmet ve bilgilerin minimum maliyet, minimum süre ve optimum rota elde edilecek şekilde taşınmasına çok daha fazla önem vermektedirler. Ele alınan problem, bir aracın bir mahalle içerisindeki bütün caddelere uğrayarak başladığı noktaya geri dönmesi problemidir. Literatürde Çinli Postacı Problemi (ÇPP) olarak adlandırılmaktadır. Bu çalışmada ÇPP olarak modellenen problem, Genetik Algoritma (GA) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımı olan QGIS programının eklentisi ile çözülmüştür. Her iki uygulama da optimal rotalar elde edilerek çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Optimal rotanın elde edilmesi ile zamanın ve maliyetin de minimizasyonu amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ayrıt Rotalama, Çinli Postacı Problemi, Genetik Algoritma, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS).

Solution of Chinese Postman Problem with Genetic Algorithm and Geographic Information System QGIS

Abstract

In today's marketplace, companies are allocating too much budget to distribution systems in order to supply with rapidly increasing competitive environment and customer demands quickly and effectively. For this reason, companies attach much more importance to the transport of products, services and information so that minimum cost, minimum time and optimum route can be obtained. The addressed problem is the problem of a vehicle returning to the starting point by going through all the streets in a neighborhood. In the literature, it is called the Chinese Postman Problem (CPP). The problem modeled as CPP in the study was solved by the Genetic Algorithm (GA) and Geographic Information System (GIS) software, which is solved with the plugin QGIS program. Optimal routes were obtained in both applications and the results were compared. It is aimed at minimizing the time and cost by obtaining the optimal route.

Keywords: Arc Routing, Chinese Postman Problem, Genetic Algorithm, Geographic Information System (GIS).

* Çalışma, 17-20 Ekim 2018 tarihlerinde düzenlenen 19. EYİ (Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması ve İstatistik Sempozyumu 2018) sempozyumunda "Çinli Postacı Probleminin Bir Sezgisel Algoritma ile Çözümü" başlıklı sunulmuş özet bildirinin genişletilmiş halidir.

¹ Dr. Öğretim Üyesi, İnönü Üniversitesi, hasan.soyler@inonu.edu.tr

² Dr., edafendoglu@hotmail.com

1.Giriş

Rotalama problemleri; düğüm rotalama (node routing) ve ayrıt rotalama (arc routing) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Durucasu, 2004:50). Düğüm ve Ayrıt rotalama problemleri, çizge kuramının temel konusu olan ağ (network) modellerinde en iyileme problemlerinin önemli konularındandır. Düğüm rotalama problemleri Gezgin Satıcı ve Araç Rotalama Problemlerini kapsarken, ayrıt rotalama problemleri ise Çinli Postacı Problemi (ÇPP) ve Kırsal Postacı Problemlerini kapsamaktadır. Düğüm rotalama problemlerinde Hamilton tur oluşturulurken, ayrıt rotalama problemlerinde Euler tur oluşturulmaktadır. Ayrıt rotalama problemi kapsamında ele alınan ÇPP çizge üzerindeki her ayrıttan en az bir defa geçerek en kısa turun (Euler tur) bulunmasını amaçlamaktadır (Emel v.d., 2003:122). Ayrıt rotalama problemlerinden olan ÇPP, 1962 yılında ilk defa Çinli bir matematikçi olan Mei-Ko Kwan (Mei-Gu Guan) tarafından incelenmiştir. Bu problem bir postacının postaneden aldığı mektupları şehirdeki bütün caddelere en az bir kez uğrayarak mümkün olan en kısa yoldan (Euler tur) dağıtmak istemesiyle ortaya çıkmıştır. Postacı başladığı noktaya geri dönmek zorundadır.

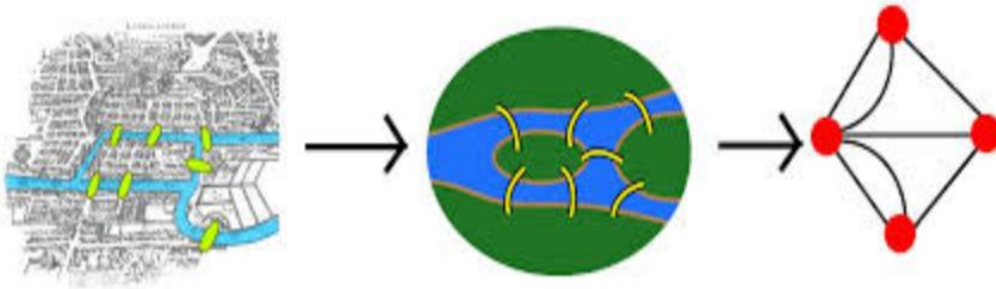
İlk olarak yedi köprülü Königsberg problemi ile; Euler tur kavramı ortaya çıkmıştır. Euler bağımlı yönsüz bir grafın yalnızca tüm köşelerinin tek dereceli olması durumunda Eulerian olduğu sonucuna varmıştır (Euler, 1736). Böylece Euler Yönsüz ÇPP' nin temelleri atılmış olmaktadır. Ford ve Fulkerson ÇPP için optimal rotanın bulunmasında en az bir defa her düğümü ve her ayrıtı kapsayan kapalı bit turun meydana gelmesindeki tekli bütünlük özelliğinin her düğüme giren ve çıkan ayrıt sayılarının eşit olması gerektiği şeklinde ifade etmişlerdir (Ford ve Fulkerson,1962). Eiselt ve arkadaşları Yönsüz ÇPP için bir G grafının bütün düğümlerinin tek dereceli olacak şekilde bir G grafına dönmesini amaçlayan bir eşleştirme problemi olarak çözülebilen problemi formüle etmişlerdir (Eiselt ve arkadaşları 1995). Emel ve arkadaşları bir polis devriye aracı için en kısa mesafeli eşleştirme yöntemi ile bir mahalleye ait minimum en iyi rotanın elde etmişler, Durucasu aynı problem için Microsoft Excel'de elektronik sonuç elde etmiş ve yolların akış yönlerini de bulmuştur (Emel vd. 2003, Durucasu, 2004). ÇPP probleminin genetik algoritma ile çözümü konusunda yapılan çalışmalar; Kırsal Postacı Probleminin (Rodrigues ve Ferreira 2001), Yönsüz Çinli Postacı Probleminin (Hua ve Li-Shan 2003), Karma Çinli Postacı Probleminin (Masuyama ve vd., 2006, Jiang ve vd., 2010), Karma Ağlarda Kapasite Kısıtlı Çinli Postacı Probleminin (Ma ve vd., 2014), servis araçlarındaki öncelikleri göz önünde tutan çok depolu K-Çinli

Probleminin (Rabbani ve Mohammadi, 2015) , kar araçları için çok depolu K-Çinli Postacı Probleminin (Akyurt ve vd., 2015) Genetik Algoritma (GA) ile çözümü olarak özetlenebilir.

