

Vehicle Routing Solution for Cargo Companies: A Case Study in Kırıkkale

Barış UYAR

barissuyaar@gmail.com

Özet:

Bu çalışmada, “Araç Rotalama Problemi” konu alındı. Araç rotalama problemi kısaca, müşteri taleplerini karşılayacak ürün dağıtımına ait optimum rotaların tasarlanması problemidir. Genetik algoritma kullanılarak araç rotalarındaki en kısa mesafeyi bulmak hedeflenir. Genetik algoritmanın büyük ölçekli problemleri etkin bir şekilde çözebilmesi ve kısa sürede optimuma yakın çözümler üretebilmesi özelliğinden yararlanılır. Toplu taşıma araçlarında, dağıtım alanlarında, kargo şirketlerinde veya seyahat ederken bu sistem kullanılabilir. Bu sistem sayesinde zaman tasarrufu, yakıt tasarrufu, insan gücü ve maliyeti en az seviyelere düşürülmektedir. Bu araç rotalama sistemi test edilirken Kırıkkale şehrinde bulunan farklı noktalardan koordinat bilgileri ile denendi. Sistemimiz kargo dağıtımı için uyarlandı. Hem zamandan hem de maliyetten tasarruf edilmesini sağlayan bir çözüm sunuldu.

Anahtar Kelimeler: Araç Rotalama Problemi, Genetik Algoritma, Yapay Zeka

Abstract:

The subject of this study is the “Vehicle Routing Problem”. In short, the vehicle routing problem is the problem of designing optimum routes for product distribution to meet customer demands. By using genetic algorithm, it is aimed to find the shortest distance on vehicle routes. The ability of the genetic algorithm to solve large-scale problems effectively and to produce near-optimal solutions in a short time is utilized. This system can be used in public transportation vehicles, distribution areas, cargo companies or while traveling. With the help of this system, time saving, fuel saving, manpower and cost are reduced to minimum levels. While testing this vehicle routing system, it was tried with coordinate information from different points in the city of Kırıkkale. Our system is adapted for cargo distribution. A solution was presented that saves both time and money.

Keywords: Vehicle Routing Problem, GeneticAlgorithm, Artificial Intelligence

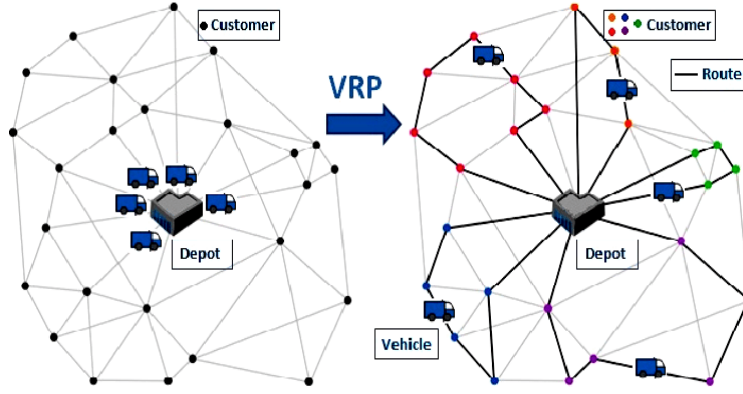
1. Introduction

Araç rotalama problemi, bir merkezden yönlendirilen araç veya araçların; uğrayacağı konumlardan minimum mesafe ve maliyet ile dağıtım ve/veya toplama görevini gerçekleştirmesi için en uygun rotanın bulunmasını amaçlayan bir optimizasyon problemidir. Okul/personel servis güzergâhı, posta/kargo dağıtımı, çöp toplama gibi uygulama alanlarında kullanılmaktadır. Araç rotalama problemi, aldığı kısıtlar ile çeşitli türlere ayrılmaktadır[1]. Günümüzde nüfus artışı ve dijitalleşme ile birlikte özellikle e-ticaret siteleri üzerinden çok sayıda ürün alışverişi yapılmakta ve sıklıkla iade talebi oluşturulmaktadır. İşletmeler için ürünlerin dağıtımı ve geri toplanması, talebin sık karşılaşıldığı sektörlerde yüksek lojistik maliyetler yaratmaktadır. Aynı zamanda müşterilerin hızlı teslimat talebi gibi detaylar düşünüldüğünde belli bir iş gücü, zaman ve maliyet sorunu ortaya çıkmaktadır.

Araç rotalama problemine literatürde ilk olarak, "Dantzig ve Ramser" tarafından 1959 yılında yapılan çalışmada karşılaşılmaktadır[2]. Dantzig ve Ramser, bir akaryakıt istasyon servisi

ağında, akaryakıt tankerlerinin ana istasyon ile servis istasyonları arasında optimum mesafede dağıtımını sağlamak üzerine çalışmışlardır.

Deposundan harekete başlayıp sonrasında yine depoya dönen, müşterilerin ihtiyaçlarını belirli kısıtlar altında karşılayan, taşıma maliyetlerinin veya kat edilen yolun her bir araç için minimize edildiği rotalar belirlenmiştir[3]. Şekil 1’de tek depo üzerinden gerçekleştirilmiş bir dağıtım ağı gösterilmektedir. Dağıtım sonunda araçlar tekrardan depoya dönmektedir.



