

# GENETİK ALGORİTMA İLE ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH GENETIC ALGORITHM

Barış UYAR

Elektrik Elektronik Mühendisliği

Kırıkkale Üniversitesi

barissuyaar@gmail.com

## Özet

Bu çalışmada, genetik algoritma kullanılarak araç rotalarındaki en kısa mesafeyi bulan bir sistem geliştirilmiştir. 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. Geliştirilen sistem C# programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir. Bu araç rotalama sistemi test edilirken Kırıkkale şehrinde bulunan farklı noktalardan koordinat bilgileri ile denenmiştir.

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

## Abstract

In this project, a system has been developed that finds the shortest distance on vehicle routes using genetic algorithms. This system can be used in public transportation vehicles, distribution areas, cargo companies or while traveling. Through this system, time saving, fuel saving, manpower and cost are reduced to minimum levels. The developed system was developed using C# programming language. This vehicle routing system, it was tested with coordinate information from different points in the city of Kırıkkale.

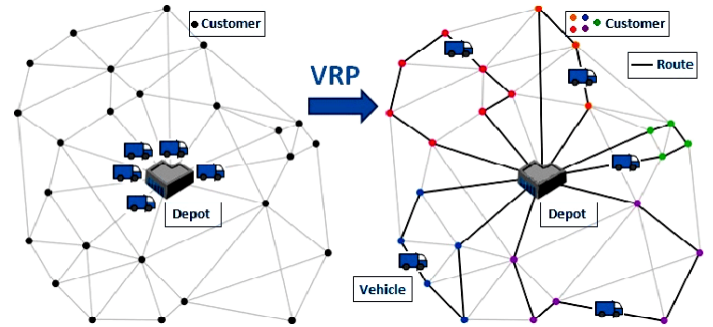
Keywords: Vehicle Routing Problem, Genetic Algorithm, Artificial Intelligence

## 1.Giriş

Araç rotalama, bir depodan belirli müşterilere ürün dağıtımını ve belirli müşterilerden ürün toplanması olarak

tanımlanabilir. Günümüzde nüfus artışı ile birlikte çok sayıda ürün alım ve iade talebi oluşmaktadır. İşletmelerde, ürünlerin dağıtım sırasında karşılaşılan bu problem, bazı sektörlerde yüksek maliyetlere neden olmaktadır. Aynı zamanda müşterinin talebi hızlı teslimat olmasıdır. Tüm bu detaylar düşünüldüğünde belli bir iş gücü, zaman ve maliyet sorunu ortaya çıkmaktadır.

Literatürde araç rotalama problemine çözüm üretmek için geliştirilen birçok yöntem bulunmaktadır. Araç rotalama problemi "Dantzig ve Ramser" tarafından 1959 yılında literatüre kazandırılmıştır. Bu çalışmada, benzin istasyonlarına benzin dağıtımını üzerinde durulmuştur. 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.



## 2.Araç Rotalama Problemi

İşletmelerin lojistik ve dağıtım maliyetlerinin büyük çoğunluğu ulaştırma maliyetlerinden kaynaklandığından ötürü dağıtım maliyetlerinin ve insan gücü kullanımının en aza indirilmesi, işletme sahipleri tarafından önemli hale gelmiştir. Dağıtım maliyetlerini azaltmak ve alıcılara sunulacak hizmeti kaliteleştirmek için, en kısa zaman ve mesafeyi elde edebilmek büyük

önem arz edecek duruma gelmiştir. Araç rotalama probleminde, depo veya depolardan yola çıkacak olan araçlar farklı noktadaki alıcıların ihtiyaçlarını karşılamaya çalışmaktadır. Bunu yaparken amaç, en hızlı teslimatı yapmak ve bunu yaparken maliyeti de en aza indirmektir. Böylelikle hem rakip firmalarla yarış sağlanabilir hem de müşteri memnuniyeti kazanılabilir. Aynı zamanda maliyet de minimize edildiği için büyük bir kâr oranı elde edilebilecektir. Araç rotalama yapılırken şu varsayımlar dikkate alınmalıdır;

- 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 faaliyet göstermelidir.