Bu çalışmada, öncelikle ele alınan bir mahallenin içindeki caddelerinin/sokaklarının uzaklık matrisini elde etmek için açık kodlu Coğrafi Bilgi Sistemler (CBS) yazılımı olan QGIS 2.18.11 programı üzerinden uygulamanın yapılacağı mahallenin her bir cadde/sokak başına ve sonuna “ID” verilmiştir. Numaralandırılmış cadde/sokak düğümlerinin QGIS programında seçilmesi işleminden sonra hazırlanan excel ortamına aktarılmıştır. Elde edilen bu mesafe matrisinde optimal rotanın elde edilmesi için Matlab 2018Ra programı ile Genetik Algoritma (GA) – Toolbox ve QGIS programı eklentisi olan “Chinese Postman Solver” ile çözüm aranmış ve elde edilen çözümler karşılaştırılmıştır.

2.Euler Tur ve Çinli Postacı Problemi

Problem, Şekil 1’de de görüldüğü gibi kentin herhangi bir yerinden yola çıkıp, kentteki Pregel nehri üzerindeki Königsberg’ in yedi köprüsünden yalnızca bir kez geçerek başlangıç noktasına geri dönmenin mümkünlüğü tartışılmaktadır. Euler 1736 yılında yazdığı “Solution Problematis and Geometriam Situs Pertinentis” makalesi ile graf teorisinin temellerini atmıştır. Euler sayısız kitap ve makaleleri ile bu problemin çözülemeyeceğini söylemiştir (Euler, 1736).



Şekil 1. Königsberg’ in Yedi Köprüsü ve Graf Yapısı

Kaynak: Eroglu, 2015:1

Euler yol problemi, verilen bir grafın tüm kapsayan yolları veya döngülerini soran klasik bir graf teorisi problemidir. Euler’ e göre bir düğüme (node) bir kenar (edge) ile geliniyorsa bu düğümden ayrılmak için farklı bir yol gerekmektedir. Böylece bir düğümden giren çıkan yolların sayısına *düğüm derecesi* (node order) adını vermiştir. Eğer düğümün derecesi tek ise *tek dereceli düğüm* (odd node), çift ise *çift dereceli düğüm* (even node) denir. Bulunan düğüm derecelerine göre eğer derecesi tek olan düğüm varsa bu ya bitiş ya da başlangıç düğümü olmalıdır, aksi halde tüm yollar ziyaret edilmemiş olacaktır.

Guan' nın 1962 yılında tanımladığı Çinli Postacı Algoritmasının adımları ise aşağıda ki gibidir (Söyler ve Fendoğlu, 2018:16);

Adım 1: Tek dereceye sahip tüm tek düğümler listelenir.

Adım 2: Tek dereceli bütün düğüm çiftleri arasında olası eşleşme sağlanır.

Adım 3: Eşleşen düğüm çiftleri arasındaki en kısa yollar belirlenir.

Adım 4: Eşleşme arasında uzunluklar toplamı en kısa olanı belirlenir.

Adım 5: Başlangıçtaki grafa Adım 4 de elde edilen ayrıtlarda eklenir.

Adım 6: Çinli Postacı problemi için optimal rota uzunluğu, Adım 4 de bulunan ayrıt uzunlukları toplamı eklenmesi ile elde edilen tüm ayrıtların toplamıdır.

Adım 7: Bu minimum uzunluğa karşılık gelen rotalar daha sonra rahatlıkla elde edilebilir.

Problem, (A) ayrıtları sokakları ve (N) düğümleri bağlantı noktalarını temsil eden bir yönsüz $G = (N, A)$ grafi temsil edilmektedir.

Ayrıt (i, j) , i ve j düğümleri arasındaki yol

$x_{ij} = (i, j)$ arasındaki ayrıttan kaç kez geçildiğini gösteren değişken

$d_{ij} = (i, j)$ arasındaki ayrıtın uzunluğu olmak üzere ÇPP' nin matematiksel modeli aşağıdaki gibidir;

Amaç Fonksiyonu :

$$\text{Min } Z = \sum_{(i,j) \in A} d_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Kısıtlar:

$$x_{ij} + x_{ji} \geq 1 \text{ ve tamsayı } \forall (i, j) \in A \quad (2)$$

$$\sum_{i|(i,j) \in A} x_{ij} - \sum_{i|(j,i) \in A} x_{ji} = 0 \quad i \in N \quad (3)$$

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

(1) numaralı denklem; aracın/postacının atacağı turun toplam uzunluğudur ve amacımız bu uzunluğun minimizasyonudur.

(2) numaralı kısıt; aracın/postacının her bir caddeden en azından bir kere geçmesi gerektiğini belirtmektedir.

(3) numaralı kısıt; araç/postacı bir düğümden kaç defa çıkmışsa o düğüme o kadar defa girmiş olması gerektiğini belirtmektedir.

(4) numaralı kısıt; tamsayı olma şartıdır.

ÇPP ayrıt yönlerine göre yönlü, yönsüz ve karma olmak üzere üçe ayrılmıştır. Daha sonra bu üç probleme farklı kısıtların eklenmesiyle yeni ÇPP çeşitleri meydana gelmiştir (Karma, Hızlı, k-Çinli, Min-max k-Çinli, Kapasite Kısıtlı, Hiyerarşik Çinli Postacı Problemleri gibi) . Yönlü ve Yönsüz Çinli Postacı problemleri P sınıfına ait polonimal zamanda çözülen problemler iken, Karma Çinli Postacı Problemi is NP sınıfına ait problemlerdir (Emel ve vd., 2003:126).

ÇPP, katı atıkların toplanması, mektup dağıtımı, kar ve buz kontrolü, tuzlama, kar temizleme, cadde/sokak temizliği, polis devriye araçlarının çizelgelenmesi, süt ve gazete dağıtımı, okul servislerinin rotalanması, web sitesi kullanım tespiti, tesis planlanması gibi pek çok alana uygulanabilir (Thimbleby, 2003:1082-1084).