Şekil 1. Tek Depolu Dağıtım Şeması

İşletmelerin lojistik ve dağıtım maliyetlerinin büyük çoğunluğunun ulaştırma maliyetlerinden kaynaklanmasından ötürü dağıtım maliyetlerinin ve insan gücü kullanımının en aza indirilmesi, işletme sahipleri için önemlidir[3]. Dağıtım maliyetlerini azaltmak ve alıcılara sunulacak hizmeti kaliteli hale getirmek için, en kısa zaman ve mesafeyi elde edebilmek büyük önem arz etmektedir. Araç rotalama probleminde, depo veya depolardan yola çıkacak olan araçlar farklı noktadaki alıcıların ihtiyaçlarını karşılamaya çalışmaktadır. Bunu yaparken amaç, en hızlı teslimatı yapmak maliyeti de en aza indirmektir. Böylece hem rakip firmalarla yarış sağlanabilmekte hem de müşteri memnuniyeti kazanılabilmektedir. Aynı zamanda maliyet de minimize edildiği için büyük bir kâr oranı elde edilebilecektir. Araç rotalama yapılırken şu varsayımlar dikkate alınmalıdır[4]:

- Müşterilerin talepleri karşılanmalıdır.
- Her varış noktası tek bir araç tarafından sadece bir defa ziyaret edilmelidir.
- Araçlar yola depodan başlamalı ve tekrar depoya dönerek yolu sonlandırmalıdır.
- Güzergâh üzerinde bulunan müşterilerin toplam talep miktarı, aracın toplam kapasitesi ile karşılaştırılmalı ve talep miktarı, araç kapasitesinden fazla olmamalıdır. Fazla olması durumunda iki seçenek vardır. Ya kapasitesi fazla olan araç o güzergâha yönlendirilmelidir ya da güzergâh ikiye bölünerek iki araç yola çıkmalıdır.
- Her bir araç sadece bir rota üzerinde faaliyetgöstermelidir.

Yapılan araştırmalara göre araç rotalama probleminin en çok kullanıldığı alanlar bir depodan belirli müşteri noktalarına ürün dağıtımı[3-4], okul taşıtı güzergâhlarının belirlenmesi [5], atık toplama[6], kargo dağıtımı[7], yiyecek, içecek, ekmek vb. ürünlerin dağıtımı[8], mobil uygulamalar üzerinden yapılan atıştırma, süt ürünleri, yiyecek, kişisel bakım ürünleri, teknolojik ürünler vb. ürünlerin dağıtımı[9], stok alanından malzeme toplanması[10], kargo uçaklarının rotalarının belirlenmesi[11], posta, gazete dağıtımı, devriye araçlarının rotalarının belirlenmesidir[12].

Dağıtım sorunlarında amaç fabrikalardan depolara, depolardan müşterilere dağıtım yapabilmek için rotaların belirlenmesini sağlamaktır. Rotalar belirlenirken talep en kısa

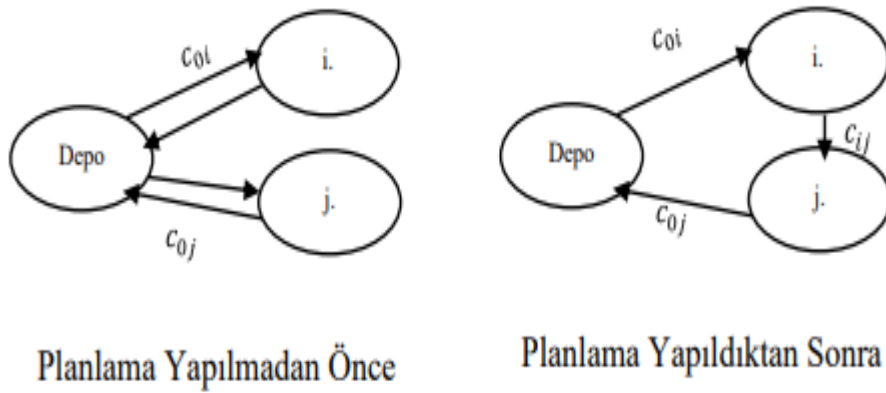
mesafede, en az insan gücü ve maliyet ile bu sorunu çözmek olacaktır. Ulaşım sektöründeki amaç ise toplu taşıma araçları veya okul servis araçlarının rotalarının belirlenmesini sağlamaktır. Atık toplama probleminde ise amaç hastaneler gibi farklı sağlık sektörlerinde veya atık merkezlerinden alınan atıkların, atık arıtma merkezlerine taşınması ile ilgili kullanılması gereken araç sayısı ve gidilecek olan güzergâh mesafesini en az tutabilmektir. Araç rotalama problemi, toplam mesafeyi minimize edecek taşıma güzergâhının belirlenmesi şeklinde tanımlanabilmektedir. Güzergâh belirlenmesinde gözetilen ölçüt ise toplam taşıma mesafesinin minimizasyonudur[13].

2. Material and Method

Araç rotalama problemi, içerdiği kısıtlar ve değişkenler nedeni ile zor bir optimizasyon problemidir. Problem kısıtlarına bağlı olarak birçok çeşidi ve çözüm yöntemi bulunmaktadır. Bu çalışmada, rotalama probleminin çözümünde aşağıdaki yöntemler kullanılmıştır.

