

**T.C.**  
**GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**KARAYOLU YOLCU TAŞIMACILIĞINDA SEFER DÜZENİ VE**  
**GELİR OPTİMİZASYONU**

**ÇAĞRI EROĞLU**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İŞLETME ANABİLİM DALI**

**GEBZE**

**2018**

**T.C.**  
**GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**KARAYOLU YOLCU TAŞIMACILIĞINDA**  
**SEFER DÜZENİ VE GELİR**  
**OPTİMİZASYONU**

**ÇAĞRI EROĞLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**İŞLETME ANABİLİM DALI**

Tez Danışmanı

**PROF.DR. BÜLENT SEZEN**

**GEBZE**

**2018**

GTÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ...../...../..... tarih ve ...../..... sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 09/03/2018 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Çağrı EROĞLU'nun tez çalışması İşletme Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

**JÜRİ**

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI)

: Prof. Dr. Bülent Sezen *Bülent Sezen*

ÜYE

: Prof. Dr. Ayşe Ertürk *Ayşe Ertürk*

ÜYE

: Prof. Dr. Hakan Kitapçı *Hakan Kitapçı*

**ONAY**

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
...../...../..... tarih ve ...../..... sayılı kararı.

## ÖZET

Lojistik sektörü, Müsiad'ın yayınladığı lojistik sektör raporuna ([http://www.musiad.org.tr/F/Root/Arastirma ve Yayinlar/Arastirma Raporlari/Arastirma Raporlari/lojistik\\_sektor\\_raporu\\_2015.pdf](http://www.musiad.org.tr/F/Root/Arastirma_ve_Yayinlar/Arastirma_Raporlari/Arastirma_Raporlari/lojistik_sektor_raporu_2015.pdf), 26 Mart 2017'de erişildi) göre 2015 yılı ilk yarısı için üretim yöntemi ile Gayri Safi Yurtiçi Hasılasının %12 sine tekabül eden yaklaşık 111 milyar 122 milyon TL'lik bir hacime sahiptir. Geçen yıllardaki %57'lik karayolu yolcu taşımacılığı oranından hareketle 2015 yılı katma değeri için yaklaşık 63 milyar TL'dir denilebilir.

Yine aynı raporda belirtilenlere göre son yıllarda lojistik sektörünün hacmi önceki yıllara göre artmıştır fakat artan maliyetler neticesinde gelirler açısından durağanlık söz konusudur. Bu noktada sektörün devamlılığı ve ülkenin sürdürülebilir ekonomik büyümesine katkısı olması için lojistik sektöründe ve bu sektörün yolcu taşımacılığında önemli yer tutan karayolu taşımacılığının gelir yönetimi kapsamında en iyi durak dizilimi ve sefer optimizasyonu gibi gelir artırıcı yöntemler denenmelidir.

Bu çalışmada şehirlerarası yolcu taşımacılığı kapsamında gelir optimizasyonu için sefer düzeni üzerinde yoğunlaşmıştır. Sefer üzerindeki duraklarda inen, binen yolcu sayısı, durakların birbirine uzaklığı ve sefer içindeki durak sayısı temel alınarak genetik algoritma ve makine öğrenimi (support vector machines) teknikleri ile ilgili şirket için en uygun sefer düzeninin edinilmesi üzerine çalışılmış ve elde edilen veriler eleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler: Taşımacılık, Şehirlerarası Yolcu Taşımacılığı, Genetik Algoritma, Makine Öğrenmesi, Sefer Optimizasyonu ve Gelir Yönetimi**

## SUMMARY

Logistics, manufacturing method for the first half of 2015, according to the logistics sector report published by the GDP of MUSIAD ([http://www.musiad.org.tr/F/Root/Araştırma ve Yayınlar/Araştırma Raporları/Araştırma Raporları/lojistik\\_sektor\\_raporu\\_2015.pdf](http://www.musiad.org.tr/F/Root/Araştırma_ve_Yayınlar/Araştırma_Raporları/Araştırma_Raporları/lojistik_sektor_raporu_2015.pdf), Accessed on March 26, 2017), has a volume corresponding to approximately 112 billion (12%). Moving from the 57% road passenger transport rate in the past years, it can be said that the added value of 2015 is about 63 billion TL.

In recent years, however according to the same report mentioned in the logistics sector volume increased compared to previous years, the costs increased and thus there is stagnation. At this point the continuity of the sector holds an important place for the country's logistics industry to be sustainable in the context of road transport. In response, revenue management and route optimization approaches must be applied to the transportation problems.

This study consist of obtaining the most appropriate voyage order by the help of genetic algorithm and support vector machines. Algorithm's work principles based on the number of passengers descending and boarding on the voyage, the number of passengers on bus, the distance between the stops and the number of stops in the voyage. The results of the algorithm are also discussed.

**Keywords: Transport, Intercity Passenger Transportation, Genetic Algorithms, Machine Learning, Campaign Optimization and Revenue Management**

## TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tezi ve makalemi hazırlama sürecinde engin bilgileri ile sabırla yanımda olan ve her görüşmemizde bana akademik olarak farklı yönden bakış açısı sağlayan pek değerli sayın tez danışmanım Prof. Dr. Bülent Sezen' e ve tez hazırlama aşamalarında özellikle bilgisayar bilimleri mesleği alanında pratik öneriler sunan eşim Gülay Genç Eroğlu ve arkadaşım Hamit Hasanhocaođlu'na teşekkür ederim.



# İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b>	<b>i</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b>	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>iv</b>
<b>TABLolar DİZİNİ</b>	<b>vii</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b>	<b>viii</b>
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>2. KARAYOLU TAŞIMACILIĞININ EKONOMİK KALKINMA İLİŞKİSİ</b>	<b>4</b>
2.1. Fritz Voight'un Ulaştırma Ve Ekonomik Kalkınma İlişkisi	4
2.2. Türkiye'de Ulaşım Sektörünün Tarihsel Gelişimi	6
2.3. Karayolu Taşımacılığının Türkiye Kalkınmasındaki Yeri	8
<b>3. KARAYOLU TAŞIMACILIĞI KAPSAMINDA GELİR ARTTIRICI YÖNTEMLERE DAİR LİTERATÜR TARAMASI</b>	<b>13</b>
3.1. Karayolu Yolcu Taşımacılığı Kâr Arttırma Yöntemleri	13
3.2. En Kısa Yol Algoritması Kullanımı	14
3.3. Genetik Algoritma Kullanımı	15
3.4. Makine Öğrenimi Algoritması Kullanımı	16
<b>4. KARAYOLU TAŞIMACILIĞI KAPSAMINDA GELİR ARTTIRMAYA YÖNELİK ÖN ÇALIŞMA GENETİK ALGORİTMA TEKNİĞİNİN KULLANILMASI</b>	<b>17</b>
4.1. Genetik Algoritmanın Kullanıldığı Alanlar	17
4.2. Genetik Algoritmanın Çalışma Prensibi	19
4.3. Probleme Dair Modelleme ve Uygunluk Fonksiyonunun Belirlenmesi	21
4.4. Probleme Dair En İyi Çözümün Bilgisayar Ortamında Aranması	23
4.5. Algoritmanın Çalıştırılması ve Sonuçlar	27
<b>5. KARAYOLU TAŞIMACILIĞI KAPSAMINDA GELİR ARTTIRICI SEFER DÜZENLERİNİN SINIFLANDIRILMASI</b>	<b>28</b>
5.1. Sınıflandırma ve Makine Öğrenimi	28
5.2. Sınıflandırma ile En İyi Seferi Arama	29
5.3. SVM Algoritması ve Çekirdek Fonksiyonun Seçilmesi	30
5.4. SVM Algoritmasının Uygulanması ve En Verimli Seferin Bulunması	33
5.5. Karayolu Taşımacılığı Kapsamında Gelir Arttırıcı Sefer Düzenlerinin Zaman Temelli Sınıflandırılması	36

<b>6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER</b>	<b>40</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>43</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>46</b>





# KISALTMALAR DİZİNİ

## **Kısaltmalar Açıklamalar**

SVM : Support Vektor Machine (Destek Vektör Makineleri)