3.Yöntemler

3.1.Genetik Algoritma

Genetik algoritma ilk kez J.H. Holland tarafından 1975 yılında incelenmiştir. Son zamanlarda Goldberg (1989), Michalewicz (1992) ve Chambers (1995) optimizasyon problemlerinde GA' ların birkaç uygulamalarını tartışmışlardır.

Genetik Algoritmanın temel işleyişini ve çalışma başarısını belirleyen operatörler; *Kodlama, Yeniden Üretim, Çaprazlama ve Mutasyondur*. Genetik algoritmalarda kromozomlar, problem için olası çözümleri temsil ederler. Popülasyon kromozomlardan oluşmaktadır. Uygunluk fonksiyonunun hesaplanması ile elde edilen uygunluk değeri çözümün kalitesini gösterir. Seçilen bireylerin çaprazlama ve mutasyon operatörlerinden geçirilmesi ile yeni nesiller elde edilir. Birbirini takip eden yeni popülasyonların (jenerasyonların) elde edilmesi ve bunların da yeniden değerlendirilme döngüsü optimal bir çözüm elde edilinceye kadar devam etmektedir.

3.2.Coğrafi Bilgi Sistemleri

1970 yılında tamamlanan ve yedi yıllık bir çalışma olan Kanada Coğrafi Bilgi Sistemleri projesi CBS' nin temelini atmıştır ve daha sonra üzerine geliştirilen çalışmalar ve yazılımlar ile CBS günümüzde büyük önem arz etmektedir. Literatürde birçok akademik

çalışmalarda kullanılan CBS, kent rehberi, toplu taşıma güzergâhı, akıllı ve hızlı ulaşımı belirlemek amacıyla dünyada ulaşım ve lojistik firmaları, belediyeler ve diğer çeşitli kurumlar tarafından kullanılmaktadır. Alt yapısı farklı ölçeklerde harita sistemi olan CBS, bir sistem içerisinde yaşadığımız yeryüzüne ait bilgilerin toplanıp, depolanıp, modellenerek analiz edilmesi ve görüntülenmesi sonucu elde edilen bilgiler ile güvenilir ve hızlı ulaşımı sağlamaktadır (Mutlu, 2015:33).

Hem araç hem de bir sistem olarak kullanılan CBS' nin temel bileşenleri ve görevleri aşağıda ki şekildedir (Tecim, 2008:58-60);

Bileşenleri;

- ✓ Donanım ve yazılım araçları
- ✓ Coğrafi veriler
- ✓ Personel
- ✓ Amaç

Görevleri;

- ✓ Fazla sayıda bulunan verilerin depolanması, yönetilmesi ve entegre edilmesi
- ✓ Verilerin analiz edilmesi
- ✓ Kullanıcıya en uygun biçimde bilgi aktarımının sağlanabilmesi için verilerin organize edilip, yönetilmesidir.

CBS, ulaşım planlaması çalışmalarında, güzergah atamada, acil yardım araçlarının eş zamanlı güzergah atamasında, eş zamanlı trafik kontrolü ve kaza tespitinde, yol ve ulaşım tesisleri yönetiminde, internet tabanlı trafik ve akıllı ulaşım sistemleri ve araç navigasyon sistemleri gibi ulaşım alt yapısı gereken yerler ve bunlar dışında ziraat, sosyoloji, sağlık, finans, hidroloji ve jeoloji gibi bir çok farklı alanlarda da kullanılmaktadır (Mutlu ve Alver, 2015: 550).

Ele alınan çalışmada Açık Kaynak Coğrafya Vakfı (OSGeo) 'nın resmi projesi olan bir Coğrafi bilgi Sistemi yazılımı QGIS 2.18.11 programından faydalanılmıştır.

4.Bulgular

Bu çalışmada, öncelikle ele alınan Malatya iline ait «Küçük Hüseyinbey» mahallesinin cadde/sokaklar arası uzaklık matrisi elde edilmektedir. Bunun için QGIS 2.18.11 programı üzerinden uygulamanın yapılacağı mahallenin her bir cadde/sokak başına ve sonuna “ID” verilmiştir. Uygulamanın şekil anlatımında kolaylık olması için bu ID' lere Tablo 1'deki gibi harfler verilerek mahalle için mesafe matrisi Excel ortamına aktarılmıştır.

Tablo 1. Küçük Hüseyinbey Mahallesi QGIS Programı ile Elde Edilmiş Cadde/Sokak Mesafe Matrisi

Qgis de ki ID' ler	ID'lere Verilen Harfler	4355	4356	4447	4786	7664	7665	7668	7669	10516	10913	13566	14629
		A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M
4355	A	0	12	209,22	34,17								
4356	B	12	0										208,8
4447	C	209,22		0								106,64	18,6
4786	D	34,17			0			67,22					
7664	E					0	127,9			83,01			
7665	F					127,9	0		6,66				
7668	G				67,22			0	59,31		58,07		
7669	H						6,66	59,31	0				
10516	J					83,01				0		31	
10913	K							58,07			0		
13566	L			106,64						31		0	
14629	M		208,8	18,6									0

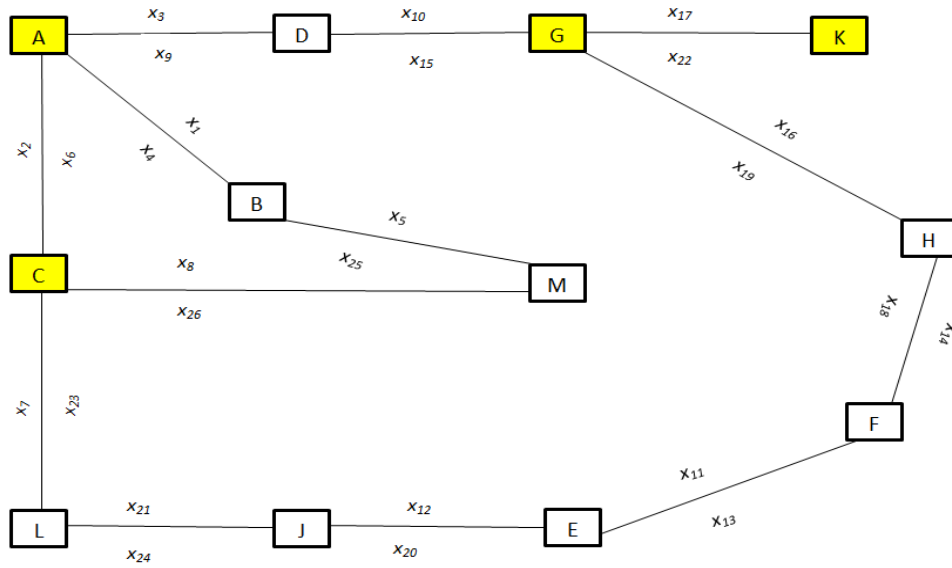
Bu uzaklık matrisine göre yolların simetrik ve yönsüz olduğu kabul edilerek Matlab GA-Toolbox da uygulama yapılabilmesi için her bir cadde/sokağa değişken isimleri verilmiştir (Tablo 2), (A 'dan B'ye x_1 , B'den A'ya x_4 değişkeninin temsil etmesi gibi. Gidiş ve dönüş mesafeleri ($x_1 = x_4 = 12$) eşittir).