2.1 Clarke ve Wright Tasarruf Algoritması

En yaygın araç rotalama problemi çözme yöntemlerindedir. Clarke ve Wright, 1964 yılında tasarruf algoritması olarak önermişlerdir[14]. Araç sayısı problemin ana değişkeni olarak alınmaktadır. Yöntem ile en uygun rota belirlenirken, gerekli olan optimum araç sayısı da belirlenmektedir. En büyük tasarruf değerinden başlanır ve rotalar belirlenir. Tasarruf algoritmamız aşağıdaki şekil 2 üzerinde gösterilmiştir[15].



Şekil 2. [15]

$$S_{ij} = (C_{0i} + C_{0i} + C_{0j} + C_{0j}) - (C_{0i} + C_{ij} + C_{0j}) \quad (1)$$

$$S_{ij} = C_{i0} + C_{0j} - C_{ij} \quad (2) \quad [15].$$

Denklem 1'deki tasarruf miktarı (S_{ij}), i. müşteri ve j. rotanın aynı turda hizmet almasından kaynaklanan bir maliyet tasarrufudur. Bu maliyet tasarrufu iki bağımsız turun birleştirilmesi ile ortaya çıkmaktadır. Her zaman tasarruf yönteminde, en büyük tasarrufu sağlayan (i, j) ikilisi, müşteri talebi ve araç kapasitesi kısıtları dikkate alınarak seçilir. Bütün müşterilerin araçlara atanmasına kadar bu işlem tekrarlanır[4].

2.2 En Kısa Yol Yöntemi

Tek deponun(merkezi nokta) bulunduğu ve araçların belirli bir kapasiteye sahip olduğu araç rotalama problemine uygulanabilen bu yöntemin mantığı, güzergâh noktaları arasındaki mesafe ve araç kapasitelerine göre araçlara alıcı(müşteri, güzergâh noktası, durak vb.) atanmasıdır[16]. En kısa yol yöntemi şu şekilde uygulanmaktadır;

1. Güzergâha depodan başlanır. İlk araca depoya en yakın müşteri atanır.
2. Güzergâha atanan müşteriye en yakın, güzergâhta olmayan noktalar incelenir. Eğer müşteriye en yakın iki nokta varsa, her biri için ayrı çözüm dalları oluşturulur.
3. Eğer müşteri direkt olarak depo ile bağlantılı değilse ve müşteriye en yakın başka müşteri ile depo aynı mesafede ise süreç yine ikiye ayrılarak yeni çözümler oluşturulur.
4. Eğer araç kapasitesi güzergahta bulunan alıcı talebini karşılayamıyorsa güzergâh ikiye ayrılır ve iki araç yönlendirilir.
5. Çözümler ayrı ayrı hesaplanarak en uygun çözüm seçilir.

2.3 Genetik Algoritma

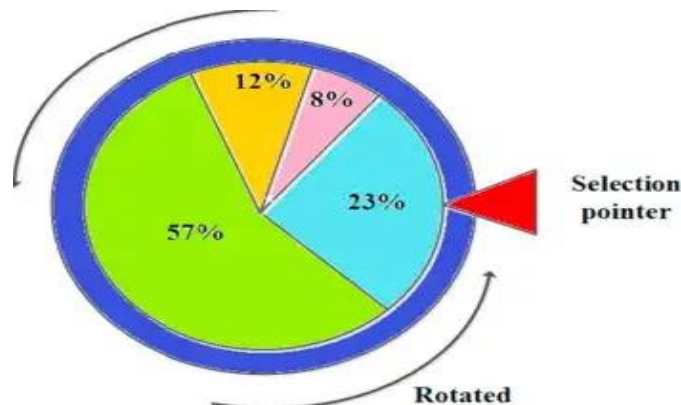
İlk olarak 1970’li yıllarda John HOLLAND tarafından literatüre girmiştir [17]. Bir tür en iyi çözümü arama algoritmasıdır. Bir probleme olası pek çok çözümün içerisinde en uygunu bulmaya çalışan bir algoritmadır. Optimum ya da optimuma yakın sonuçların araştırıldığı bir arama yöntemi olarak tanımlanabilir[18].

Başlangıç olarak sezgisel olarak bir çözüm belirlenir. Buna başlangıç popülasyonu denir. Bu çözümde çözümün her bir parametresi gen olarak düşünülürken çözümün tamamına ise kromozom adı verilir[18].

Araç rotalama problemi için ele alındığında, A’dan Z’ye kadar bulunan rotalar beşli güzergâh (AZKLD gibi)olarak harflendirilir ve gen olarak atanır. Tüm güzergâh ise kromozom olarak adlandırılır. İki kromozomun çaprazlanmasıyla ya da mutasyona uğratılmasıyla yeni nesil kromozomlar üretilir. Mutasyon ile genlerin üzerinde küçük değişiklikler yapılarak kısır döngüye girmesi engellenir. Bu işlemler uygulandıktan sonra seçim aşamasına gelinir. Seçim aşamasında amaç, popülasyon birey sayısının aynı kalması için uygunluk değeri diğerlerine göre kötü olan kromozomun popülasyondan uzaklaştırılmasıdır. Uygunluk değeri diğerlerinden kötü olan bireylerle yola devam edilmemiştir. Bu seçim yöntemleri şu şekildedir[19];