### 3.Araç Rotalama Problemi Kullanım Alanları

Yapılan araştırmalara göre araç rotalama probleminin en çok kullanıldığı alanlara göz atarsak bunlar;

- 1-Bir depodan belirli müşteri noktalarına ürün dağıtımı
- 2- Okul taşıtı güzergahlarının belirlenmesi
- 3-Atık toplama
- 4- Kargo dağıtımı
- 5-Yiyecek, içecek, ekmek vb. ürünlerin dağıtımı
- 6-Mobil uygulamalar üzerinden yapılan atıştırmalık, süt ürünleri, yiyecek, kişisel bakım ürünleri, teknolojik ürünler vb. ürünlerin dağıtımı
- 7- Stok alanından malzeme toplanması
- 8- Kargo uçaklarının rotalandırılması
- 9- Posta, gazete dağıtımı
- 10- Devriye araçlarının rotalanmasıdır.

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

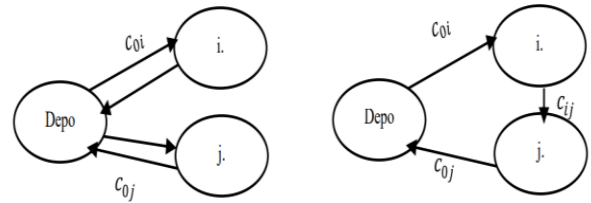
kısa mesafede, en az insan gücü ve maliyet ile bu sorunu çözebilmek olacaktır. Ulaşım sektöründeki amacımız ise toplu taşıma araçları veya okul servis araçlarının rotalarının belirlenmesini sağlamaktır. Atık toplama problemimizde ise amacımız hastaneler gibi farklı sağlık sektörlerinde veya atık merkezlerinden alınan atıkların, atık arıtma merkezlerine taşınması ile ilgili kullanılması gereken araç sayısı ve gidilecek olan güzergâh mesafesini en az tutabilmektir.

## 4.Metotlar

Bu çalışmada kullanılmış olan metotlar şunlardır;

### 4.1 Clarke ve Wright Tasarruf Algoritması

Araç rotalama problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden birisidir. 1964 yılında Clarke ve Wright'ın geliştirmiş olduğu bir tasarruf algoritmasıdır. Bu algoritma, araç sayısının değişken kabul edildiği problemlerde uygulanmaktadır. Algoritma ile en uygun rotalar belirlenirken gerekli olan araç sayısı da hesaplanabilmektedir. En büyük tasarruf değerinden başlanır ve rotalar belirlenir. Tasarruf algoritmamız aşağıdaki şekil üzerinde gösterilmiştir.



Algoritmadan önce

Algoritmadan sonra

### 4.2 En Kısa Yol Yöntemi

Tek deponun bulunduğu kapasiteli araç rotalama problemine uygulanabilen bu yöntemin mantığı, güzergâh noktaları arasındaki mesafe ve araç kapasitelerine göre araçlara alıcı atanmasıdır. En kısa yol yöntemi şu şekilde uygulanmaktadır;

- 1.Güzergâha depodan başlanır. İlk araca depoya en yakın alıcı atanır.
2. Güzergâha atanan alıcıya en yakın, güzergâhta olmayan noktalar incelenir. Eğer alıcıya en yakın iki nokta varsa, her biri için ayrı çözüm dalları oluşturulur.
3. Eğer alıcı direkt olarak depo ile bağlantılı değilse ve alıcıya en yakın başka alıcı ile depo

aynı mesafede ise süreç, yine ikiye ayrılarak yeni çözümler oluşturulur.

4.Eğer araç kapasitesi güzergahta bulunan alıcı talebini karşılayamıyorsa güzergah ikiye ayrılır ve iki araç yönlendirilir.

5. Çözümler ayrı ayrı hesaplanarak en uygun çözüm seçilir.

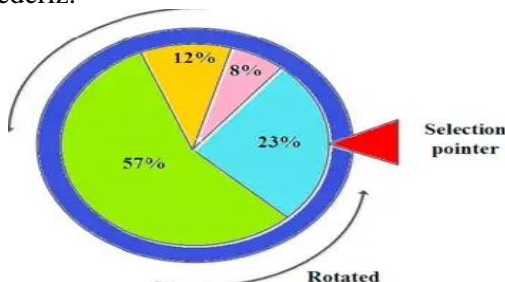
#### 4.3 Genetik Algoritma

İlk olarak 1970’li yıllarda John HOLLAND tarafından literatüre girmiştir. Bir tür en iyi çözümü arama algoritmasıdır. Bir probleme olası pek çok çözümün içerisinde en uygunu bulmaya çalışan bir algoritmadır.