Tablo 2. Caddelere/Sokaklara Değişken İsmi Verilmesi

$A - B = x_1$ (12m)	$G - D = x_{15}$ (67,22m)
$A - C = x_2$ (209,22m)	$G - H = x_{16}$ (59,31m)
$A - D = x_3$ (34,17m)	$G - K = x_{17}$ (58,07m)
$B - A = x_4$ (12m)	$H - F = x_{18}$ (6,66m)
$B - M = x_5$ (208,8m)	$H - G = x_{19}$ (59,31m)
$C - A = x_6$ (209,22m)	$J - E = x_{20}$ (83,01m)
$C - L = x_7$ (106,64m)	$J - L = x_{21}$ (31m)
$C - M = x_8$ (18,6m)	$K - G = x_{22}$ (58,07m)
$D - A = x_9$ (34,17m)	$L - C = x_{23}$ (106,64m)
$D - G = x_{10}$ (67,22m)	$L - J = x_{24}$ (31m)
$E - F = x_{11}$ (127,9m)	$M - B = x_{25}$ (208,8m)
$E - J = x_{12}$ (83,01m)	$M - C = x_{26}$ (218,6m)
$F - E = x_{13}$ (127,9m)	
$F - H = x_{14}$ (6,66m)	

Not: Yolların yönsüz ve simetrik olduğu kabul edilmiştir.

Tablo 2'de verilen değişkenler ile ele alınan "Küçük Hüseyinbey" mahallesi 26 tane değişkene sahiptir. Mahallenin graf gösterimi Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Küçük Hüseyinbey Mahallesi'nin Graf Hali

Mahalle 12 düğümden ve 13 ayrıttan (kenardan) oluşmaktadır. Şekil 2’de verilen grafta görüldüğü gibi A düğümünün **derecesi 3**, C düğümünün **derecesi 3**, G düğümünün **derecesi 3** ve K düğümünün **derecesi 1** olup, grafdaki bu düğümler tek dereceye sahiptirler ve bunlar sarı renkle belirtilmiştir.

4.1. Matlab GA-Toolbox ile Çözüm

Uygulama olarak Matlab R2018a programının Genetik Algoritma arayüzü kullanılmıştır. Öncelikle “Küçük Hüseyinbey” mahallesi'nin amaç fonksiyonunu belirleriz.

Amaç Fonksiyonu: $\text{Min } Z = \sum_{(i,j) \in A} d_{ij} x_{ij}$ olmak üzere Matlabda yazılan amaç fonksiyonu;

$$Z = 12*(x(1)+x(4))+209.22*(x(2)+x(6))+34.17*(x(3)+x(9))+208.8*(x(5)+x(25))+$$

$$106.64*(x(7)+x(23))+18.6*(x(8)+x(26))+67.22*(x(10)+x(15))+$$

$$127.9*(x(11)+x(13))+83.01*(x(12)+x(20))+6.66*(x(14)+x(18))+$$

$$59.31*(x(16)+x(19))+58.07*(x(17)+x(22))+31*(x(21)+x(24))$$

şeklindedir.

$\sum x_{ij} - \sum x_{ji} \geq 0$ için;

```
Aeq2=[-1 -1 -1 1 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;
      1 0 0 -1 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0;
      0 1 0 0 0 -1 -1 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1;
      0 0 1 0 0 0 0 -1 -1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;
      0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 -1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;
      0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 -1 -1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;
      0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 -1 -1 -1 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0;
      0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 -1 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0;
      0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 -1 -1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0;
      0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0;
      0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 -1 -1 0 0;
      0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 -1]
```

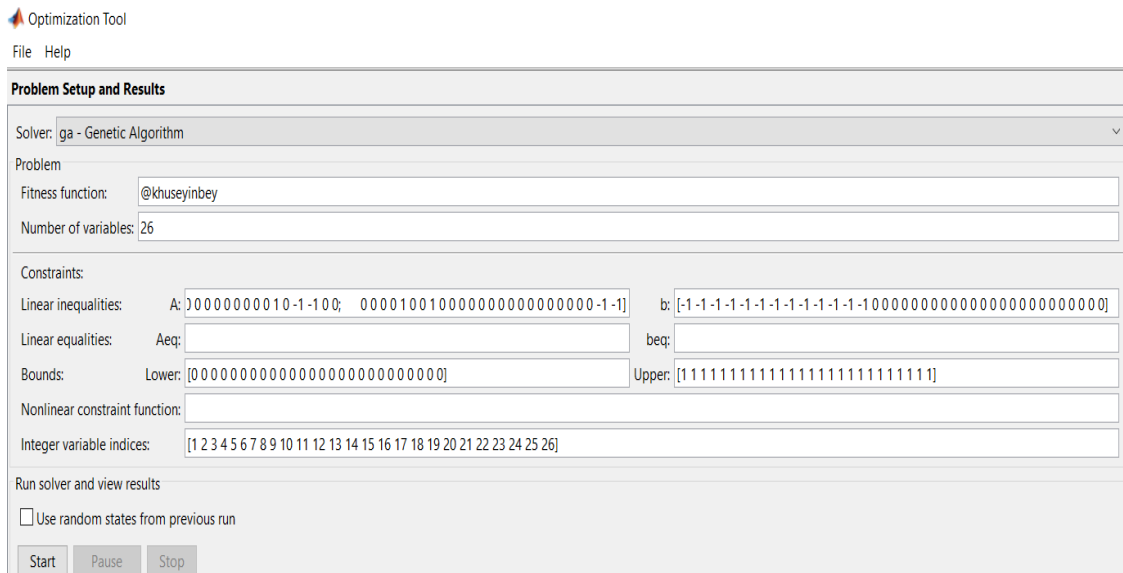
beq2= [0 0]

Kısıt 3: $x_{ij} \in \mathbf{0}$ ya da tamsayı $\forall(i,j) \in \mathbf{A}$ olduğundan dolayı alt ve üst sınırlar şöyledir:

Lower : [0 0]

Upper: [1 1]

Amaç fonksiyonu, değişkenleri ve kısıtları GA- Toolbox da yerlerine aşağıda ki Şekil 3’ de görüldüğü gibi yazılmaktadır.