KGM : Karayolları Genel Müdürlüğü

JGAP : Java Genetik Algoritma Paketi

MÜSİAD : Müstakil Sanayici ve İşadamları Derneği

GANN : Genetik Algoritma ve Yapay Sinir Ağları

GHZ : Gigahertz



# TABLolar DİZİNİ

<b><u>Tablo No:</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
2.1: Kalkınma Bakanlığı 2014 – 2015 taşımacılık raporu	9
2.2: Devlet yolu, il yolu ve otoyollar üzerindeki seyir ile yolcu taşımaları	10
4.1: Problem Kapsamındaki Şehirler	25
4.2: Problem Kapsamındaki Şehirlerin Birbirleri Arasındaki Mesafe	26
4.3: Problem Kapsamındaki Şehirlerde İnen Binen Yolcular	27
5.1: Problem Uzayındaki Sefer Dâhilinde Olabilecek Duraklar	31
5.2: Sefer Çözümleri Kümesi Dağılımı Grafiği	32
5.3: Sefer Çözümleri için Makine Öğrenimi Arayüzü	36
5.4: Kurban Bayramı Birinci Gün Seferi Duraklar Tablosu	38
5.5: Zaman Temelli Sefer Çözümleri Kümesi Dağılımı Grafiği	39

# ŞEKİLLER DİZİNİ

<b><u>Sekil No:</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
4.1: Genetik Algoritma Temel Akışı	22
4.2: Genetik Algoritma İçin Uygunluk Değeri Formülü	23
4.3: Sefer Düzeni Problem Veri Uzayı	25
5.1: İki Durak Arası Kârlılık Hesabı	32
5.2: İki Durak Arası Zaman Bazlı Kârlılık Hesabı	38



# 1. GİRİŞ

İnsanların çok çeşitli ihtiyaçlarını karşılayabilmeleri için bir yerden bir yere hareket etmeleri gerekmektedir. İnsanların gerek kendilerinin gerekse fayda sağlayacağı mallarının güvenli, konforlu ve ekonomik biçimde taşınması ulaştırma sektörü kapsamındadır.

Ulaştırma sektörü birçok etmeni içinde barındırır ve oldukça karmaşık bir sürece sahiptir. Bu sektör içeriğinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik etmenler barındırır. Taşınan unsurun ne olduğu ve taşınmanın yapıldığı zaman, mevsim veya taşımayı yapan araç ulaştırma kavramındaki dinamikleri oldukça değiştirir. Bu dinamikler içerisinde uygun olan çözümleri aramak hem mikro hem de makro temelde pek çok fayda sağlar. Bu noktada ulaştırmanın dinamiklerini anlamak için unsurların çok iyi analiz edilmesi gerekmektedir.

Ulaştırma sektörünün dinamikleri gereği etki alanındaki ekonomik unsurlar ön plandadır. Ulaştırma; taşınan unsurlar, uğranılan yerler ve ulaşım noktaları temelinde bulunduğu yerlere ekonomik ve sosyokültürel etkiler bırakır. Bu etki öylesine büyüktür ki sadece liman gelirleri ile geçimini sürdüren liman kentler geçmişten günümüze tarih boyunca hep var olmuştur.

Ülkelerin nüfusu arttıkça ulaştırma sektörü ihtiyacı karşılayabilmek için büyümektedir. Gerek mal lojistiği gerekse de insan taşımacılığı kapsamında kalite seviyesine göre ücretlendirme yapılmaktadır ve büyük kitlelerin taşınmasında planlama da beraberinde gelmektedir. Planlama temelinde; ulaştırma seferlerinin sistematik olarak gerçekleştirilmesi için bir takvim oluşturulmaktan ve bundan da öte, öngörü olarak gelecekteki taleplerin ne olacağına dair deneysel bulgular elde ederek risk ve gelecek planlamasından bahsedilir.

Ulaştırma sektöründe devamlılık ve kaliteyi yakalayabilmek için artan maliyetlere cevap verebilecek kazanç elde etmek gerekir. Bu kazancı elde etmek için

de potansiyel müşteri hacmini arttırmaya çalışmak ve gelir yönetimi yapmak gerekir. Mesele, gelir yönetimi temelinde incelendiğinde; geliri arttırmak için lojistik esnasında izlenen rotanın neleri hesaba katarak yapılacağı değerlendirilmelidir.

Ulaştırma sektörünün kârı yükseltmesi için gelir yönetimi tekniklerinin uygulanması dışında yapabileceği başka şeyler de vardır. Bunlar arasında maliyetleri düşürme çabaları olarak kullanılan servisin ve malzemelerin alt yükleniciye devredilmesi ya da akaryakıtın satış opsiyonlu olarak alınması sıralanabilir. Fakat bu tarz çözümler zaten rekabetçi piyasa koşullarında hâlihazırda uygulanmaktadır. Bu nedenle önemli fark yaratan unsur gelir yönetimi teknikleri olmaktadır. Ek olarak gelir yönetimi tekniklerinin; özellikle karayolu yolcu taşımacılığı kapsamında تنها zamanlarda fiyatların ucuzlaması ile insanları yerel seyahate teşvik etmesi bakımından pazarlamaya yönelik katkısı vardır.

Tezin öncelikli amacı şehirlerarası yolcu taşımacılığı yapan herhangi bir otobüs şirketinin gelirini çeşitli teknikler kullanarak arttırmaya çalışmaktır. Bu noktada karayolları taşımacılık sektörü temelinde maliyetler de değerlendirilebilir. Karayolları taşımacılık sektöründe taşıt işletme maliyeti kalemleri iki gruba ayrılmıştır. Bunlardan biri sabit diğeri ise değişken giderlerdir. Sabit giderler kapsamında otobüs kabin çalışanları ve durak çalışan ücretleri, yıpranma payı ve genel giderler değerlendirilmiştir. Değişken giderlere ise akaryakıt, motoryağı giderleri belirtilmiş ve bunlara ek olarak tekerlek ve yedek parça giderleri de eklenmiştir. Gerek sabit giderler gerekse de değişken giderler genel olarak yükselme eğilimindedir (Bakırcı, 2005: 400– 402; Aktaran: Kabasakal, A. & Solak, A. O., 2010: 130). Tez kapsamında gelir arttırmaya yönelik uygulanacak yöntemlerde uğranılacak durak seçimi ve sıralamasında ilgili sefere en uygun olanın seçilmesi sağlanmıştır. Böylelikle daha yüksek kar getirmesi için seçilen yolda tüketilecek akaryakıt ve yıpranma payı da hesaba katılmış olmaktadır.

Tezin amaçlarından biri de ulaştırma sektöründe önemli bir payı olan karayolu ulaştırma alanının birim zamanında elde ettiği geliri arttırmak ve böylece bunun ekonomideki olası katkısını rakamlar ile ifade etmektir. Üretim maliyetlerinin

düşük ve refah seviyesinin yüksek yani ekonominin güçlü olduğu ülkelerde ulaştırma sektörünün gelinen noktadaki rolü büyüktür (Şendağ, 2007). Bu noktada bu sektörün önemli bir dalı olan karayolu taşımacılığının ekonomi için itici güç olmasını sürdürülebilir kılmak amacıyla gelir arttırıcı tekniklere başvurmak gerekir. Bu kapsamda rezervasyon politikaları, durak ve yol optimizasyonu, maliyet politikaları gibi konular ön plana gelmektedir. Bu tezde ise verimlilik esasına dayanarak durak ve yol optimizasyonu üzerinde durulacaktır. Tabii olarak diğer unsurlarda da maliyet azaltıcı çalışmalar yapılabilir. Fakat bu sektörün cari hayatındaki ana unsurlar ulaştırma esnasında sefer üzerinde harcadığı zaman, kat ettiği yol ve taşıdığı yolcu sayısıdır. Bütün bu çalışmalar 350 bin çalışanı ve 3 milyar dolarlık katma değeri ile ekonominin itici bir gücü olan bu sektörün sürdürülebilir olması için gereklidir (Ardıç, K. ve Sadaklıoğlu, H., 2009: 1).

Tezin problemine çözüm bulmak için modern teknikler kullanılmıştır. Bu tekniklerden biri metasezgisel arama algoritmalarından genetik algoritmalarıdır. Bu tez çalışması; genetik algoritmaların karayollarında gelir arttırıcı yöntem olarak kullanılması bakımından özgündür. İkinci ve daha başarılı biçimde probleme çözüm üreten teknik ise modern bir makine öğrenimi tekniği olan SVM (Support Vektor Machine) tekniğidir. Bu tekniğin de karayolları ulaşımında gelir arttırıcı yöntemi olarak kullanılması özgündür.

Tezin probleme çözüm aramak için kullandığı bu iki teknik karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve sonraki araştırmalarda hangisinin neye göre seçileceği ve daha verimli sonuç alınabileceği üzerinde durulmuştur. Ek olarak bu iki teknik de kullanılarak modern bilgisayar bilimi çözümlerinden genetik algoritmaların ve makine öğreniminin pratik hayata bütünleştirilmesi ile işletme alanındaki bir probleme çözüm aranması bu tez kapsamında farklı disiplinlerde ortak çalışmaya işaret etmiştir.