Başlangıç olarak sezgisel olarak bir çözüm belirlenir. Buna başlangıç popülasyonu denir. Bu çözümümüzde çözümün her bir parametresi gen olarak düşünülürken çözümün tamamına ise kromozom adı verilir. Araç rotalama problemi için düşünecek olursak, A’dan Z’ye kadar rotalarımızı harflendirdiğimizi varsayalım. [AZKLD-PRSTE-.....] burada her bir beşli güzergah gen, tüm güzergahımız ise kromozom olarak adlandırılır. İki kromozomun çaprazlanmasıyla ya da mutasyona uğratılmasıyla yeni nesil kromozomlar üretilir. Mutasyon ile genlerin üzerinde küçük değişiklikler uygulanarak sistemin kısır döngüye girmesi engellenir. Bu işlemler uygulandıktan sonra seçim aşamasına gelinir. Seçim aşamasında amacımız, popülasyonumuzun birey sayısının aynı kalması için uygunluk değeri diğerlerine göre kötü olan kromozomumuzun popülasyondan uzaklaştırılmasıdır. Bu seçim yöntemleri şu şekildedir;

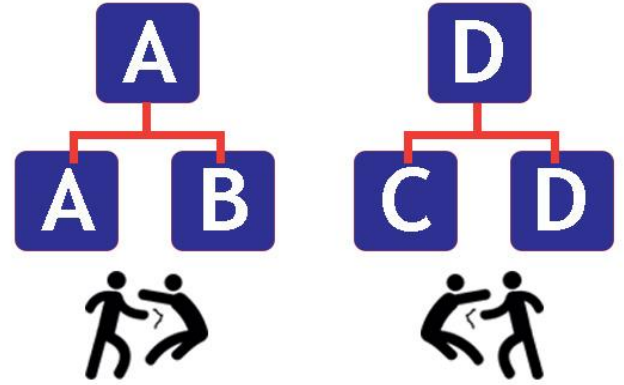
##### Rulet Seçilimi:

Bir çark belirlenir ve çarka kromozomlarımızın mesafesi yüzdesel olarak eklenir. Çark çevirildiğinde mesafesi çok olan kromozomun çıkma olasılığı diğerlerinden fazla olacaktır. Bu nedenle çarkı çevirdiğimizde çıkan sonucu popülasyonumuzdan uzaklaştırmamız gerekir. Fakat tabi ki düşük ihtimalli seçeneklerin de çıkma ihtimali vardır. Bu durumu göz ardı ederiz.



##### Turnuva Seçilimi:

İkili kromozom eşleştirmeleri yapılır. Uygunluk değeri az olan kromozomumuz popülasyonda kalırken uygunluk değeri kötü olan kromozomumuz popülasyondan uzaklaştırılır.



##### Sıralı Seçilim:

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. Çözüm ilk iterasyonlarda hızlı bir şekilde iyileşme sağlar, optimuma yaklaştıkça iyileşme durumu yavaşlar. Belirleyeceğimiz iterasyon sayısı elde edeceğimiz çözümün kalitesinde etkili olacaktır. Ne kadar çok iterasyon gerçekleştirecek çözümümüz o kadar iyileşme sağlayacaktır fakat şu da unutulmamalıdır ki, iterasyon sayısı arttıkça çözüm süresi de artacaktır. ).Genetik algoritma araç rotalama problemlerinde de kullanılmaktadır.

## 5.Uygulama

Bu çalışmada Kırıkkale’de bulunan bir adet dağıtım deposu ve yirmi üç adet dağıtım noktasına sahip bir kargo firması için ulaştırma maliyetlerini en aza indirecek güzergâhlar belirlenmeye çalışılmıştır. Firmamız, bu dağıtım için farklı kapasitelerde 10 adet araç kullanmaktadır. Bu araçlardan 4 tanesi 15 adet kargo kapasitesine sahip elektrikli dağıtım araçlarıdır. 1 aracımız 70 adet kargo taşıma kapasitesine sahiptir. 2 aracımız da 100 adet kargo taşıma kapasitesine sahiptir. Geriye kalan 3 aracımız ise 130 adet kargo taşıma kapasitesine sahiptir. Sayılar varsayımsal olarak belirlenmiştir. Uygulamak istediğimiz

projenin verilerine göre bu sayılar değişiklik gösterebilir. Elimizde 712 adet kargo bulunmaktadır. Bu problem Kırıkkale ili sınırları içerisinde yapıldığından ötürü Kırıkkale sınırları içerisinde bulunan 23 adet güzergâhın koordinatları alınmıştır.