Şekil 3. Matlab GA-Toolbox Verilerin Girildiği Ekran

Sonrasında Genetik Algoritma operatörlerinin en uygununun belirlenme işlemi yapılmıştır. Burada GA –Toolbox da tamsayı (integer) olduğu durumlarda özel fonksiyonların

seçilmesi gerekmektedir (https://www.mathworks.com/help/gads/mixed-integer-optimization.html#mw_f7142886-3a79-4f9b-8ad9-497a54e4b2cd Erişim tarihi:01/08/2018). Buna göre popülasyon türünün problemin tamsayı(integer) olmasından dolayı **Double Vector**, Yaratma fonksiyonu **Uniform**, Seçim fonksiyonu **Stochastic uniform**, Mutasyon **Constraint dependent**, Çaprazlama **Scattered** seçilmesi gerekmektedir. Seçim, Çaprazlama ve Mutasyon operatörleri bu belirlenenler dışında seçildiği takdirde program uyarı vermektedir. Popülasyon büyüklüğü problemimizin büyüklüğüne göre **100** olarak belirlenmiş, Crossover fraction **0.9** olarak seçilmiştir.

Bütün veriler girilip en uygun GA operatörleri de belirlendikten sonra elde edilen sonuçlar aşağıda ki Tablo 3’ de verilmiştir. Optimum yol uzunluğu tabloda da görüldüğü gibi 1289.89 m olarak belirlenmiştir. Birkaç deneme sonucunda 1289.89 m optimum uzunluğu iki kez elde etmiş ve her ikisinde de farklı rotalar çıktığı gözlemlenmiştir.

Tablo 3. Matlab GA-Toolbox Sonuçları

İterasyon Sayısı	Sonuç (Z değeri (m))
60	2045.2
64	1596.58
63	* 1289.89 (Alternatif Rota1)
58	1805.8
56	1320.07
59	1630.68
57	1851.33
59	1391.28
59	1734.59
60	1421.46
58	1495.19
61	*1289.89 (Alternatif Rota2)
56	1943.81
64	1540.72
55	1668.62

Çıkan sonuçlara göre her iki alternatif rota da (Şekil 4 ve Şekil 6) incelenmiş, her iki rota için 4 adet alternatif tur elde edilmiştir.

```

-----
Optimization running.
Objective function value: 1289.8900000000003
Optimization terminated: stall generations limit exceeded
and constraint violation is less than options.ConstraintTolerance.
    
```

Final point:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0

Şekil 4. Alternatif Rota 1'in GA-Toolbox Çıktısı

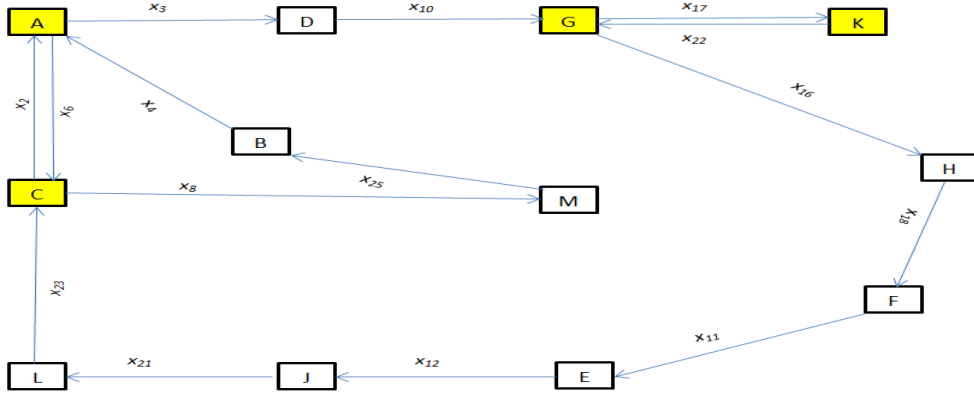
Şekil 4’de Alternatif Rota 2’nin sonucunun şöyle özetlenebilir:

$$x_1 = 0, x_2 = 1, x_3 = 1, x_4 = 1, x_5 = 0, x_6 = 1, x_7 = 0, x_8 = 1, x_9 = 0, x_{10} = 1, x_{11} = 0,$$

$$x_{12} = 1, x_{13} = 1, x_{14} = 0, x_{15} = 0, x_{16} = 1, x_{17} = 1, x_{18} = 1, x_{19} = 0, x_{20} = 0, x_{21} = 1,$$

$$x_{22} = 1, x_{23} = 1, x_{24} = 0, x_{25} = 1, x_{26} = 0$$

Şekil 5, Alternatif Rota 1’in Yönlü Graf halini göstermektedir:



Şekil 5. Alternatif Rota 1’in Yönlü Grafı

Başlangıç noktası “A” seçilerek elde edilen **Alternatif Rota 1** için elde edilen alternatif dört adet Euler turlar aşağıdaki gibidir;

Tur 1.1: A-D-G-K-G-H-F-E-J-L-C-M-B-A-C-A = 1289.89m

Tur 1.2: A-D-G-K-G-H-F-E-J-L-C-A-C-M-B-A = 1289.89m

Tur 1.3: A-C-M-B-A-D-G-K-G-H-F-E-J-L-C-A = 1289.89m

Tur 1.4: A-C-A-D-G-K-G-H-F-E-J-L-C-M-B-A = 1289.89m

Optimization running.
Objective function value: 1289.8900000000003
Optimization terminated: stall generations limit exceeded
and constraint violation is less than options.ConstraintTolerance.