## 2. KARAYOLU TAŞIMACILIĞININ EKONOMİK KALKINMA İLİŞKİSİ

### 2.1. Fritz Voight'un Ulaştırma Ve Ekonomik Kalkınma İlişkisi

Şendağ (2007), Voight'un ekonomik büyüme ve ulaştırma sistemlerinin birbiri ile olan ilişkisini ortaya çıkaran modelinden bahsetmiştir. Bu modelde sıfır noktası hiçbir yere ulaşımı olmayan bir bölgedir. Bu bölge ilk durumda sadece kendini geçindirecek kadar mal üretmekte ve bu malı dışarı satamamaktadır. Böylelikle bölgenin ekonomisinin durağan olduğundan bahsedilmektedir. Modelin ilerleyen safhalarında bölgeye demiryolu ve karayolu ulaşımı sağlanır. Sırasıyla bu değişimlerin oluşturduğu değişiklikler gözlemlenir. Böylelikle bölgedeki ekonomik ve yapısal gelişmeler incelenir.

Voight modeline ilk başta demiryolu ulaşımı sağlanır. Demiryolu gelmesiyle kitle taşımacılığı ön plana çıkar. Bu noktada ulaşım hattı üzerinde olan firmalar mallarını satabilecek pazar fırsatı yakalarlar. Üretilen malların kapasitesi sadece bölgeyi geçindirecek hacimden çıkar ve kitlesel üretime geçilir. Üretimin artması ve gelirin yükselmesi ile Pazar arayışları ve üretim modelleri gelişir. Üretim kapasiteleri, öğrenilen bilgiler, tecrübeler ve teknolojinin gelişmesi ile artar. Bu durumun doğal bir sonucu olarak üretici; rekabetçi ortam içinde maliyetleri düşürmeye çalışır. Böylelikle demiryolu hattı dışında kalan üretici düşen maliyetlerle baş edemez ve çekilmek zorunda kalır. Hayatta kalmak isteyen üreticiler ise fabrikalarını demiryolu erişim noktaları üzerine taşırlar.

Demiryolu erişiminden sonra bölgenin ilk kez nüfus yapısı yani demografik yapısı değişmiştir. Bölgede nüfus yoğunluğu demiryolu ulaşım hattına kayar. İnsanlar fabrika bölgeleri etrafında toplanırlar. İşçi sınıfının bilgi birikim ve teknik becerileri değişim göstermiştir. Ekonomi durağanlıktan kurtulmuş, iç ve dış dengelere göre değişen piyasa ekonomisi işleyen bir yapıya bürünmüştür.

Voight ikinci safhada modele karayolu ulaşımını da ekler. Karayolu ulaşımı demiryoluna göre çok daha esnektir. Böylelikle demiryolunun ulaşamadığı noktalara

karayolu daha kolay biçimde ulaşacaktır. Bu noktada uzak noktalara kitlesel ürün nakliyatı yapmayan firmalar karayolu ulaşımına yönelecektir. Böylelikle ürünler daha ücra noktalara ulaşma şansı yakalayacaktır. Modele karayolu ulaşımının da katılması ile irili ufaklı birçok firmanın da ekonomiye katılımı sağlanmıştır. Firmaların ve üretim noktalarının yayılma şekli değişmiştir. Bölgenin ekonomik hacmi yüksek seviyede hız kazanarak değişmiştir. Sistemde daha akışkan bir piyasa oluşmuştur.

Voight'un modeli sisteme alınan ulaşım değişkenleri ile değişim göstermiştir. Buradan hareketle ekonomik modelden bağımsız bir şekilde sisteme dâhil olan ulaştırma unsuru kalkınmada ciddi rol oynayacaktır. Ülkelerin süregelen ulaşım altyapıları yatırımlarının nedeni bu şekilde açıklanabilir. Kalkınma ve ulaştırma ayrılmaz bir bütündür ve birbirleri ile iç içedirler yani birbirleri üzerinde dolaylı ve doğrudan etkileri vardır.



## 2.2. Türkiye’de Ulaşım Sektörünün Tarihsel Gelişimi

Türkiye’de ulaşım sektörü demiryolları ile başlamıştır. İlk demiryolları tarım alanlarına yakın geçecek şekilde tarım ürünleri taşımaları yapmak için Osmanlı İmparatorluğu zamanında örülmüştür. Daha çok Batı Anadolu tarafında örülen demiryolu ağı o yörenin sanayisinin hızlıca gelişmesini sağlamıştır.

Şendağ’a (2007) göre Batı Anadolu zaten kaynaklar ve iklim yönünden sanayileşmeye müsaittir fakat üretilen ürünlerin atıl olarak kalmaması ulaşım sayesinde olmuştur. Doğal bir sonuç olarak ulaştırmanın bulunduğu yerlerde kalkınma hızlanmıştır. Ergün’e (1985) göre Türkiye’deki kalkınma demiryolu ulaşımı ile başlamıştır.

Cumhuriyetin kuruluşundan sonra da ulaşım yatırımlarına devam edilmiş ve demiryolu ağı örülmesine de devam edilmiştir. Atik (1979) demiryolu ağının Doğu Anadolu bölgesini de kapsayacak şekilde genişlediğini belirtmiştir. Böylelikle ülke genelinde bir bütünlük hedeflenmiştir. Ulaşımın ve onun dolaylı sonucu olarak kalkınmanın ülke geneline yayılması sağlanmıştır. Şendağ (2007) Doğu Anadolu ve İç Anadolu bölgelerindeki bazı şehir merkezlerinin oluşmasını bu nedenlere bağlar. Ankara, Malatya, Sivas, Kayseri vb. şehir merkezleri, bu sebeplerle diğer şehirlerin ortalama nüfusundan daha fazla nüfus oranına sahip olmuştur.

Şendağ (2007) demiryolunun geçtiği noktalarda tarım faaliyetlerinin ciddi biçimde artış gösterdiğini belirtmiştir. Bunun nedeni tarımın artık geçim faaliyetinden ziyade ticari bir aktiviteye dönüşmesidir. Cumhuriyet öncesi dönemde de ulaştırma yatırımları tarımsal bölgelere yakın olacak şekilde yapılmıştır. Böylelikle Cumhuriyet döneminde demiryolu ağı tarımsal bölgelere doğru gittikçe zenginleşmiştir. Ülkedeki dönemin ticaret hevesinin artması ulaştırma yatırımlarının sonuç vermesi olarak yorumlanabilir.

Ergün (1985) Türkiye’de karayollarının kalkınmaya etkisinin 1948 yılından sonra olan gelişmelerle başladığını belirtmiştir. Şendağ’a (2007) göre karayolu ulaşımının gelişmesi ile köy ekonomisinden pazar ekonomisine geçilmiş, böylelikle üretilen malların köylerden kentlere ulaştırılması ve bu iki nokta arası bütünleşme

sağlanmıştır. Ticaret olgusunun gelişmesi gayet açıktır ki ulaştırma ile olmuştur. Birbirleri ile ulaşımı olan iki nokta birbirlerinin talebini karşılayarak arz ve talep yaratmış ve para sirkülasyonuna olanak sağlamıştır. Bu durum ise ekonominin nefes alması ve büyümesine olanak vermiştir.

Ulaşımın Türkiye tarihinde dünden bugüne ekonomik ve sosyal etkileri tartışılmazdır. Karayolu ve demiryolunun ulaştığı noktalarda ticaret ve nüfus artmış, buralarda sanayi gelişmiştir. Cumhuriyet tarihinde bu durumun nüfus üzerinde de etkileri vardır çünkü zenginleşen kentler civar bölgelerden göçler almıştır.

Yakın zamana gelindiğinde ise; Türkiye Dışışleri Bakanlığı sayfasındaki Türkiye'deki Karayolu Taşımacılığı makalesinde 2005 yılı Eylül ayı itibariyle ağır vasıta/çekici adedi 667,436'ya ulaşmıştır. Otobüs sayısı 160.241'i, binek araba sayısı ise 5.659.624'ü geçmiştir. Bu noktada ülkede ciddi bir karayolu kullanımı olduğu ve bu sanayinin servis bakımından geliştiği rahatlıkla söylenebilir.

## 2.3. Karayolu Taşımacılığının Türkiye Kalkınmasındaki Yeri

Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı onuncu kalkınma planı (2014 - 2018) 2016 yılı programı raporunda ([http://www.kalkinma.gov.tr/Lists/Yaynlar/Attachments/680/2016\\_Programı.pdf](http://www.kalkinma.gov.tr/Lists/Yaynlar/Attachments/680/2016_Programı.pdf), 26 Mart 2017'de erişildi) deniz ve demir yolu ulaşım sistemlerinin fiziki altyapısının artan talebe cevap verecek şekilde henüz gelişmediğinden bahsedilmekte ve bu nedenle yük ve yolcu taşımacılığı için karayollarının tercih edildiği öne sürülmektedir.