Güzergah noktaları sistemimize karışık olarak verilmiştir çünkü sistemimiz zaten bizler için tüm hesaplamaları yaparak en iyi rotayı bulacaktır. Aşağıdaki tabloda görüldüğü gibi her nokta bir harf ile temsil edilmiştir.

ADI	HARF KODU	ENLEM	BOYLAM
KARGO DAĞITIM DEPOSU	DEPO	39.84617447897217	33.517761148958876
PODİUM AVM	A	39.856189879376075	33.484694830303845
CARREFOURSA	B	39.840967973361735	33.512761465387676
AYBİMAŞ MARKET	C	39.87094792532678	33.45627846795215
KIRIKKALE OTOGARI	D	39.856372364927275	33.484622742804916
KIRIKKALE YÜKSEK İHTİSAS HASTANESİ	E	39.86196573424522	33.48309438564966
KIRIKKALE POLİS EVİ	F	39.8511904155852	33.49368562132508
KIRIKKALE ADALET SARAYI	G	39.84049439282357	33.50059827924683
DOĞA PARK SİTESİ	H	39.86081056952189	33.542872307236564
CİĞERCİ BAHRİ	I	39.86602507598874	33.45999512437387
YENİÇAĞ MARKET	J	39.86215017730261	33.502157581427994
KIRIKKALE BELEDİYESİ	K	39.8448417249324	33.509252965188345
ATATÜRK PARKI	L	39.84448095115291	33.500802152418295
TIP FAKÜLTESİ HASTANESİ	M	39.87202103129301	33.4529929937709
ZİRAAT BANKASI YENİŞEHİR	N	39.86801224694222	33.455208041686966
KIRIKKALE VR & PLAYSTATION 5 CAFE	O	39.868957680390935	33.45558231296427
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
KIRIKKALE ATATÜRK ANADOLU LİSESİ	U	39.85583511154651	33.55978544240909
RESİDORM ÖĞRENCİ YURDU	V	39.88314080272683	33.45259354274867
KÖFTECİ YUSUF	Y	39.91866865338675	33.43435299601455
KIRIKKALE GÜZEL SANATLAR LİSESİ	Z	39.85985810020425	33.52523602009928

**NOT!** Güzergâh noktaları tabloda karışık olarak verilmiştir. Bunun sebebi araç rotalama sistemimizin bizler için en iyi güzergahı kendisinin oluşturacak olmasıdır.

Projemizin işleyişi şu adımlarla gerçekleşecektir;

- 1-Her noktaya en az bir defa uğranılmalıdır.
- 2-Varılan her nokta aynı araçla terk edilmelidir.
- 3-Her araç dağıtım rotasına depoda başlayıp depoda sonlandırmaktadır.
- 4- Araç kapasitesi ve güzergah üzerindeki talep edilen ürün miktarı karşılaştırılacaktır. Eğer talep miktarı kapasiteden fazla ise güzergah ikiye bölünecek ve farklı bir araç yönlendirilecektir. Araç sayısı yetmemesi durumunda araç depoya dönerek tekrardan yola çıkacaktır.
- 5- Dağıtım noktaları ve depo noktası arasındaki mesafeler belirlidir ve herhangi bir durumdan (yol çalışması, kaza, hava şartları vb.) etkilenmediği varsayılmıştır.
- 6-Herhangi bir zaman süresi ve servis süresi kısıtı bulunmamaktadır fakat bizler için en iyi çözümün zamandan ve maliyetten en tasarruflu çözüm olduğu unutulmamalıdır.