Final point:

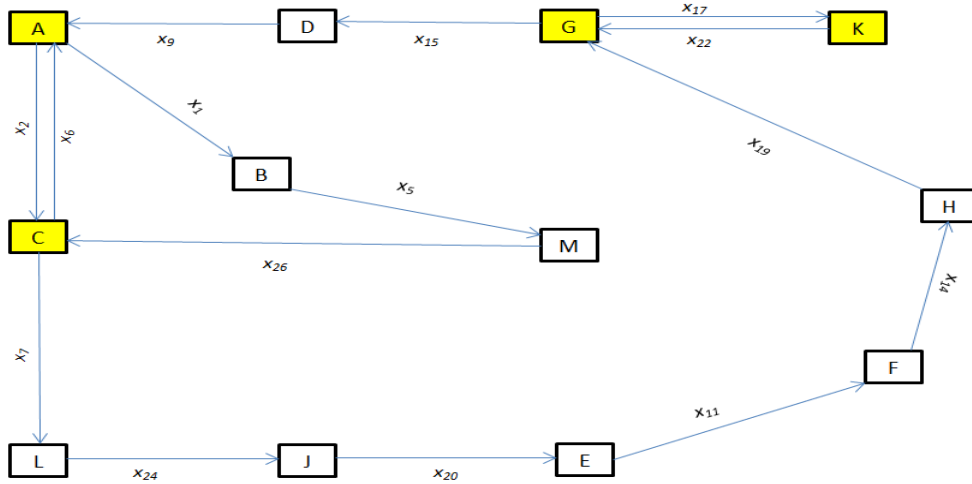
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1

Şekil 6. Alternatif Rota 2’in GA-Toolbox Çıktısı

Şekil 6'daki Alternatif Rota 2'nin sonuçları şöyle özetlenebilir:

$$x_1 = 1, x_2 = 1, x_3 = 0, x_4 = 0, x_5 = 1, x_6 = 1, x_7 = 1, x_8 = 0, x_9 = 1, x_{10} = 0, x_{11} = 1, \\ x_{12} = 0, x_{13} = 0, x_{14} = 1, x_{15} = 1, x_{16} = 0, x_{17} = 1, x_{18} = 0, x_{19} = 1, x_{20} = 1, x_{21} = 0, \\ x_{22} = 1, x_{23} = 0, x_{24} = 1, x_{25} = 0, x_{26} = 1$$

Şekil 7, Alternatif Rota 2'nin Yönlü Graf halini göstermektedir:



Şekil 7. Alternatif Rota 2'in Yönlü Grafı

Başlangıç noktası "A" seçilerek elde edilen **Alternatif Rota 2** için elde edilen alternatif dört adet Euler tur aşağıdaki gibidir;

Tur 2.1: A-B-M-C-A-C-L-J-E-F-H-G-K-G-D-A = **1289.89m**

Tur 2.2: A-B-M-C-L-J-E-F-H-G-K-G-D-A-C-A = **1289.89m**

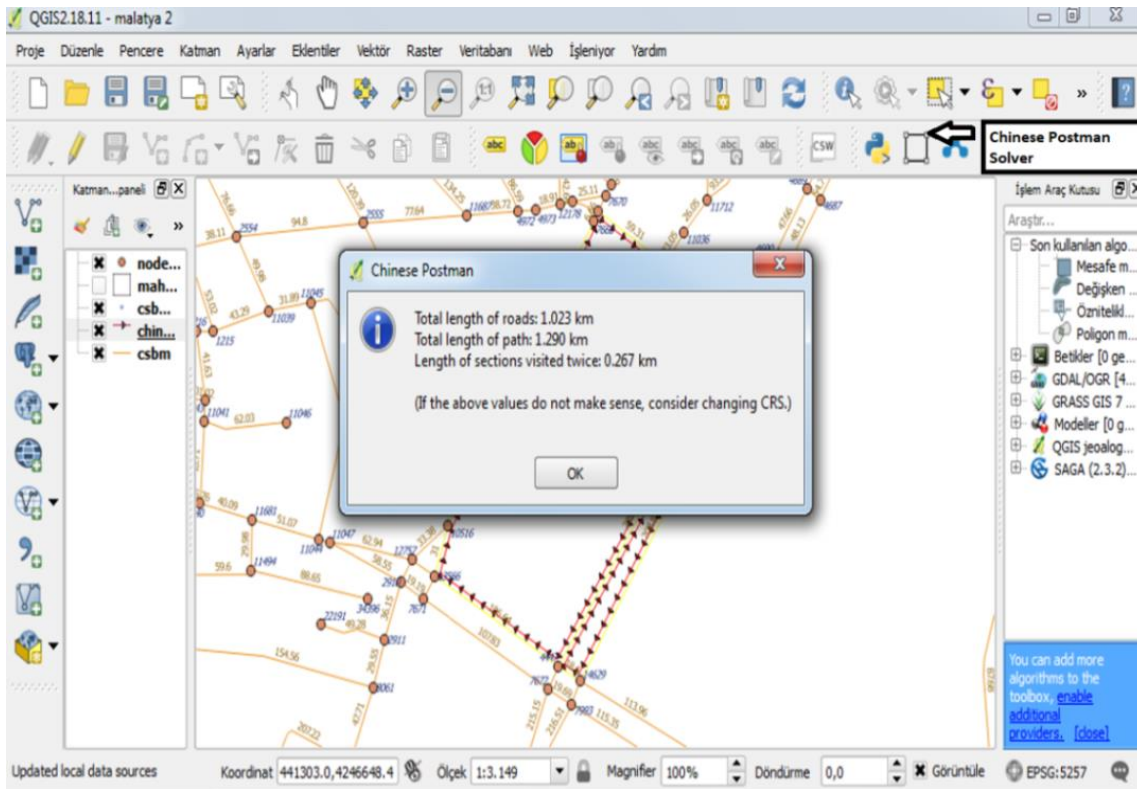
Tur 2.3: A-C-A-B-M-C-L-J-E-F-H-G-K-G-D-A = **1289.89m**

Tur 2.4: A-C-L-J-E-F-H-G-K-G-D-A-B-M-C-A = **1289.89m**

Hem Alternatif Rota 1, hem de Alternatif Rota 2 'de görüldüğü üzere, GA –Toolbox ayrılıkların akış yönlerini de vermektedir. Ayrıca her iki rotada da tek düğümler arası eşleşme aynı olup Şekil 10' da görüldüğü gibi A ile C, G ile K eşleşmiştir. Turun eşleşme olmadan önceki uzunluğu 1022.6 m olup A-C =209.22 m, G-K=58.07 m olup 209.22+58.07=267.29 m daha önceki uzunluğa dâhil edilerek toplam gidilen minimum mesafe 1022.6+267.29 = 1289.89 m olarak ortaya çıkmaktadır.