Karayolları ile ulaşım aracılığıyla her türlü arazi ortamına uyum sağlanabilmektedir. Gerek karayolları yol yapım maliyetlerinin düşüklüğü gerekse de taşıtların kapasitesinin düşüklüğüne karşın temininde ucuzluğu ile karayolları aracılığıyla yük ve yolcu taşımacılığı yatırımcı ve lojistik alanında çalışan girişimci için daha cazip olmaktadır (Alaybeyoğlu 1994; Aktaran: Korkmaz ve Alacahan 2012: 2).

Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı onuncu kalkınma planı (2014 - 2018) 2016 yılı programı raporundan alınan bilgilerle oluşturulan Tablo-1'e baktığımızda karayolu taşımacılığının kullanımının diğerlerine oranla oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo2.1: Kalkınma Bakanlığı 2014 – 2015 taşımacılık raporu

Birim (Milyon-Yolcu-km)	2013	2014	2015 (7)	Yıllık Artış 2014	Yıllık Artış 2015
<b>Demiryolu Taşımacılığı</b>					
Yolcu Taşıma (Yurt İçi)	2 976	3 388	3 773	13,8	11,4
<b>Havayolu Taşımacılığı</b>					
Yolcu Taşıma (Yurt İçi)	23 357	26 204	29 217	12,2	11,5

## Karayolu Taşımacılığı

Yolcu Taşıma (Yurt İçi) (1) 268 179 276 073 289 048 2,9 4,8

1: KGM'nin sorumluluğu altındaki yol ağında yapılan taşımalarıdır.

Karayolları Genel Müdürlüğü'nün 2015 yılı itibariyle TÜİK üzerinden yayınladığı devlet yolu, il yolu ve otoyollar üzerindeki seyir ile yolcu taşımaları istatistiğinde Tablo-2'deki gibi 2001 yılından 2015 yılına kadar süregelen bir artış olduğu belirtilmektedir ([http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab\\_id=354](http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=354), 26 Mart 2017'de erişildi). Bu durum yolcu taşımacılığı sektörünün büyüklüğünü ve süregelen büyümenin ülke ekonomisine katma değerini gözler önüne sermektedir.

Tablo2.2: Devlet yolu, il yolu ve otoyollar üzerindeki seyir ile yolcu taşımaları

Yolcu-km				
Yıl	Toplam	Devlet Yolu	İl yolu	Otoyol
2001	168 211	135 808	13 703	18 700
2002	163 327	128 952	13 907	20 468
2003	164 311	127 995	13 860	22 456
2004	174 312	132 784	15 549	25 979
2005	182 152	134 681	15 865	31 606
2006	187 593	133 608	15 991	37 994
2007	209 115	147 694	17 548	43 873
2008	206 098	144 378	17 326	44 394
2009	212 464	147 253	17 730	47 481
2010	226 913	158 072	18 463	50 378
2011	242 265	167 851	19 779	54 635
2012	258 874	172 226	29 725	56 923

<b>2013</b>	<b>268 178</b>	178 045	31 139	58 994
<b>2014</b>	<b>276 073</b>	183 566	32 307	60 200
<b>2015</b>	<b>290 734</b>	193 427	34 785	62 522

**Not:** KGM tarafından yayınlanmıştır. KGM sorumluluğundaki yollarda yapılan taşımaları kapsar.

Yayınlanan bu verilere bakarak karayolu ulaşım sektörüne yapılan yatırımlardaki artış net bir şekilde gözlenmektedir. Gerek yolcu gerekse de ürün taşımacılığında ekonomik fayda sağlamak için kaliteyi ön planda tutmak gerekir. Bu da altyapı harcamalarının yüksek olması demektir. Altyapı harcamalarına ek olarak günümüz rekabetçi koşullarında taşıma maliyetlerini azaltmak için çok çeşitli yöntemler söz konusudur. Daha düşük maliyetlerle daha kaliteli ürün veya insan taşımacılığı ekonomiye katma değer olarak girecek ve kalkınmaya ciddi katkıda bulunacaktır.

## 2.4. Karayolu Yolcu Taşımacılığının Türkiye’de Durumu ve Avantajları

Kögmen’e göre, (2014) taşıma sektöründe karayollarına yatırım yapılması 1950 yıllarını bulmuştur. Bunun başlıca nedeni karayolu taşıtları sayılarının oldukça az olmasıdır.

1950 yıllarından sonra ise otomotiv sektörünün gelişmesi ile motorlu taşıtlar ucuzlaşmış ve ülkede sayısı artmıştır. Bu artış ile motorlu taşıtların il içi ve iller arası seyahatlerde kullanılmasına sebep olmuştur. Ülkede karayolu yapımı hız kazanmış ve Kögmen’in (2014) belirttiği gibi 1960 yılına gelindiğinde ülkede hemen hemen heryere modern motorlu taşıtlarla ulaşılabilir 61.542 km karayoluna ulaşılmıştır. 1980 yılında ise 35.000 km devlet yolu ve 27.500 km il yoluna ulaşılmıştır.

1950 ile 1980 yılları arasındaki karayolu uzunluğundaki değişim yük ve insan taşımacılığındaki değişimin karayolu taşımacılığına kaydığını göstermektedir. Kögmen’in (2014) de değindiği gibi 1980 yılına gelindiğinde karayolu ile insan taşımacılığı %97’ye, yük taşımacılığı ise %87’ye ulaşmıştır.

1980 yıllarından itibaren ise otoyol yapımı gündeme gelmiştir. Türkiye’nin ilk otoyolları Gebze-İzmit ve Tarsus-Pozantı yollarıdır. Daha sonraki yıllarda otoyol yapımına hız verilmiştir. Günümüzde de halen yüksek kalite otoyol yapımı devam etmektedir. Ek olarak 1980 yıllarından itibaren köy yolları da asfaltlanmaya başlanmış, il yollarının ise kapasitesi artırılmıştır.

1990 yıllarına gelindiğinde ise il içi karayolu üzerindeki araç trafiği yüksek boyutlara ulaşmış ve bunun için il içinde alternatif yollar yapılmış ve metro, tramvay gibi farklı seçeneklere de yatırım yapılmıştır. Bu yıllarda hukuksal düzenlemeler de yapılmıştır. Yük ve insan taşımacılığı alanında modern sigorta teknikleri getirilmiş ve bu sektör lisans sistemine tabi olmuştur. Yük veya yolcu taşımacılığı yapabilmek için firmaların lisans alması gerekmekte ve şoförlerin eğitimden geçmeleri gerekmektedir. Kaliteyi arttırmaya yönelik çalışmalar yapılmış, taşıma standartları yükseltilmeye çalışılmıştır (Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma Bakanlığı, 1993).

Devlet Planlama Teşkilatı'nın 7. Planında ağırlıklı olarak karayolları ile yapılan yük taşımacılığının diğer sektörler olan demiryolu, denizyolu ve boru taşımacılığına kaydırılması hedeflenmiştir. 1990 ve 2000'li yılların başında gerek yurt içi gerek yurtdışı taşımacılıkta taşıma maliyetlerinin diğer taşımacılık sektörlerinden ucuz olması nedeniyle bu hedefe ulaşamamış; yolcu taşımacılığında %95 yük taşımacılığında ise %94 ile karayolları taşımacılığı liderliğini sürdürmektedir.

Kögmen'in (2014) belirttiği üzere karayolları taşımacılığı 2000'li yıllarda pek çok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkede hâkim sektör olmuştur. Ülkemizde de yük taşımacılığında %89 insan taşımacılığında ise %97 ile bu durum gözlenmiştir. Bu verilerden hareketle Türkiye'de karayolları taşımacılığının önder konumda olduğu ve ileriki yıllarda da bu durumun pek değişmeyeceği ortadadır. Bu nedenle talep bakımından hem yük hem de insan taşımacılığı bakımından oldukça avantajlı bir sektördür. Fakat arz da bir o kadar fazladır. Bu sektörde çalışan firmaların; artan trafik neticesinde artan trafik kazası ve akaryakıt tüketimi gibi ciddi riskleri vardır. Bu firmaların maliyet giderici çalışmalar yaparak giderlerini kontrol altına almaları gerekmektedir. Ek olarak talebin fazla ve değişken olması nedeni ile bu firmaların gelir yönetimi yapmaları, bu hamlelerle insan taşımacılığı alanında ücret cazibesi ile müşteri sayılarını arttırmaları gerekmektedir.