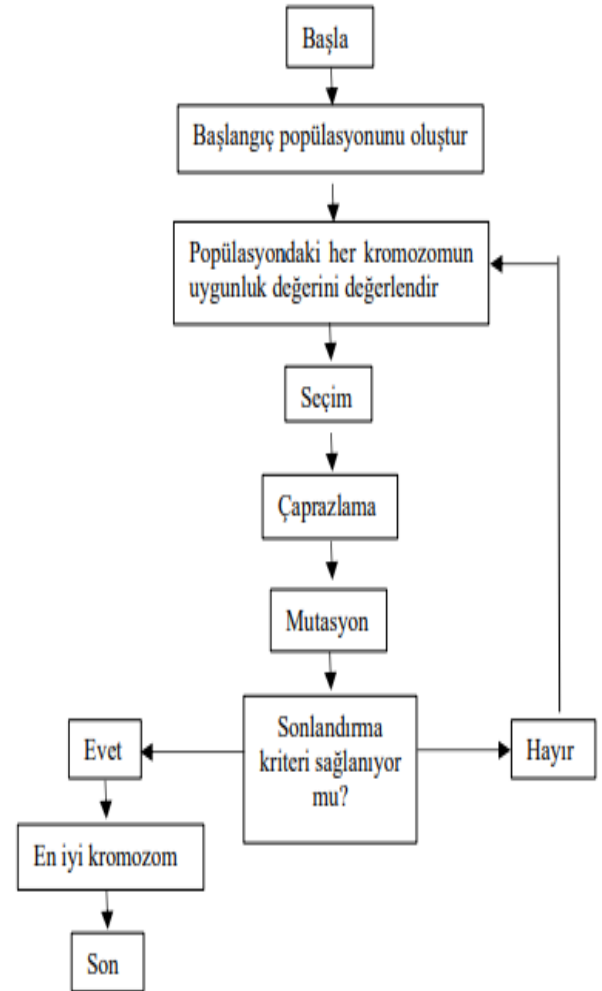
## 6.Uygulama Probleminin Çözümü

Problemimizde 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 geliştirilmiştir.

Problemin genetik algoritma ile çözümünde C# programlama dili kullanılmıştır. Geliştirilen yazılım internet ortamında erişilebilir hale getirilmiştir.

İlk olarak, uygulama verileri program veri tabanına eklenmelidir. Yazılımımızın işleyişi genetik algoritmanın çalışma prensibi doğrultusunda çalışmaktadır. İlk olarak bir başlangıç popülasyonu oluşturulmuştur. Uygunluk değerimize göre seçim aşamasına geçilmiştir. Bu problemimizin uygunluk fonksiyonu en az yakıt ve en hızlı teslimat olacak şekilde belirlenmiştir. Seçim aşamasından sonra en iyi seçenekler(kromozomlar) arasında çaprazlama yapılarak daha iyi sonuçlar elde edilmesi hedeflenmiştir. Daha sonrasında bir kromozomumuz üzerinde mutasyon işlemi yapılarak sistemimizin kısır döngüye girmesi engellenmiştir. Mutasyon oranımız, mutasyon sayımız, popülasyon büyüklüğümüz, iterasyon

sayımız gibi değişkenlerimiz problem çeşidine göre ayarlanabilmektedir. Tüm bu süreçler sonlandırma kriterimiz olan iterasyon sayısı kadar tekrar ettirilmiştir ve sonunda ulaşılan uygunluk değeri en iyi güzergah bizim tercihimiz haline getirilmiştir. Bu çalışma prensibi şekilde gösterilmiştir.



Tüm bu işlemleri rahatça gözlemleyebilmek ve iterasyon sayımız boyunca çizilen rotaların hepsini gözlemleyebilmek açısından bir arayüz geliştirilmiştir. Bu arayüzümüzde sol tarafta güzergah noktalarımız, bu güzergah noktalarının enlem-boylam değerleri ve son olarak talep miktarları yer almıştır. Sağ tarafında ise iterasyon sayımız kadar güzergahımız, bu güzergahların uzunluğunun kaç km olduğu ve bu güzergah için kaç araç kullanacağımız belirtilmiştir. Arayüzümüzün görüntüsü aşağıda verilmiştir.