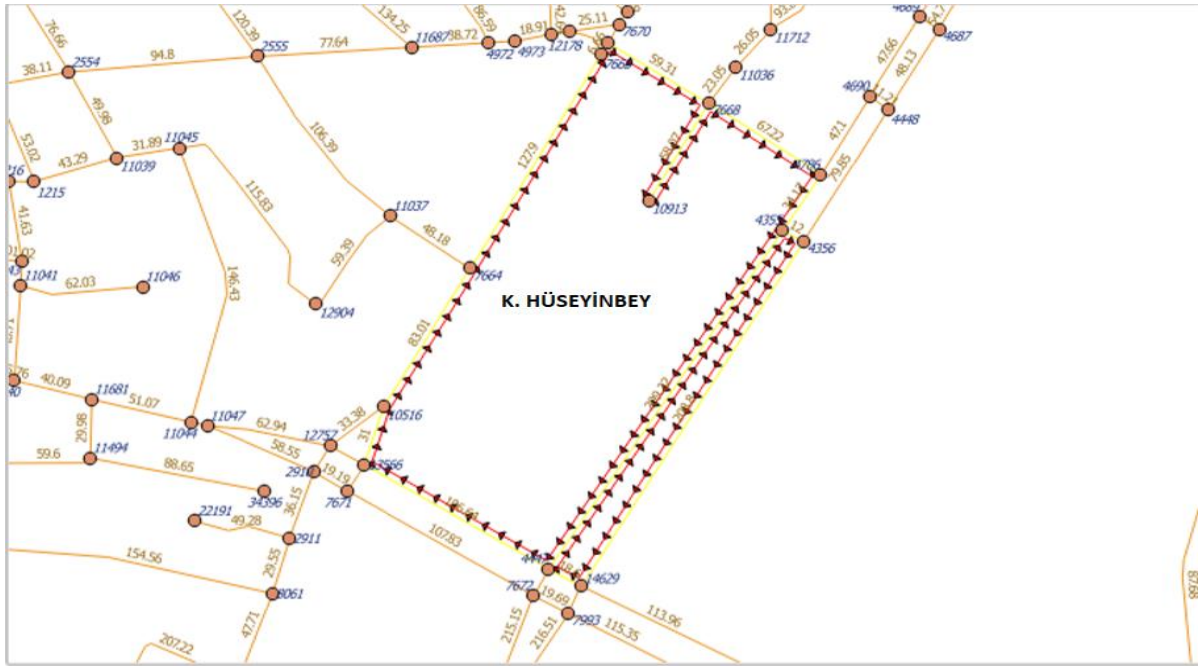
4.2.QGIS Eklentisi “Chinese Postman Solver” İle Çözüm

Şekil 8’de görüldüğü gibi sağ üst köşede bulunan “Chinese Postman Solver” eklentisi QGIS programına eklenmiştir (<https://plugins.qgis.org/plugins/chinesepostman/> Erişim tarihi: 01/08/2018). Sonra uygulamanın yapılacağı Küçük Hüseyinbey mahallesinin her bir cadde/sokağını (ayrıtları) seçilmiştir. Seçme işlemi sonucunda bu caddeler sarı renge dönüşmektedir. Seçme işlemi bittikten sonra çözücü çalıştırıldığında Şekil 8’deki gibi ayrı bir çözüm ekranı çıkmaktadır ve oklarla seçilen mahallenin cadde/sokaklarındaki rotayı göstermektedir:



Şekil 8. QGIS Programı “Chinese Postman Solver” Çözücüsünün Sonucu

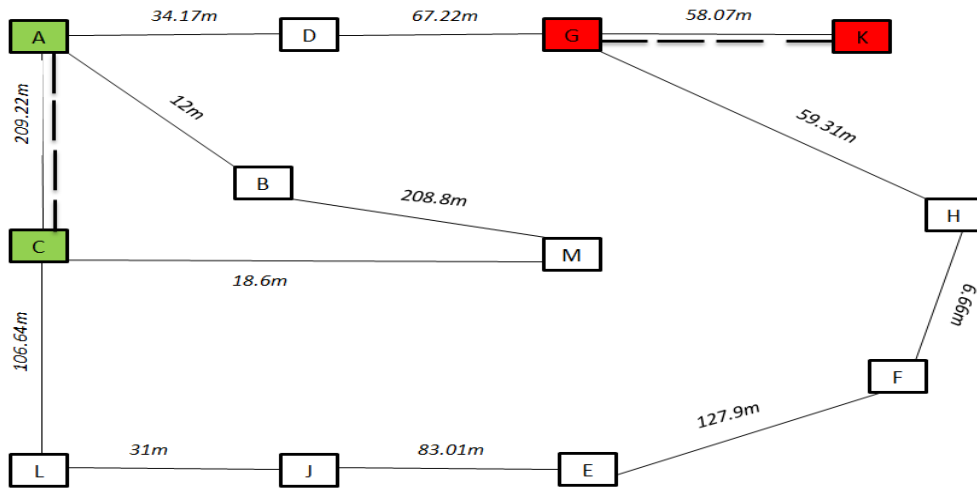
QGIS programı çözücüsüne göre çıkan sonuç (km cinsinden) toplam uzunluk 1.023 km, iki kez ziyaret edilecek uzunluk 0.267 km ve toplamda ki yolun uzunluğu $1.023+0.267 = 1.290$ km olarak çıkmıştır.



Şekil 9. Küçük Hüseyinbey Mahallesi QGIS Çözücüsünün Rotası

Şekil 9’da da görüldüğü gibi çift gidilen yollardan iki defa okların geçtiği görülmektedir. Kolaylık olması açısından Tablo 1’de ki gibi verdiğimiz harflendirme sistemine göre belirtilecek olursa 4355– 4447 ID ler arası yani kullanılan harf sistemine göre A - C arası ve 7668-10913 ID’ler arası yani G – K arası cadde/sokaklardan iki kez geçildiği görülmektedir.

Hem GA-Toolbox hem de QGIS-Chinese Postman Solver ile uygulaması yapılan Küçük Hüseyinbey mahallesi sonuçları aynı çıkmıştır. Çift gidilecek yollar Şekil 10’ da görüldüğü gibi her iki uygulama da aynı olup toplam mesafe GA- Toolbox da 1289.89 m, QGIS-Chinese Postman Solver da 1.290 km olduğu görülmektedir.