2.3.1 Rulet Seçimi

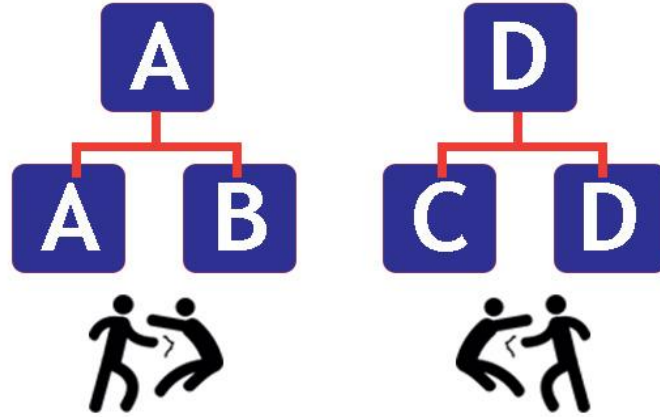
Bir çark belirlenir ve çarka kromozomların mesafesi yüzdesel olarak eklenir. Çark çevrildiğinde mesafesi çok olan kromozomun çıkma olasılığı diğerlerinden fazla olacaktır[19]. Bu nedenle çarkı çevrildiğinde çıkan sonucunpopülasyondan uzaklaştırılması gerekir. Fakat, düşük ihtimalli seçeneklerin de çıkma ihtimali durumu göz ardı edilir. Şekil 3’te Rulet Seçim Çarkı örneği gösterilmiştir.



Şekil 3. Rulet Seçim Çarkı

2.3.2 Turnuva Seçilimi

Turnuva seçilimi aşamasında, ikili kromozom eşleştirmeleri yapılır. Uygunluk değeri az olan kromozom popülasyonda kalırken uygunluk değeri kötü olan kromozom popülasyondan uzaklaştırılır[19]. Şekil 4’te turnuva seçilimi temsili diyagramı verilmiştir.



Şekil 4. Turnuva Seçilimi Temsili Diyagram

2.3.3 Sıralı Seçim

Sıralı seçim yönteminde en kötü uygunlukta olan kromozoma 1 değeri verilir, ondan daha iyi olana 2, daha iyisine 3 değeri verilerek devam edilir.

Genetik algoritma optimum çözümü bulabilir fakat bunun en iyi çözüm olduğunu garanti etmez[20]. Çözüm ilk iterasyonlarda hızlı bir şekilde iyileşme sağlar, optimuma yaklaştıkça iyileşme durumu yavaşlar. Belirlenen iterasyon sayısı elde edilen çözümün kalitesinde etkili olacaktır. Ne kadar çok iterasyon gerçekleştirilirse çözüm o kadar iyileşme sağlayacaktır fakat, iterasyon sayısı arttıkça çözüm süresinin de artacağı dikkate alınmalıdır [21].

3. Uygulama ve Bulgular

Bu çalışmada Kırıkkale’nin Yahşihan ilçesinde bulunan, bir adet dağıtım deposu ve yirmi üç adet dağıtım noktasına sahip bir kargo firması için ulaştırma maliyetlerini en aza indirgeyecek güzergâhlar belirlenmeye çalışılmıştır. Firma, dağıtım/toplama görevlerini sağlayabilmek için farklı kapasitelerde 10 adet araç kullanmaktadır. Bu araçlardan 4 tanesi 15 adet kargo kapasitesine sahip elektrikli dağıtım araçlarıdır. 1 araç 70 adet kargo taşıma kapasitesine sahiptir. 2 araç da 100 adet kargo taşıma kapasitesine sahiptir. Geriye kalan 3 araç ise 130 adet kargo taşıma kapasitesine sahiptir. Yapılan vaka çalışmasında, Yahşihan ilçesi sınırları içerisinde bulunan 23 adet güzergâha dağıtılacak 712 adet kargo bulunmaktadır. Kırıkkale ili Yahşihan ilçesi sınırları çerçevesinde yapılan bu çalışmada, dağıtım noktalarına ilişkin koordinatlar Tablo 1’de verilmiştir.

Güzergâh noktaları sisteme karışık olarak verilmiştir çünkü sistem tüm hesaplamaları yaparak en iyi rotayı bulacaktır. Tablo 1 ‘de görüldüğü gibi her nokta bir harf ile temsil edilmiştir.

Tablo 1.Güzergâh noktaları

ADI	HARF KODU	ENLEM	BOYLAM
YAŞIHAN KARGO DAĞITIM DEPOSU	DEPO	39.84617447897217	33.517761148958876
PODİUM AVİM	A	39.856189879376075	33.484694830303845
YAŞIHAN NAMİK KEMAL İLKOKULU	B	39.85178180014411	33.4530560862711
AYBİMAŞ MARKET	C	39.87094792532678	33.45627846795215
KIRIKKALE OTOGARİ	D	39.856372364927275	33.484622742804916
KIRIKKALE YÜKSEK İHTİSAS HASTANESİ	E	39.86196573424522	33.48309438564966
KIRIKKALE POLİS EVİ	F	39.8511904155852	33.49368562132508
HACİBEY TOKİ	G	39.86931399306143	33.474826035711594
DOĞA PARK SİTESİ	H	39.86081056952189	33.542872307236564
CİĞERCİ BAHRİ	I	39.86602507598874	33.45999512437387
YENİÇAĞ MARKET	J	39.86215017730261	33.502157581427994
IRMAK KASABASI	K	39.936203276769284	33.39390243938334
YENİ ASUDE SİTESİ	L	39.85801198928801	33.48255768243857
TİP FAKÜLTESİ HASTANESİ	M	39.87202103129301	33.4529929937709
ZİRAAT BANKASI YENİŞEHİR	N	39.86801224694222	33.455208041686966
KILIÇLAR REFİK ALTAŞ İLKÖĞRETİM OKULU	O	39.85445611452987	33.46417002330724
ÖZEL YAŞAM HASTANESİ	P	39.85016700435409	33.500828146736005
KİM MARKET	R	39.87168723709241	33.45737891515665
TÜRKAN HATUN ERKEK ÖĞRENCİ YURDU	S	39.87634268393422	33.458225129681246
TATLI KRİZİ	T	39.87323871090256	33.458607893899
MKE SİLAH FABRİKASI	U	39.830924575067066	33.47495078041123
RESİDORM ÖĞRENCİ YURDU	V	39.88314080272683	33.45259354274867
KÖFTECİ YUSUF	Y	39.91866865338675	33.43435299601455
KIRIKKALE GÜZEL SANATLAR LİSESİ	Z	39.85985810020425	33.52523602009928