## İşlem Durumu

## Araçları Rotala

## Başlangıç İşlemleri

Adı - Enlem - Boylam - Talep Miktarı

0 - Depo - 39,8461744789722 - 33,5177611489589 - 712  
 1 - A - 39,8561898793761 - 33,4846948303038 - 132  
 2 - B - 39,8409679733617 - 33,5127614653877 - 34  
 3 - C - 39,8709479253268 - 33,4562784679522 - 18  
 4 - D - 39,8563723649273 - 33,4846227428049 - 41  
 5 - E - 39,8619657342452 - 33,4830943856497 - 29  
 6 - F - 39,8511904155852 - 33,4936856213251 - 24  
 7 - G - 39,8404943928236 - 33,5005982792468 - 32  
 8 - H - 39,8608105695219 - 33,5428723072366 - 32  
 9 - I - 39,8660250759887 - 33,4599951243739 - 8  
 10 - J - 39,8621501773026 - 33,502157581428 - 13  
 11 - K - 39,8448417249324 - 33,5092529651883 - 31  
 12 - L - 39,8444809511529 - 33,5008021524183 - 27  
 13 - M - 39,872021031293 - 33,4529929937709 - 35  
 14 - N - 39,8680122469422 - 33,455208041687 - 19  
 15 - O - 39,8689576803909 - 33,4555823129643 - 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 - 39,855835115465 - 33,5597854424091 - 18  
 21 - V - 39,8831408027268 - 33,4525935427487 - 48  
 22 - Y - 39,9186686533868 - 33,4343529960146 - 17  
 23 - Z - 39,8598581002042 - 33,5252360200993 - 13

İlk Toplam tüm bireyleri oluşturuldu.

1. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: VKTRF -- SJD -- LEOM -- CGUH -- BINY -- PZ -- A, Toplam Yol: 72, Kullandığı Araç Sayısı: 7  
 2. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: VEL -- PGFM -- RSBK -- TYCNO -- DZJU -- HI -- A, Toplam Yol: 58, Kullandığı Araç Sayısı: 7  
 3. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: VEL -- PGFM -- RSBK -- TYCNO -- DZJU -- HI -- A, Toplam Yol: 58, Kullandığı Araç Sayısı: 7  
 4. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: VEL -- PGFM -- RSBK -- TYCNO -- DZJU -- HI -- A, Toplam Yol: 58, Kullandığı Araç Sayısı: 7  
 5. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: VEL -- PGFM -- RSBK -- TYCNO -- DZJU -- HI -- A, Toplam Yol: 58, Kullandığı Araç Sayısı: 7  
 6. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: DFKL -- OVM -- EYSTRI -- NHUZ -- GCB -- PJ -- A, Toplam Yol: 50, Kullandığı Araç Sayısı: 7  
 7. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: DFKL -- OVMU -- BHNYTZ -- RGEIC -- PSJ -- A, Toplam Yol: 75, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 8. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: ZILVE -- PGFM -- RCOYJD -- KNBT -- SUH -- A, Toplam Yol: 70, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 9. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: SGOY -- VLUP -- KCNIBZ -- FMER -- JTDH -- A, Toplam Yol: 77, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 10. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: OYTED -- FKLV -- MCBP -- SGU -- HNZRIJ -- A, Toplam Yol: 67, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 11. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: OYTED -- FKLV -- IPGS -- MRBJ -- NCUZH -- A, Toplam Yol: 60, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 12. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: OYTED -- FKLV -- IPGS -- MRBJ -- NCUZH -- A, Toplam Yol: 60, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 13. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: OYTED -- FKLV -- IPGS -- MRBJ -- NCUZH -- A, Toplam Yol: 60, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 14. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: OYTED -- FKLV -- IPGS -- MRBJ -- CNZUH -- A, Toplam Yol: 58, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 15. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: OYTED -- FKLV -- IPGS -- MRBJ -- CNZUH -- A, Toplam Yol: 58, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 16. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: OYTED -- FKLV -- IPGS -- MRBJ -- CNZUH -- A, Toplam Yol: 58, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 17. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: OYTED -- FKLV -- IPGS -- MCBJ -- RNZUH -- A, Toplam Yol: 57, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 18. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: OYTED -- FKLV -- MSIP -- GUHJ -- CNRBZ -- A, Toplam Yol: 52, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 19. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: OYTED -- FKLV -- MSIP -- GUHJ -- CNRBZ -- A, Toplam Yol: 52, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 20. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: OYTED -- FKLV -- MSIP -- GUHJ -- CNRBZ -- A, Toplam Yol: 52, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 21. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: OYTED -- FKLV -- MSIP -- GUHJ -- CNRBZ -- A, Toplam Yol: 52, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 22. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: OYTED -- FKLV -- MSIP -- GUHJ -- CNRBZ -- A, Toplam Yol: 52, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 23. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: OYTED -- FKLV -- MSIP -- GUHJ -- CNRBZ -- A, Toplam Yol: 52, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 24. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: OYTED -- FKLV -- MSIP -- GUHJ -- CNRBZ -- A, Toplam Yol: 52, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 25. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: OYTED -- FKLV -- MSIP -- GUHJ -- CNRBZ -- A, Toplam Yol: 52, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 26. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: OYTED -- FKLV -- MSIP -- GUHJ -- CNRBZ -- A, Toplam Yol: 52, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 27. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: OYTED -- FKLV -- MSIP -- GUHJ -- CNRBZ -- A, Toplam Yol: 52, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 28. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: OYTED -- FKLV -- MSIP -- GUHJ -- CNRBZ -- A, Toplam Yol: 52, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 29. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: OYTED -- FKLV -- MSIP -- GUHJ -- CNRBZ -- A, Toplam Yol: 52, Kullandığı Araç Sayısı: 6