Şekil 10. GA-Toolbox ve QGIS Çözücüsünde Çıkan Sonucun Grafi

5. Sonuç

Çinli Postacı Probleminin optimal rotasını bulmak amacı Genetik Algoritma (GA) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımı olan QGIS eklentisi ile bulgusal ve sayısal uygulama yapılmıştır. Elde edilen cadde/sokak mesafe matrisine Matlab – GA toolbox üzerinde ve QGIS programının da “Chinese Postman Solver” eklentisi ile uygulama yapılmış, her iki program içinde çıkan sonuç karşılaştırılmıştır. GA-Toolbox’da çıkan sonuç, aynı zamanda ayrıtların akış yönlerini de vermektedir. Yapılan her iki uygulamada sonuçlar aynı çıkmış, optimal rotanın elde edildiği gözlemlenmiştir.

Optimal rotanın farklı alternatifleri de elde edilmekte olup özellikle trafik yoğunluğuna ve zaman kısıtına göre cadde/sokaklardan geçiş stratejilerinin de tercih edilebilmesi sağlanmıştır. Mahalledeki her bir ayrıttan gezinmesi sağlanarak optimal rotanın elde edilmesi ile harcanan yakıtın ve sürenin de minimizasyonu sağlanmıştır.

Hızlı ve kesine yakın çözüm veren sezgisel yöntemler bu tarz problemlerde rahatlıkla uygulanabilmektedir. Gelecekte farklı sezgisel yöntemler ile çözümler aranıp karşılaştırılabilir. Böylece karşılaştırmalar sonucu hangi yöntemin daha hızlı ve daha etkin çözümler verdiği ortaya çıkmış olacaktır.

Kaynakça

- AKYURT, İ.Z., KESKİNTURK, T., ve KALKANCI, Ç. (2015). Using genetic algorithm for winter maintenance operations: multi depot K-Chinese postman problem. *EMAJ: Emerging Markets Journal*, 5(1), 50-59.
- CHAMBERS, L. D. (1998). *Complex Coding Systems*. CRC Press, Inc..
- DURUCASU, H. (2004). Bir Polis Devriye Aracı Rotasının Elektronik Çalışma Sayfası Modeli Yardımıyla Belirlenmesi.
- EISELT, H. A., GENDREAU, M., and LAPORTE, G. (1995). Arc routing problems, part I: The Chinese postman problem. *Operations Research*, 43(2), 231-242.
- EMEL, G. G., TAŞKIN, Ç., ve DİNÇ, E. (2003). Yönsüz Çinli Postacı Problemi: Polis Devriye Araçları İçin Bir Uygulama.
- EROGLU E., (2015). A Single Chinese Postman Problem with Two Objectives, Middle East Technical University, Master Thesis, Industrial Engineering, Ankara, Turkey.
- EULER, L. (1736). Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis. *Comm. Acad. Sci. Imper. Petropol.*, 8, 128-140.
- FORD, L. R., and FULKERSON, D. R. (1962). Flows in networks princeton university press. *Princeton, New Jersey*, 276, 22.
- GUAN, M. (1962). Graphic programming using odd and even points. *Chinese Math.*, 1, 237-277.
- GOLDBERG, D. E. (1989). Genetic algorithm. *Search, Optimization and Machine Learning*, 343-349.

HOLLAND, J. H. (1975). Adaptation in Natural and Artificial Systems. *Ann Arbor, MI: University of Michigan Press.*

HUA, J., & LI-SHAN, K. (2003). Genetic algorithm for Chinese postman problems. *Wuhan University Journal of Natural Sciences*, 8(1), 316-318.

JİANG, H., KANG, L., ZHANG, S., and ZHU, F. (2010, October). Genetic algorithm for mixed chinese postman problem. In *International Symposium on Intelligence Computation and Applications* (pp. 193-199). Springer, Berlin, Heidelberg.

MA, Y., TIAN, G., and LI, X. (2014). Genetic Algorithm for the Capacitated Chinese Postman Problem on Mixed Networks. *Applied Mechanics & Materials*.

MASUYAMA, H., ICHIMORI, T., and SASAMA, T. (2006). On ability of orthogonal genetic algorithms for the mixed chinese postman problem. In *ICSOFT (1)* (pp. 39-46).

MICHALEWICZ, Z. (1992). Binary or Float?. In *Genetic Algorithms+ Data Structures= Evolution Programs* (pp. 75-82). Springer, Berlin, Heidelberg.

MUTLU M.,M., (2015). Üniversite Yerleşkesi Ulaşım Ana Planı Hazırlanması: Ege Üniversitesi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Ege Üniversitesi, İzmir.

MUTLU M., M., ve ALVER Y., (2015). Ulaşım Planlama Destek Sistemi Olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Ege Üniversitesi Ulaşım Ana Planı Örneği, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 11. Ulaştırma Kongresi Bildiriler Kitabı, İstanbul.

RABBANI M., and MOHAMMADI S. (2015). Modeling a Multi Depot K- Chinese Postman Problem with Consideration of Priorities for Servicing Arcs. *Advances in Industrial Engineering and Management*, Vol. 4, No. 2 ,147-156.

RODRIGUES, A. M., and FERREIRA, J. S. (2001, July). Solving the rural postman problem by memetic algorithms. In *Proceedings of the 4th Metaheuristic International Conference (MIC'2001), Porto, Portugal* (pp. 679-684).

SÖYLER, H., ve FENDOĞLU, E. (2018). Malatya Büyükşehir Belediyesi İlaçlama Araçlarının Güzergâhlarının Optimizasyonu. *Alphanumeric Journal*, 6(1), 13-24.

TECİM, V., (2008). Coğrafi Bilgi Sistemleri Harita Tabanlı Bilgi Yönetimi, Renk Form Ofset Matbaacılık, Ankara.

THİMBLEBY, H. (2003). The directed chinese postman problem. *Software: Practice and Experience*, 33(11), 1081-1096.

<https://www.mathworks.com/help/gads/mixed-integer-optimization.html#bs1cifg> Erişim Tarihi: 01.08.2018.

https://www.mathworks.com/help/gads/mixed-integer-optimization.html#mw_f7142886-3a79-4f9b-8ad9-497a54e4b2cd Erişim Tarihi: 01.08.2018.

<https://plugins.qgis.org/plugins/chinesepostman/> Erişim tarihi: 01.08.2018.