Vaka çalışması aşağıdaki adımlarla gerçekleştirildi;

1-Her noktaya en az bir defa uğranıldı.

2-Varılan her nokta aynı araçla terk edildi.

3-Her araç dağıtım rotasına, depoda başlamış ve depoda bitirdi.

4- Araç kapasitesi ve güzergâh üzerindeki talep edilen ürün miktarı karşılaştırılmıştır. Eğer talep miktarı kapasiteden fazla ise güzergâh ikiye bölünmüş ve farklı bir araç daha yönlendirilmiştir. Araç sayısı yetmediği durumlarda ise araç depoya dönmüş ve tekrardan dağıtımına çıkarıldı.

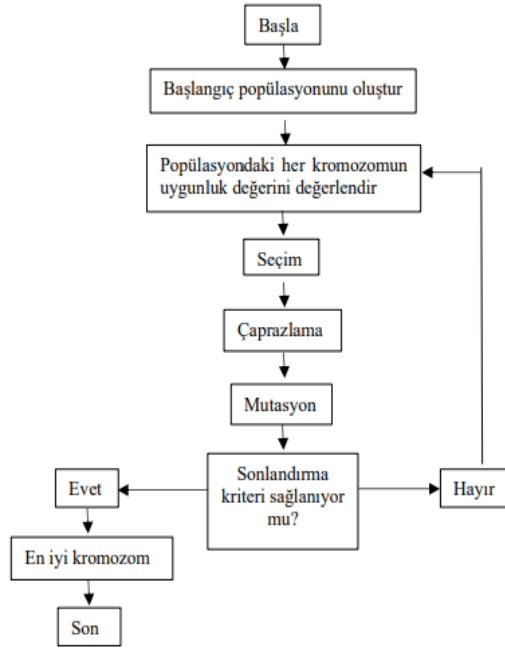
5- Dağıtım noktaları ve depo noktası arasındaki mesafeler belirlidir ve herhangi bir durumdan (yol çalışması, kaza, hava şartları vb.) etkilenmediği varsayıldı.

6-Herhangi bir zaman süresi ve servis süresi kısıtı bulunmamaktadır fakat en iyi çözümün zamandan ve maliyetten en tasarruflu çözüm olduğu benimsendi.

Problemde genetik algoritmanın kullanılması için hesaplamayı sağlayabilecek bir yazılıma ihtiyaç duyulmaktadır. Hesaplar çok uzun süreceği için elle hesap yapmak mümkün değildir. Bu amaç doğrultusunda bir yazılım geliştirildi.

İlk olarak, uygulama verileri program veri tabanına eklendi. Yazılımın işleyişi genetik algoritmanın çalışma prensibi doğrultusunda çalıştırıldı. İlk olarak bir başlangıç popülasyonu

oluşturuldu. Uygunluk değerine göre seçim aşamasına geçildi. Bu problemin uygunluk fonksiyonu en az yakıt ve en hızlı teslimat olacak şekilde belirlendi. Seçim aşamasından sonra en iyi seçenekler(kromozomlar) arasında çaprazlama yapılarak daha iyi sonuçlar elde edilmesi hedeflendi. Daha sonrasında bir kromozom üzerinde mutasyon işlemi yapılarak sistemin kısır döngüye girmesi engellendi. Mutasyon oranı, mutasyon sayısı, popülasyon büyüklüğü, iterasyon sayısı gibi değişkenler problem çeşidine göre ayarlandı. Tüm bu süreçler sonlandırma kriteri olan iterasyon sayısı kadar tekrar ettirildi ve sonunda ulaşılan uygunluk değeri en iyi güzergâh tercih haline getirildi. Bu çalışma prensibi Şekil 5'te gösterildi.



Şekil 5. Genetik Algoritma Akış Diyagramı

Tüm bu işlemleri rahatça takip edebilmek, olası hataları denetlemek ve iterasyon sayısı boyunca çizilen rotaların hepsini gözlemleyebilmek açısından arayüz geliştirilmiştir. Bu arayüzde sol tarafta güzergâh noktaları, bu güzergâh noktalarının enlem-boylam değerleri ve son olarak talep miktarları yer aldı. Sağ tarafında ise iterasyon sayısı kadar güzergâh, bu güzergâhların uzunluğunun kaç km olduğu ve bu güzergâh için kaç araç kullanılacağı belirtildi. Arayüze ait görsel Şekil 6'da görülmektedir.