Bu görselde gözlemlememiz gereken ilk iterasyonumuzda toplam yolumuzun 72 km olduğudur. 72 km'lik bir mesafeyi 7 adet araç kullanarak gerçekleştiriyoruz. Şimdi ise iterasyonlarımızın devamında nasıl bir sonuç değişimi almışız onu gözlemleyelim.

## İşlem Durumu

## Araçları Rotala

## Başlangıç İşlemleri

Adı - Enlem - Boylam - Talep Miktarı

0 - Depo - 39,8461744789722 - 33,5177611489589 - 712  
 1 - A - 39,8561898793761 - 33,4846948303038 - 132  
 2 - B - 39,8409679733617 - 33,5127614653877 - 34  
 3 - C - 39,8709479253268 - 33,4562784679522 - 18  
 4 - D - 39,8563723649273 - 33,4846227428049 - 41  
 5 - E - 39,8619657342452 - 33,4830943856497 - 29  
 6 - F - 39,8511904155852 - 33,4936856213251 - 24  
 7 - G - 39,8404943928236 - 33,5005982792468 - 32  
 8 - H - 39,8608105695219 - 33,5428723072366 - 32  
 9 - I - 39,8660250759887 - 33,4599951243739 - 8  
 10 - J - 39,8621501773026 - 33,502157581428 - 13  
 11 - K - 39,8448417249324 - 33,5092529651883 - 31  
 12 - L - 39,8444809511529 - 33,5008021524183 - 27  
 13 - M - 39,872021031293 - 33,4529929937709 - 35  
 14 - N - 39,8680122469422 - 33,455208041687 - 19  
 15 - O - 39,8689576803909 - 33,4555823129643 - 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 - 39,855835115465 - 33,5597854424091 - 18  
 21 - V - 39,8831408027268 - 33,4525935427487 - 48  
 22 - Y - 39,9186686533868 - 33,4343529960146 - 17  
 23 - Z - 39,8598581002042 - 33,5252360200993 - 13

271. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 272. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 273. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 274. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 275. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 276. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 277. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 278. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 279. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 280. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 281. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 282. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 283. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 284. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 285. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 286. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 287. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 288. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 289. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 290. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 291. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 292. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 293. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 294. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 295. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 296. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 297. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 298. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 299. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6  
 300. Neslin en iyi Bireyinin Güzergahı: KHUZB -- LJPF -- YVSI -- MTNG -- ORCD -- A, Toplam Yol: 34, Kullandığı Araç Sayısı: 6

Bu görselimizde ise 300 iterasyon sonunda toplam yolumuzun 34 km'ye kadar düştüğünü ve araç sayımızın da 6'ya düştüğünü gözlemliyoruz.

Bu projede genetik algoritma ile daha iyi bir sonuç elde edilmesi sağlanmıştır. Bu güzergahların Pazar günü hariç haftanın diğer günleri kat edildiği düşünüldüğünde minimum 988 km'lik bir tasarruf elde edildiğini gözlemleyebiliriz. 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 güzergahımız içerisinde düz çizgi "-- ile yapılan ayırım kromozom içerisindeki genlere örnektir. Her bir gen bir aracın gideceği rotayı vermektedir. Tüm genlerin toplamı ise kromozomumuz kabul edilmiştir.