### **3. KARAYOLU TAŞIMACILIĞI KAPSAMINDA GELİR ARTTIRICI YÖNTEMLERE DAİR LİTERATÜR TARAMASI**

#### **3.1. Karayolu Yolcu Taşımacılığı Kâr Arttırma Yöntemleri**

Karayolu taşımacılığının bir alt dalı olan otobüs ile yolcu taşımacılığı hizmet sektörünün bir parçasıdır. Bu sektördeki ürün saklanamaz, depoda korunamaz. Bu noktada kâr elde edilecek unsur olan taşımacılık hizmeti; anlık zaman dilimi, anlık müşteri grubu ve anlık yol güzergâhı ile bütünleşik olarak ilgilidir. Bu noktada müşteri memnuniyetini üst seviyede tutmak, müşteri doluluk oranını tutturmak, doğru zamanda doğru yol güzergâhını ve durakları kullanarak optimum düzeyde müşteri “indi bindi” sayısı yakalayarak kârı maksimize etmek mümkündür.

Hakan Kara'nın da (2015: 202-204) belirttiği unsurlar yukarıda belirttiğimiz kârı maksimize yöntemleri ile örtüşmektedir. Bu unsurlar şöyledir:

a- Koltuk sayısı ne kadar yüksek olursa o kadar kâr getirir. Tabi ki bu koltukların her sefer tam kapasitede ya da en azından kâr getirecek doluluk oranında olması zorunludur. Aslına bakılırsa asıl kâr getirecek unsur tek seferde bir koltuğun kaç farklı yolcu tarafından kullanılacağıdır. Seferler içindeki duraklarda her koltuk için ne kadar çok indi bindi yapılırsa o kadar kâr maksimizasyonu yaşanır.

b- Şube hizmetleri ve otobüsün seyahat süresince sunduğu hizmetler müşteri memnuniyeti ile doğrudan ilişkilidir. Müşteri devamlılığı ve yeni müşteri kazanımları için otobüs içi ve şube hizmet kalitesi çok önemlidir.

c- Seyahat güzergâhının optimize olmuş olması gerekir. Buradan kasıt şudur ilgili otobüsün uğradığı duraklar ne yolu gereksiz uzatarak akaryakıt maliyetlerini arttırmalı ne de diğer duraklara göre yolcu taşıma veya indirme bindirme bakımından geri kalmalıdır.



### 3.2. En Kısa Yol Algoritması Kullanımı

Karayolu taşımacılığında kârı arttırmak için seferlerin en kısa yolu izleyecek şekilde tasarlanması için literatürde kullanılmış olan yöntemlerden biri de en kısa yol algoritmasıdır. Bu model aslında günümüzde halen uygulanmaktadır. Modelin klasik ve modern uygulanış şekilleri vardır.

Klasik en kısa yol algoritması modeli Dijkstra'nın 1959 yılında yayınladığı ilkel modeldir. Bu modelde düğümlerden oluşan belirli bir alanda tanımlı bir güzergâh üzerindeki bir sonraki durağı temsil eden düğüm adaylarından en uygun olana yönlmesi esastır. Fakat bu modelde bütün düğümlere uğrama zorunluluğu yoktur. Ek olarak bu sezgisel bir mantıktır, belirli bir durumda en kısa yol için seçilen düğüm tüm uzayda aslında daha uzun bir patikaya sebep olabilir. Pallottino ve Scutella'nın (1998: 245-281) belirttiği gibi daha sonraları bu modele yenilikler getirilmiştir. İkili Algoritma tekniği kullanılarak modele ağırlık değerleri vermek gibi kısıtlar eklenerek istenilene daha uygun en kısa yolların bulunması amaçlanmıştır.

Kaufman ve Smith (1993) ise Palettino ve Scutella'dan çok daha önce en kısa yol algoritmasına modern bir bakış açısı getirmiştir. En hızlı yolu bulmak için modele zaman bağımlılığı getirmişlerdir. Problemin ilerleyen safhasında alınan kararlarda geçilen zaman dikkate alınmaktadır. Böylelikle dinamik olarak yol planlaması gerçekleşmiştir. Fakat bütün bu gelişmeler de yine tüm durakları kapsamamak ve duraklara dair kârlılık veya uygunluk değeri gibi parametreleri içermemesi nedeniyle problemimize çare olamamıştır.

### 3.3. Genetik Algoritma Kullanımı

Literatürdeki optimizasyon problemlerine önerilen bir diğer çözüm ise genetik algoritmadır. Genetik algoritma bir arama ve optimizasyon tekniğidir. Genetik algoritma çözüm uzayının karmaşık ve süreksiz olduğu durumlar için optimum zamanda doğruluğa en yakın çözümü vermesi nedeniyle başvurulan bir yöntemdir.

John H. Holland (1975) doğadaki evrimsel süreci problemlerin en iyileme ve arama yöntemlerine uygulamıştır. Pattnaik, Mohan ve Tom genetik algoritma kullanarak şoför ve yolcu bazında maliyeti en düşük seviyeye çekecek şekilde kentsel otobüs rotası tasarımı çalışması yapmıştır (1998: 368-375).

Grefenstette, J., Gopal, R., Rosmaita, B., ve Van Gucht, D. 1985 yılında genetik algoritmayı gezgin satıcı probleminde kullanmışlardır. Gezgin satıcı problemi bir satıcının belirli duraklar kümesinde bütün duraklara uğrayarak kendisi için minimum maliyetle (en kısa yol) elindeki bütün malları nakletmesini konu alır (1985: 160-168). Bu noktada bu tezin kapsamındaki problem ile benzerlik gösterir. Problemimizde bir otobüsün belirli rota üzerinde belirli duraklara uğrayarak otobüs dâhilindeki yolcuları indirmesi ve bunu minimum maliyetle yapması önemli bir noktadır. Fakat gezgin satıcı modeline duraklarda incek yolculara ek olarak binecek yolcuların ve bazı durakların ortalama getirisinin olmadığından dolayı rotadan hariç tutulması bütünleştirilememiştir. Bu nedenle tezin kapsamındaki probleme genetik algoritma ile çözüm aranmış fakat tam olarak istenilenlere ulaşılamamıştır.

Genetik algoritma metasezgisel bir yaklaşımdır. Problem kapsamında genetik algoritmanın kullandığı uygunluk fonksiyonu amacına uygun tasarlanırsa bütün duraklara uğranan bir sefer grafında genetik algoritma kısa zamanda uygun bir çözüm üretebilir. Bu noktada durak seçimi ya da durak elenmesi yapılmayacaksa sefer dâhilinde bulunan yolcuları duraklara en uygun şekilde dağıtacak en verimli yol haritası gezgin satıcı problemi ile çözülebilir.

### 3.4. Makine Öğrenimi Algoritması Kullanımı

Makine öğrenimi algoritmalarının temel amaçları veri setindeki özelliklerin türlerini belirlemektir (Dougherty, J., Kohavi, R., & Sahami, M; 1995: 194). Türler belirlenince sınıflandırma gerçekleşmiş olur. Sınıflandırma türleri için kullanılan yöntemler 3'e ayrılır (Michie, Donald, David J. Spiegelhalter, and Charles C. Taylor, 1994):

- 1- Klasik İstatistiksel Yöntemler
  - a. Doğrusal Ayırıcılar
  - b. İkinci Dereceden Ayırıcılar
  - c. Biçimsel Ayırıcılar
  - d. Bayes Kuralları
- 2- Modern İstatistiksel Yöntemler
  - a. Yoğunluk Tahmini
  - b. K-en yakın Komşu
  - c. Naive Bayes
- 3- Yapay Sinir Ağları
- 4- Makine Öğrenimi

Tez kapsamındaki problemin çözümünde bir makine öğrenimi algoritması olan Destek Vektör Makineleri tekniği kullanılacaktır. Problem kapsamında daha önce elde edilen sonuçlar ve kârlılık analizlerine göre eğitilen sistemde gözetimli öğrenme mantığı ile sisteme olası denenecek sefer düzeni sorularak kârlılık sınıflandırması yapılacaktır. Böylelikle belirli zaman diliminde diğer seferlere göre olası daha yüksek gelir getirecek olan reel hayatta gerçekleşmeden bilinecektir.