Başlangıç İşlemleri	
Adı - Enlem - Boylam - Talep Miktarı	
0 - Depo - 39,8461744789722 - 33,5177611489589 - 712	
1 - A - 39,8561898793761 - 33,4846948303038 - 132	
2 - B - 39,8517818001441 - 33,4530568062711 - 34	
3 - C - 39,8709479253268 - 33,4562784679522 - 18	
4 - D - 39,8563723649273 - 33,484622428049 - 41	
5 - E - 39,8619657342452 - 33,4830943856497 - 29	
6 - F - 39,8511904155852 - 33,4936856213251 - 24	
7 - G - 39,8693139930614 - 33,4748260357116 - 32	
8 - H - 39,8608105695219 - 33,5428723072366 - 32	
9 - I - 39,8660250159807 - 33,4599951243739 - 8	
10 - J - 39,8621501773026 - 33,502157581428 - 13	
11 - K - 39,9362032767693 - 33,3939024393833 - 31	
12 - L - 39,858011989288 - 33,4825576824386 - 19	
13 - M - 39,872021031293 - 33,45299937709 - 35	
14 - N - 39,8680122469422 - 33,455208041687 - 19	
15 - O - 39,8544561145299 - 33,4641700233072 - 29	
16 - P - 39,8501670043541 - 33,500828146736 - 37	
17 - R - 39,8716872370924 - 33,4573789151567 - 12	
18 - S - 39,8763426839342 - 33,4582251296812 - 50	
19 - T - 39,8732387109026 - 33,45860793899 - 13	
20 - U - 39,8309245750671 - 33,4749507804112 - 18	
21 - V - 39,8831408027268 - 33,4525935427487 - 48	
22 - Y - 39,9186866533868 - 33,4343529960146 - 17	
23 - Z - 39,8598581002042 - 33,5252360200993 - 13	

İk Toplam tüm bireyleri oluşturuldu.	
1. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: LGYETR -- FPNS -- BCZOM -- DUHI -- A -- JV -- K, Toplam Yol: 75, Kullandığı Araç Sayısı: 7	
2. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: EMBO -- CTULD -- GIPFJZ -- RSH -- NYV -- A -- K, Toplam Yol: 65, Kullandığı Araç Sayısı: 7	
3. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: EMBO -- CTULD -- GIPFJZ -- VKY -- SHR -- N -- A, Toplam Yol: 59, Kullandığı Araç Sayısı: 7	
4. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: EMBO -- CTULD -- GIPFJZ -- VKY -- SHR -- N -- A, Toplam Yol: 59, Kullandığı Araç Sayısı: 7	
5. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: EMBO -- CTULD -- GIPFJZ -- VKY -- SHR -- N -- A, Toplam Yol: 59, Kullandığı Araç Sayısı: 7	
6. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: ZHLE -- PUFV -- ODLK -- YBM -- SRG -- TNC -- A, Toplam Yol: 55, Kullandığı Araç Sayısı: 7	
7. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: HBZYL -- CPEJTR -- SONK -- MDF -- GUV -- A, Toplam Yol: 83, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
8. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: ZPJDF -- LETKO -- UNBYHI -- MCGR -- VS -- A, Toplam Yol: 64, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
9. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: ZPJDF -- LETKO -- UNBYHI -- MCGR -- VS -- A, Toplam Yol: 64, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
10. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: ZPJDF -- LETKO -- UNBYHI -- MCGR -- VS -- A, Toplam Yol: 64, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
11. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: ZPJDF -- LETKO -- UNBYHI -- MCGR -- VS -- A, Toplam Yol: 64, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
12. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: ZPJDF -- LETKO -- UNBYHI -- MCGR -- VS -- A, Toplam Yol: 64, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
13. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: ZPJDF -- LETKO -- UNBYHI -- MCGR -- VS -- A, Toplam Yol: 64, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
14. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: ZPJDF -- LETKO -- UNBYHI -- MCGR -- VS -- A, Toplam Yol: 64, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
15. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: ZPJDF -- LETKO -- UNBYHI -- MCGR -- VS -- A, Toplam Yol: 64, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
16. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: ZHBP -- DFEM -- OULINYR -- TKV -- CSG -- A, Toplam Yol: 56, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
17. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: ZHBP -- DFEM -- OULINYR -- TKV -- CSG -- A, Toplam Yol: 56, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
18. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: ZHBP -- DFEM -- OULINYR -- TKV -- CSG -- A, Toplam Yol: 56, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
19. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: ZHBP -- DFEM -- OULINYR -- TKV -- CSG -- A, Toplam Yol: 56, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
20. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: ZHBP -- DFEM -- OULINYR -- TKV -- CSG -- A, Toplam Yol: 56, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
21. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: ZHBP -- DFEM -- OULINYR -- TKV -- CSG -- A, Toplam Yol: 56, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
22. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: ZHBP -- DFEM -- OULINYR -- TKV -- CSG -- A, Toplam Yol: 56, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
23. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: ZHBP -- DFEM -- OULINYR -- TKV -- CSG -- A, Toplam Yol: 56, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
24. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: ZHPL -- DFECU -- RMBYK -- TOIS -- GVN -- A, Toplam Yol: 49, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
25. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: ZHPL -- DFECU -- RMBYK -- TOIS -- GVN -- A, Toplam Yol: 49, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
26. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: ZHPL -- DFECU -- RMBYK -- TOIS -- GVN -- A, Toplam Yol: 49, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
27. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: ZHPL -- DFECU -- RMBYK -- TOIS -- GVN -- A, Toplam Yol: 49, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
28. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: ZHPL -- DFECU -- RMBYK -- TOIS -- GVN -- A, Toplam Yol: 48, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
29. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: ZHPL -- DFECU -- RMBYK -- TOIS -- VNG -- A, Toplam Yol: 46, Kullandığı Araç Sayısı: 6	

Şekil 6. Arayüz (Başlangıç Durumu)

Şekil 6'da verilen arayüz görseli incelendiğinde, ilk iterasyonda toplam yolun 75 km olduğudur. 75 km'lik bir mesafe için 7 adet araç kullanılmıştır. Şekil 7'de verilen arayüz görselinde ise 300 iterasyon sonucunda toplam mesafenin 40 km'ye araç sayısının da 6'ya düşürüldüğü görülmektedir.