## 7.Sonuç

Yapılan bu uygulamada araç rotalama sisteminde kullanılan aşamalar şu şekildedir; Bu aşamalardan ilki popülasyonumuzu oluşturmamızıdır. İlk popülasyonumuz rastgele oluşturulmuştur. Sonraki aşamamız popülasyondaki bireylerin birbirleri ile çaprazlamaya girmesi olmuştur. Çaprazlama yapılarak en iyi bireylerden daha iyi bireyler elde edilmesi amaçlanmıştır. Uygunluk değeri diğerlerinden kötü olan bireylerle yola devam edilmemiştir. Bu seçim yapılırken turnuva seçilimi uygulanmıştır. Sonuca baktığımız zaman mesafelerde hızla iyileşme görülmeye başlanmıştır. Çaprazlamalar devam ederken sistemin kısır döngüye girmemesi için 1 kromozomun 1 geninde mutasyona başvurulmuştur. Belirlemiş olduğumuz iterasyon sayısının sonunda sisteme baktığımızda gözle görülür, büyük oranda bir iyileşme olmuştur. Gündelik olarak gittiğimiz bu güzergahı, aylık olarak hesapladığımızda 988 km'lik bir iyileşme alındığını ve bu ölçütü, günümüz benzin fiyatlarını baz alarak hesaba katıldığında aylık 2300 TL gibi bir tasarruf olduğu görülmektedir. Bir yılda 24.600 TL'lik bir bütçeden tasarruf edilmiştir.

Bu sistemin önemini göz önüne serebilmemiz için fark etmemiz gereken en önemli sebep, bu sistemin kullanım alanının geniş olmasıdır. Ekmek dağıtım fabrikaları, kargo şirketleri, toplu taşıma araçları, polis devriye araçları ve atık toplama araçları gibi pek çok alanda bu sistem önem arz etmektedir. Günümüzdeki esnaflar daha çok deneyimlerine güvenerekten ve böyle bir teknolojiye haberdar olmadıklarından kullanmayı daha az tercih etseler de bu sistemin gelecekte hayatımızın her alanında kullanılacağı düşünülmektedir.

## 8.Kaynakça

[1] Düzakın, E. ve Demircioğlu, M., (2009). Araç rotalama problemleri ve çözüm yöntemleri. Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi, 13 (1), 68-87

[2] Günay, N.S. (2013). Genetik algoritma ile araç rotalama problemlerinin çözümü için görsel rotalama yazılımı geliştirme (Tez Numarası. 337103). [Yüksek Lisans Tezi.

İstanbul: İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.]. YÖK Tez Merkezi

[3] AI, T. J., & KACHITVICHYANUKUL, V. (2009). Particle swarm optimization and two solution representations for solving the capacitated vehicle routing problem. Computers & Industrial Engineering, 56(1), 380-387.

[4] ALTINEL, İ. K., & ÖNCAN, T. (2005). A new enhancement of the Clarke and Wright savings heuristic for the capacitated vehicle routing problem. Journal of the Operational Research Society, 56(8), 954-961.

[5] Atan, M., ve Şimşek, P. (2017). Doğrusal Programlama İle Araç Atama Probleminin Çözümlemesi. Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 4(11), 339-358.

[6] Aksen, D., Özyurt, Z., Aras, N. 2007. "The Open Vehicle Routing Problem with Driver Nodes and Time Dead Lines," Journal of the Operational Research Society, vol.58, no. 9, p. 1223-1234.

[7] Arslan, S. 2007. "Araç Rotalama Problemi ve Bir Uygulama," Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara

[8] Şeker, Ş. 2007. "Araç Rotalama Problemleri Ve Zaman Pencereli Stokastik Araç Rotalama Problemine Genetik Algoritma Yaklaşımı," Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[9] NAZIF, H., & LEE, L. S. (2012). Optimised crossover genetic algorithm for capacitated vehicle routing problem. Applied Mathematical Modelling, 36(5), 2110-2117.

[10] WANG, S., LU, Z., WEI, L., JI, G., & YANG, J. (2016). Fitness-scaling adaptive genetic algorithm with local search for solving the Multiple Depot Vehicle Routing Problem. Simulation, 92(7), 601-616.