# 4. KARAYOLU TAŞIMACILIĞI KAPSAMINDA GELİR ARTTIRMAYA YÖNELİK ÖN ÇALIŞMA GENETİK ALGORİTMA TEKNİĞİNİN KULLANILMASI

## 4.1. Genetik Algoritmanın Kullanıldığı Alanlar

Genetik algoritma karmaşık uzaylı problemlere kısa zamanda doğruya en yakın çözümleri önerdiği için birçok problemin çözümünde kullanılmıştır. Emel ve Taşkın (2002: 138-147) genetik algoritmanın pratik sahada kullanım örneklerini şöyle sıralamışlardır:

- Finansal modeller
- Pazarlama analizi, strateji belirleme
- Montaj Hattı Dengeleme Problemi
- Çizelgeleme Problemi
- Üretim/İşlemler Problemleri
- Atama Problemi
- Hücresel Üretim Problemi
- Tesis Yerleşim Problemi
- Sistem Güvenilirliği Problemi
- Taşıma Problemi
- Araç Rotalama Problemi
- Minimum Yayılan Ağaç Problemi

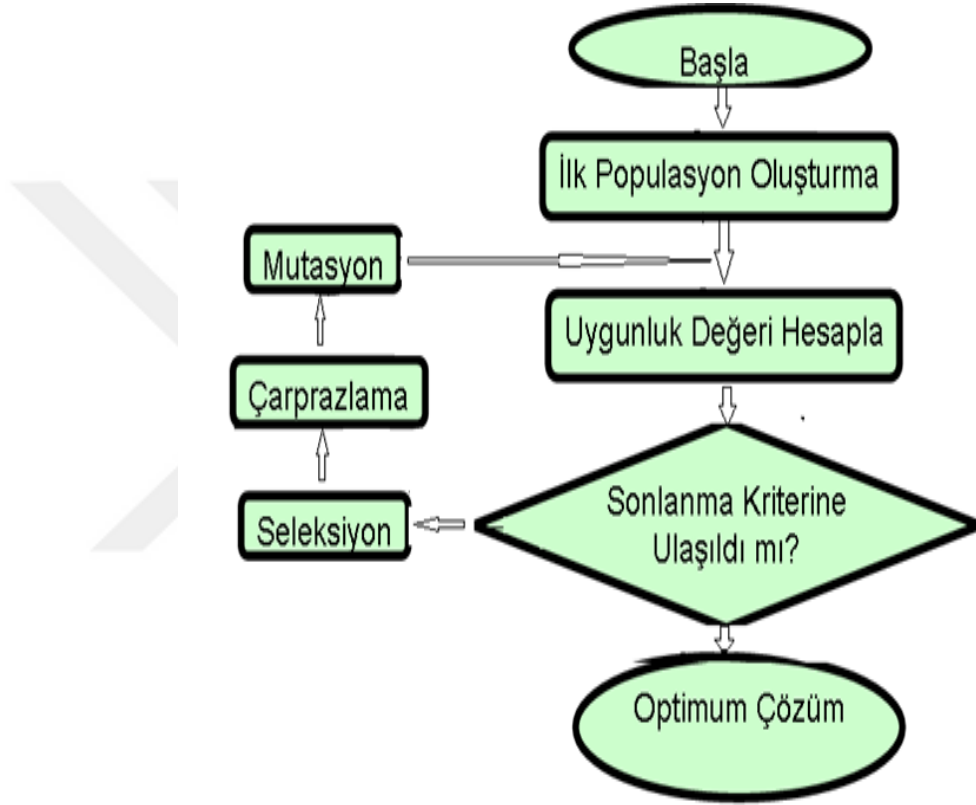
Yukarıda verilen örneklerle birlikte giderek daha fazla alanda genetik algoritma teknikleri yaygınlaşarak kullanılmaktadır.



## 4.2. Genetik Algoritmanın Çalışma Prensibi

Genetik algoritma; doğadaki evrimsel süreçten, yani çarprazlama, mutasyon ve en uygun bireyin bir sonraki nesle aktarılması esasından faydalanır.

Genetik algoritmanın temel akışı şu şekildedir:



Şekil 4.1: Genetik Algoritma Temel Akışı

Problemimizde genetik algoritma ile çözüm bulmak için uygunluk fonksiyonu çok önemlidir. Burada uygunluk fonksiyonu şu şekilde belirtilmiştir:

$$\text{Uygunluk Değeri } i = \frac{\text{İnen Yolcu } i + \text{Binen Yolcu } i}{i \text{ ve } (i - 1) \text{ durakları arası mesafe}}$$

*i ve (i - 1) durakları arası mesafe*

*i: Durak Numarası*

(1)

Şekil 4.2: Genetik Algoritma İçin Uygunluk Değeri Formülü

Uygunluk değeri yüksek olan birey bir sonraki nesile kendini aktaracak ve çeşitlenerek en iyiye ulaşılmaya çalışılacaktır.



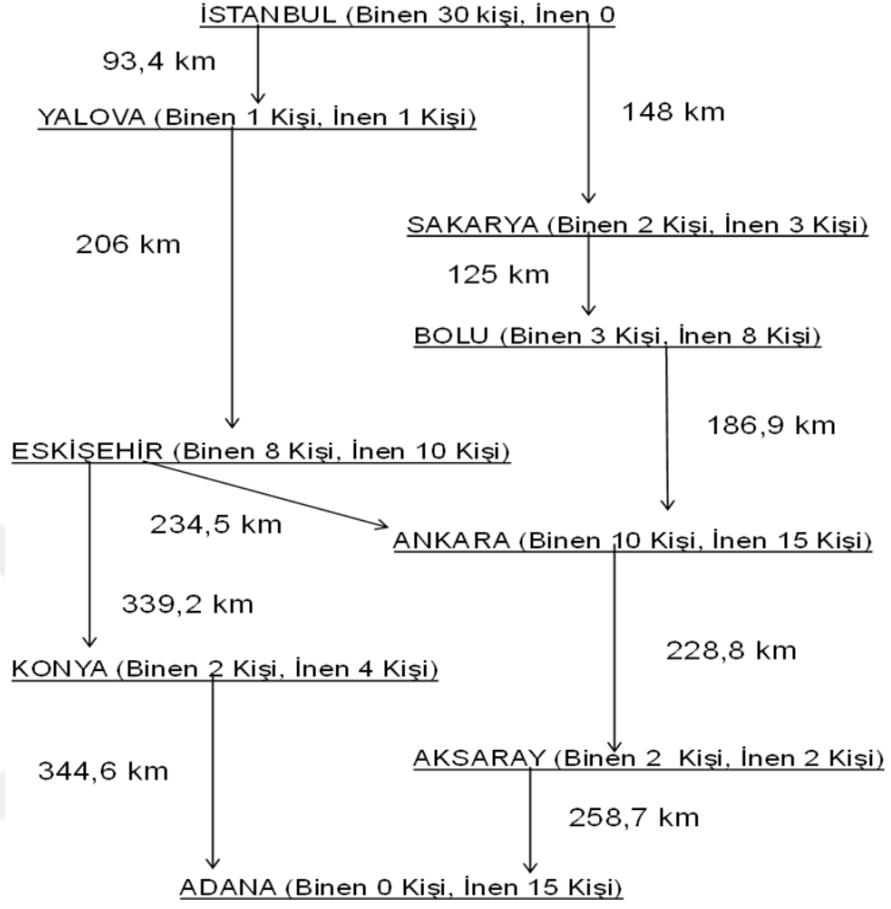
### 4.3. Probleme Dair Modelleme ve Uygunluk Fonksiyonunun Belirlenmesi

Uygunluk fonksiyonu, bu tezin kapsamındaki problemde bir durakta kâr olarak değerlendirilen inen veya binen yolcu sayıları ve maliyet olarak değerlendirilen iki durak arası mesafe ile oluşturulan bir matematiksel ifadedir. Bir durakta inen yolcu sayısı ne kadar çok olursa otobüsün kapasitesi o kadar açılacak ve yerine yeni yolcular gelerek kârı arttıracaktır ve de buradan hareketle uygunluk değerini yükseltecektir. Problemimiz kapsamında maliyet olarak sefer dâhilindeki iki durak arası mesafe kullanılmaktadır. Uygunluk fonksiyonunda değer hesabı yapılan durağın bir önceki durakla olan mesafesi arttıkça uygunluk değeri bu veriye ters orantılı olarak azalmaktadır.

Bu problemde graf teorisinden faydalanılacaktır. Şehirler ve ilgili duraklar düğümler halinde ifade edilecek ve birbirleri arası bağlantı noktaları düz çizgilerle ifade edilecektir. Tez kapsamında bir otobüs firmasının kalkış noktasından varış noktasına ulaşırken izlediği yolun ve bu yol üzerindeki uğrayabileceği bütün durakların bütününe veri uzayı ismi verilmiştir. Bu veri uzayındaki olası bütün duraklar düğümdür.



Probleme dair düğüm ve veri uzayı şu şekildedir:



Şekil 4.3: Sefer Düzeni Problem Veri Uzayı

Bu veri uzayında tüm duraklara uğrayarak bütün yolcuları en doğru ve uygunluk değeri en yüksek olacak şekilde indiren sefer düzeni aranacaktır.