KIRIKKALE KARGO DAĞITIM ROTASI	
İşlem Durumu	
Araçlar Rotaları	
Başlangıç İşlemleri	
Adı - Enlem - Boylam - Talep Miktarı	
0 - Depo - 39,8461744789722 - 33,5177611489589 - 712	
1 - A - 39,8561898793761 - 33,4846948303038 - 132	
2 - B - 39,8517818001441 - 33,4530560862711 - 34	
3 - C - 39,8709479253268 - 33,4562784679522 - 18	
4 - D - 39,8563723649273 - 33,4846227428049 - 41	
5 - E - 39,8619657342452 - 33,4830943855497 - 29	
6 - F - 39,8511904155852 - 33,4938565213251 - 24	
7 - G - 39,8693139930614 - 33,4742826035716 - 32	
8 - H - 39,8608105695219 - 33,5428723072366 - 32	
9 - I - 39,8660250759887 - 33,4599951243739 - 8	
10 - J - 39,8621501773026 - 33,502157581428 - 13	
11 - K - 39,93262032767693 - 33,3939024393833 - 31	
12 - L - 39,858011989288 - 33,4825576824386 - 27	
13 - M - 39,872021031293 - 33,4529929537709 - 35	
14 - N - 39,8680122469422 - 33,45208041687 - 19	
15 - O - 39,85445651145289 - 33,4641700233072 - 29	
16 - P - 39,8501670043541 - 33,500828146736 - 37	
17 - R - 39,8716872370924 - 33,4573789151567 - 12	
18 - S - 39,8763426839342 - 33,4582251296812 - 50	
19 - T - 39,8732387109026 - 33,458607893899 - 13	
20 - U - 39,8309245750671 - 33,4749607804112 - 18	
21 - V - 39,8831408027268 - 33,4525935427487 - 48	
22 - Y - 39,9186686533868 - 33,4343529960146 - 17	
23 - Z - 39,8598581002042 - 33,5252360200993 - 13	
171. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
172. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
173. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
174. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
175. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
176. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
177. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
178. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
179. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
180. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
181. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
182. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
183. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
184. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
185. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
186. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
187. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
188. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
189. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
190. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
191. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
192. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
193. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
194. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
195. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
196. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
197. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
198. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
199. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	
200. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: PHZJL -- DFECU -- BRYKM -- IOTS -- VNG -- A, Toplam Yol: 40, Kullandığı Araç Sayısı: 6	

Şekil 7. Arayüz (Sonuç Durumu)

Bu çalışmada, Kırıkkale ilinde yapılan bir kargo firmasına ait araç rotalama vaka çalışmasında, genetik algoritma ile daha iyi bir sonuç elde edilmesi sağlanmıştır. Hesaplanan güzergahların Pazar günü hariç haftanın diğer günleri kat edildiği düşünüldüğünde ayda 840 km'lik bir tasarruf elde edildiği görülebilir.

Kullanılan ilk rotada araçların kat ettiği mesafelerde iyi bir dağılım olmadığı gözlemlenmektedir. Genetik algoritma ile bulunan çözümde ise araçların kat ettiği mesafelerde çok daha düzgün bir dağılım gerçekleştirilmiştir. Toplam güzergâh içerisinde düz çizgi “-“ ile yapılan ayırım kromozom içerisindeki genlere örnektir. Her bir gen bir aracın gideceği rotayı vermektedir. Tüm genlerin toplamı ise kromozom kabul edilmiştir. Programımızı çalıştırırken kullanacağımız iterasyon sayısı sonucumuzu bariz bir şekilde etkileyecektir. Programımız her çalıştırılmasında en optimum(en iyiye yakın) çözümü bulmayı amaçlamaktadır.

4. Conclusion

Araç rotalama problemi günlük hayatta sıklıkla karşılaştığımız bir sorundur. Yanlış rotalamalar yapıldığında israfın çok olduğu bir uygulama alanıdır. E-ticaret sitelerinin yaygınlaşması ile genellikle kargo şirketleri için bir uygulama alanı olarak düşünülse de ekmek dağıtım fabrikaları, toplu taşıma araçları, polis devriye araçları ve atık toplama araçları için de uygulanabilir bir alandır. Türkiye ölçeğinde küçük bir ilçe olan Yahşıhan ilçesi için kısıtlı güzergâhta yapılan bu vaka çalışmasında bile yaklaşık 840 km tasarruf yapılmasının ötesinde güzergâh mesafesini %46.6 azalttığı görülmüştür. Dolaylı olarak bu iyileştirmenin, Türkiye ölçeğinde ele alındığında ciddi oranda maddi ve çevresel katkılarının olacağı ön görülmektedir. Bu sayede zamandan tasarruf sağlanırken maddi açıdan da oldukça ciddi bir iyileştirme yaşanacaktır. Ayriyeten doğamız için de çok daha sağlıklı bir ortam bırakılmasında etkin rol oynayacaktır.

Günümüzdeki işletmecilerin daha çok deneyimlerine güvenmelerinden ve böyle bir teknolojiyen haberdar olmadıklarından kullanmayı daha az tercih etseler de bu sistemin gelecekte hayatın her alanında kullanılacağı düşünülmektedir.

REFERENCES

- [1] Christofides, N. (1976). The vehicle routing problem. *Revue française d'automatique, informatique, recherche opérationnelle. Recherche opérationnelle*, 10(V1), 55-70.
- [2] Iswari, T., & Asih, A. M. S. (2018, April). Comparing genetic algorithm and particle swarm optimization for solving capacitated vehicle routing problem. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 337, No. 1, p. 012004). IOP Publishing.
- [3] Keskindürk, T., Topuk, N., & Özyeşil, O. (2015). Araç rotalama problemleri ve çözüm yöntemleri. *İşletme Bilimi Dergisi*, 3(2), 77-107.
- [4]. DÜZAKIN, E., & DEMİRCİOĞLU, M. (2009). Araç rotalama problemleri ve çözüm yöntemleri. *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(1), 68-87.
- [5] Uzumer, E., & Tamer, E. R. E. N. (2012). Okul servisi rotalama problemi: bir uygulama. *International Journal of Engineering Research and Development*, 4(2), 26-29.
- [6] Güvez, H., Dege, M., & Eren, T. (2012). Kırıkkale’de araç rotalama problemi ile tıbbi atıkların toplanması. *International Journal of Engineering Research and Development*, 4(1), 41-45.
- [7] Atmaca, E. (2012). Bir kargo şirketinde araç rotalama problemi. *Tünav Bilim Dergisi*, 5(2), 12-27.
- [8] Kaçmaz, O. Önce dağıt sonra topla araç rotalama problemleri ve bir bayinin rota planlaması (Master's thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- [9] Erdoğan, E. C., Çopur, O., Güven, S., Güneri, A. Ö., Tanış, D., Yavuz, A. B., ... & Yapıcıel, Z. HIZLI TÜKETİM ÜRÜNLERİ SEKTÖRÜ DİSTRİBÜTÖRLERİ İÇİN PERİYODİK ROTALAMA PROBLEMİ. SİSTEM TASARIMI PROJE ÖZETLERİ, 55.
- [10] Duman, N. O. (2016). Fabrika içi stok rotalama problemi için filo yapısı ve çevrimsel taşıma çizelgelerinin belirlenmesi (Master's thesis, TOBB University of Economics and Technology, Graduate School of Engineering and Science).
- [11] Özger, A. (2015). Havayolu Kargo Taşımacılığında Ana Dağıtım Üssü Yerleşim Problemine Tamsayılı Model Yaklaşımı (Doctoral dissertation, Anadolu University (Turkey)).
- [12] Söyler, H., & Fendoğlu, E. (2019). Çinli Postacı Probleminin Genetik Algoritma ve Coğrafi Bilgi Sistemi QGIS İle Çözümü. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, 10(1), 39-56.
- [13] Şeker, Ş. (2007). Araç rotalama problemleri ve zaman pencereli stokastik araç rotalama problemine genetik algoritma yaklaşımı, 30-31 (Ünsal, 2000).
- [14] Singanamala, P., Reddy, D., & Venkataramaiah, P. (2018). Solution to a multi depot vehicle routing problem using K-means algorithm, clarke and wright algorithm and ant colony optimization. *International Journal of Applied Engineering Research*, 13(21), 15236-15246.
- [15] ULUTAŞ, A., BAYRAKÇIL, A. O., & KUTLU, B. (2017). ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİNİN TASARRUF ALGORİTMASI İLE ÇÖZÜMÜ: SİVAS’TA BİR EKMEK FIRINI İÇİN UYGULAMA. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 18(1), 185-197.

- [16] YAZGAN, H. R., ERCAN, S., & ARSLAN, C. (2014). TALEP VE KAPASİTE KISITLI OPTİMİZASYON PROBLEMİ İÇİN YENİ BİR MELEZ ALGORİTMA. *Endüstri Mühendisliği*, 25(1), 16-28.
- [17] Kumar, M., Husain, D. M., Upreti, N., & Gupta, D. (2010). Genetic algorithm: Review and application. *Available at SSRN 3529843*.
- [18] Çolak, S. (2010). Genetik algoritmalar yardımı ile gezgin satıcı probleminin çözümü üzerine bir uygulama. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 19(3), 423-438.
- [19] Razali, N. M., & Geraghty, J. (2011, July). Genetic algorithm performance with different selection strategies in solving TSP. In *Proceedings of the world congress on engineering* (Vol. 2, No. 1, pp. 1-6). Hong Kong, China: International Association of Engineers.
- [20] SİSTEMLERİNİN, S. D., KAHRAMAN, A. M., & ÖZDAĞLAR, D. (2004). SU DAĞITIM SİSTEMLERİNİN GENETİK ALGORİTMA İLE OPTİMİZASYONU. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6(3), 1-18.
- [21] Eroğlu, H., & Şişman, Y. (2020). Arazi toplulaştırması dağıtım işleminde tek amaçlı genetik algoritmanın kullanılması. *Geomatik*, 5(2), 91-99.