## 4.4. Probleme Dair En İyi Çözümün Bilgisayar Ortamında Aranması

Probleme çözüm üretmek için bilgisayar ortamında JGAP (Java Genetik Algoritma Paketi) kütüphanesi kullanılarak gezgin satıcı problemi modellenecek ve genetik algoritma gerçekleştirilecektir (<http://jgap.sourceforge.net>, 26 Mart 2017'de erişildi). Güzel E. ve Saraçoğlu D.'nin (2010) belirttiği şekilde JGAP, Java ortamında genetik algoritmayı gerçekleştirebilmek için gerekli altyapıyı, veri yapılarını kullanıcının kullanımına sunar. Kullanıcı, genetik algoritmayı kendi problemine göre modelleyerek uygunluk fonksiyonunu da program anaçatısında tanımlayarak çalıştırır. Burada sonlanma kriteri önemlidir.

Problem kapsamında şehirleri, aralarındaki mesafeleri, indi bindi rakamlarını şehirlerin arasındaki bağlantıları veri olarak girmek için Javanın görsel kütüphanesi olan Swing (<https://docs.oracle.com/javase/tutorial/uiswing/>, 26 Mart 2017'de erişildi) ile NetBeans Platform anaçatısı (<https://netbeans.org/features/platform/>, 26 Mart 2017'de erişildi) kullanarak arayüzler gerçekleştirilmiştir. Swing, Java programlama dilinin görsel arayüzler için oluşturulmuş kütüphanesidir. NetBeans Platform anaçatısı ise bilgisayar ortamında gerçekleştirilen pencere altyapısı, menüler vb gibi birçok öğeyi Swing kütüphanesini kullanarak derli toplu biçimde geliştiriciye sunar.

Arayüzler problemin çözülmesi için gerekli verilerin kullanıcı tarafından girilmesini kolaylaştırır. Kullanıcı dostu arayüzler sayesinde veri girişinde olası hatalı kayıtlar engellenmiş olur. Bu sayede sonuçlar arasında tutarsızlıklar azalmış olur ve güvenilir veriler elde edilir.

Problem için oluşturulan arayüzler ve veri girişleri şöyledir.

Tablo 4.1: Problem Kapsamındaki Şehirler

ID	Durak Adı	Şehir	Kaldır	Yenile
1	İstanbul Harem Otogarı	İstanbul		
2	Yalova Otogarı	Yalova		
3	Sakarya Otogarı	Sakarya		
4	Bolu Otogarı	Bolu		
5	Eskişehir Otogarı	Eskişehir		
6	Ankara Otogarı	Ankara		
7	Konya Otogarı	Konya		
8	Aksaray Otogarı	Aksaray		
9	Adana Otogarı	Adana		

Id:

Durak Adı:

Şehir:

Ekle

Tablo 3'te belirtilen şehirler problem uzayındaki şehirdir. Bunların her biri JGAP altyapısında gen olarak tanımlanacaktır.

Tablo 4.2: Problem Kapsamındaki Şehirlerin Birbirleri Arasındaki Mesafe

Nereden	Nereye	Mesafe
İstanbul Harem Otogan	İstanbul Harem Otogan	
Yalova Otogan	Yalova Otogan	
Sakarya Otogan	Sakarya Otogan	
Bolu Otogan	Bolu Otogan	
Eskişehir Otogan	Eskişehir Otogan	
Ankara Otogan	Ankara Otogan	
Konya Otogan	Konya Otogan	
Aksaray Otogan	Aksaray Otogan	
Adana Otogan	Adana Otogan	

Mesafeler Listesi
İstanbul Harem Otogan/İstanbul -> İstanbul Harem Otogan/İstanbul 0 km
İstanbul Harem Otogan/İstanbul -> Yalova Otogan/Yalova 93 km
İstanbul Harem Otogan/İstanbul -> Sakarya Otogan/Sakarya 148 km
İstanbul Harem Otogan/İstanbul -> Bolu Otogan/Bolu 273 km
İstanbul Harem Otogan/İstanbul -> Eskişehir Otogan/Eskişehir 300 km
İstanbul Harem Otogan/İstanbul -> Ankara Otogan/Ankara 459 km
İstanbul Harem Otogan/İstanbul -> Konya Otogan/Konya 639 km
İstanbul Harem Otogan/İstanbul -> Aksaray Otogan/Aksaray 688 km
İstanbul Harem Otogan/İstanbul -> Adana Otogan/Adana 946 km
Yalova Otogan/Yalova -> İstanbul Harem Otogan/İstanbul 93 km
Yalova Otogan/Yalova -> Yalova Otogan/Yalova 0 km
Yalova Otogan/Yalova -> Sakarya Otogan/Sakarya 10000 km
Yalova Otogan/Yalova -> Bolu Otogan/Bolu 10000 km
Yalova Otogan/Yalova -> Eskişehir Otogan/Eskişehir 206 km
Yalova Otogan/Yalova -> Ankara Otogan/Ankara 440 km
Yalova Otogan/Yalova -> Konya Otogan/Konya 546 km
Yalova Otogan/Yalova -> Aksaray Otogan/Aksaray 670 km
Yalova Otogan/Yalova -> Adana Otogan/Adana 930 km

Tablo 4’te uygunluk fonksiyonu için önemli bir parametre olan mesafe bilgileri girilmiştir. İki durak arası mesafe uygunluk değeri için ters orantılı bir olgudur. İki durak arası mesafe arttıkça uygunluk değeri düşer ve böylece bu durakların birbirinin ardı olduğu sefer düzeni evrimsel süreçten elenir. Bu nedenle birbiri ile direk komşu olmayan duraklar (İstanbul – Adana gibi) olası art arda olduğu sefer düzenlerinin bu iki nokta arası mesafe oldukça büyük olduğundan elenmeleri çok olasıdır. Şimdi ise uygunluk fonksiyonu için doğru orantılı bir olgu olan İnen ve Binen yolcu sayısının sisteme girilmesi gereklidir. Tablo 5’te ekrandaki listeden ilgili iki durak seçilerek bu iki durak için tarih ve inen binen kişi sayısı girilir.

Tablo 4.3: Problem Kapsamındaki Şehirlerde İnen Binen Yolcular

Duraklar Arası Mesafeler

- İstanbul Harem Otogan/İstanbul -> İstanbul Harem Otogan/İstanbul 0 km
- İstanbul Harem Otogan/İstanbul -> Yalova Otogan/Yalova 93 km
- İstanbul Harem Otogan/İstanbul -> Sakarya Otogan/Sakarya 148 km
- İstanbul Harem Otogan/İstanbul -> Bolu Otogan/Bolu 273 km
- İstanbul Harem Otogan/İstanbul -> Eskişehir Otogan/Eskişehir 300 km
- İstanbul Harem Otogan/İstanbul -> Ankara Otogan/Ankara 459 km
- İstanbul Harem Otogan/İstanbul -> Konya Otogan/Konya 639 km
- İstanbul Harem Otogan/İstanbul -> Aksaray Otogan/Aksaray 688 km
- İstanbul Harem Otogan/İstanbul -> Adana Otogan/Adana 946 km
- Yalova Otogan/Yalova -> İstanbul Harem Otogan/İstanbul 93 km
- Yalova Otogan/Yalova -> Yalova Otogan/Yalova 0 km
- Yalova Otogan/Yalova -> Sakarya Otogan/Sakarya 10000 km
- Yalova Otogan/Yalova -> Bolu Otogan/Bolu 10000 km
- Yalova Otogan/Yalova -> Eskişehir Otogan/Eskişehir 206 km
- Yalova Otogan/Yalova -> Ankara Otogan/Ankara 440 km
- Yalova Otogan/Yalova -> Konya Otogan/Konya 546 km
- Yalova Otogan/Yalova -> Aksaray Otogan/Aksaray 670 km

Ay (1: Ocak - 12: Aralık)

Yıl

Binen Sayısı

İnen Sayısı

Ekle

Yenile

Durak Detayları Çizelgesi

ID	Nereden	Nereye	Ay	Yıl	İnen	Binen
9624	İstanbul Harem Oto...	Bolu Otogan - Bolu	Ocak	2016	2	5

Kaldır



## 4.5. Algoritmanın Çalıştırılması ve Sonuçlar

Genetik algoritma, arayüzden seçilen veri kümesi ile JGAP anaçatısında gezgin satıcı problemi içinde modellenerek koşturulmuştur. Bu noktada sonlanma kriteri çok önemlidir. Sonlanma kriteri olarak algoritmanın 1000 kere nesil üretmesi seçilmiştir. Bininci nesil de üretildiğinde uygunluk değeri en iyi olan kromozom problemin en uygun çözümü olarak seçilmiştir.

Algoritma sonlandığında en uygun yol “İstanbul – Sakarya – Bolu – Ankara – Eskişehir – Konya – Aksaray – Adana” olmuştur. Bu istikametın uygunluk değeri çıktısı en yüksektir. Fakat bizim problemimizde amaç bütün duraklara uğramak değildir, yeri geldiğinde bazı durakların çıkarılabilmesi ya da eklenebilmesi istenmektedir. Gezgin satıcı problemi bu nedenle bu probleme pek uygulanamamaktadır. Üstelik bu modele zamansal değişimi eklemek oldukça güçtür. Bütün bunlara ek olarak sefer içindeki durak sayısı arttığında genetik algoritmanın çözüm süresi uzamakta ve uygun çözümden uzaklaşmaktadır.

# 5. KARAYOLU TAŞIMACILIĞI KAPSAMINDA GELİR ARTTIRICI SEFER DÜZENLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

## 5.1. Sınıflandırma ve Makine Öğrenimi

Problem uzayında sefer kapsamı içinde bulunan durakların sırasının, her birinin varlığının veya yokluğunun ve de seferin tarihine bağımlılığının verimliliğe önemli katkı yaptığı bu sistemde çözüm uzayının belirlenmesi için çok çeşitli sefer düzenleri arasında değerlendirme yapılarak bu değerlendirmelerin 2 boyutlu uzaydaki matematiksel karşılıklarının sınıflandırılması gerekmektedir.

D. Michie, D.J. Spiegelhalter, C.C. Taylor'un (1994: 2, 176-177) belirttiği gibi makine öğrenimi tekniği sınıflandırma için oldukça kullanışlıdır. Makine öğrenimi bir takım verilerin yapısal formlara dönüştürülerek bunlar üzerinde çeşitli algoritmik operasyonlar ile anlamlı sonuçlar üretilmesini hedef alır. Makine öğreniminin başarıya ulaşması için algoritma öncesinde algoritmanın kullanacağı eğitici veri setinin titiz ve olabildiğince detaylı hazırlanmış olması gerekir.

D. Michie, D.J. Spiegelhalter, C.C. Taylor'a (1994: 2) göre makina öğreniminin istatistiksel veriden farkı istatistiksel veri üretim işlemini bilgisayar üstlenir. Oysaki istatistiksel sonuç elde edilirken sürece insan müdahalesi gerekir. Aynı durum sonucun yorumlanması için de geçerlidir.

## 5.2. Sınıflandırma ile En İyi Seferi Arama

Sefer düzenleri optimizasyonu kapsamında belirli bir zaman dilimi içerisinde çeşitli sefer düzenleri üzerinde yoğunlaşarak bunlara kârlılık temelinde matematiksel bir karşılık vererek bir çözüm uzayı oluşturmak gerekmektedir. Bu çözüm uzayı için ana referans noktası, ilgili sefer düzenleri kümesinden bir ya da birkaçını kullanan kâr güdümlü bir seyahat şirketinin pratik hayatta ilgili sefer düzenlerine onay vermesidir.

İstanbul – Adana seferi düzenleyen bir seyahat şirketinin hâlihazırda izlediği rota Bolu, Ankara, Konya, Aksaray ve Pozantı şeklindedir. Bu rota için ortalama kârlılık değeri hesaplanacaktır. Ortalama kârlılık hesabı da genetik algoritma için hesaplanan uygunluk değeri hesabı gibi inen veya binen yolcu sayısı toplamının otobüsün toplam koltuk kapasitesine bölünmesidir. Duraklar arası bu değerlerin toplamı ilgili seferin ortalama kârlılık değerini oluşturur. Bu noktada şu söylenebilir; seyahat şirketinin hâlihazırda kullandığı sefer düzeninin ortalama kârlılık değeri problemde referans noktası olacaktır.

$$\text{Ortalama Kârlılık Değeri } i = \frac{\text{İnen Yolcu } i + \text{Binen Yolcu } i}{\text{Koltuk Kapasitesi}}$$

*i: Durak Numarası*

(2)

Şekil 5.1: İki Durak Arası Kârlılık Hesabı



### 5.3. SVM Algoritması ve Çekirdek Fonksiyonun Seçilmesi

Problem kapsamında İstanbul – Adana istikametinde durulabilecek duraklar ve yıllık ortalama inen ve binen yolcuların sayısı, koltuk kapasitesi ve mesafeler Tablo-6’da belirtilen gibidir.

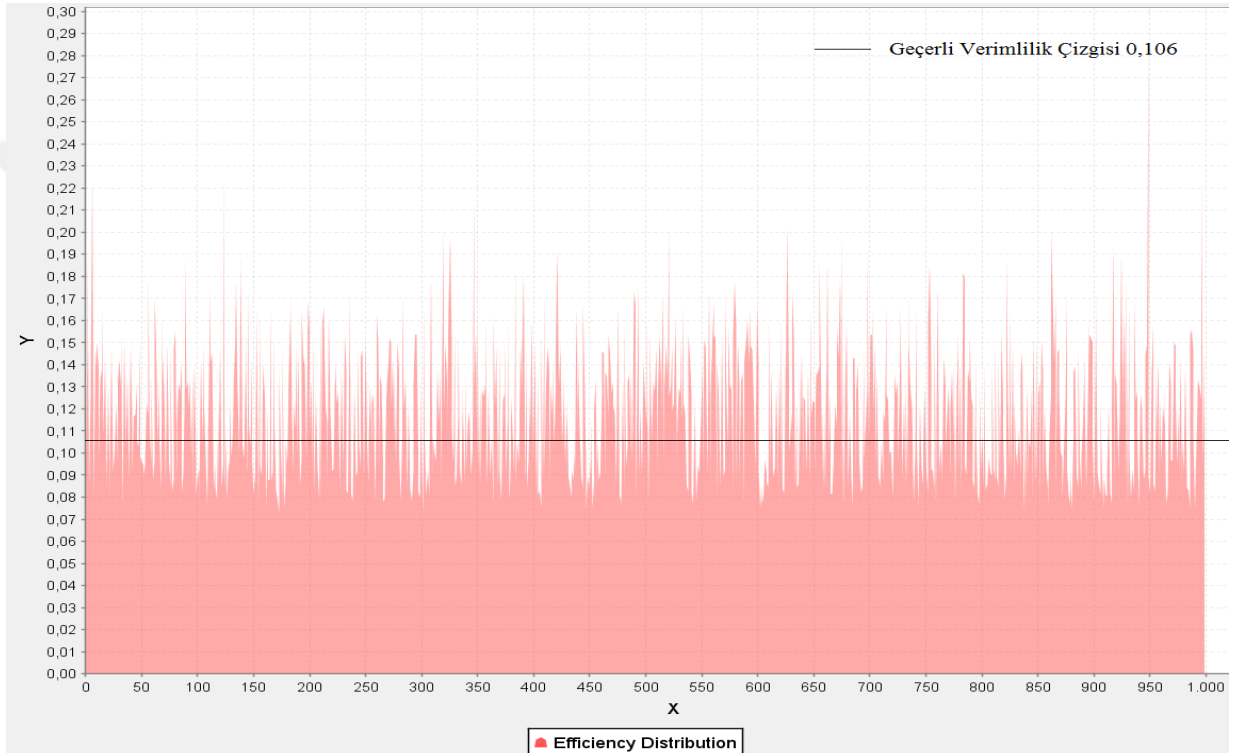
Tablo 5.1: Problem Uzayındaki Sefer Dâhilinde Olabilecek Duraklar

<b>Duraklar</b>	<b>Mesafe (km)</b>	<b>İnen Yolcu</b>	<b>Binen Yolcu</b>	<b>Koltuk Kapasitesi</b>
<i>İstanbul</i>	0	0	29	40
<i>Gebze</i>	35	2	7	40
<i>Sakarya</i>	100	3	2	40
<i>Hendek</i>	100	0	2	40
<i>Düzce</i>	40	1	6	40
<i>Bolu</i>	30	8	0	40
<i>Ankara</i>	180	16	24	40
<i>Gölbâşı</i>	45	1	0	40
<i>Şereflikoçhisar</i>	70	4	0	40
<i>Aksaray</i>	100	5	0	40
<i>Ulukışla</i>	100	3	0	40
<i>Pozantı</i>	50	1	0	40
<i>Tarsus</i>	50	6	0	40
<i>Adana</i>	50	20	0	40

Seyahat şirketinin kullandığı güzergâhın ortalama karlılık değeri 0,1067’dir. Bu değer diğer şehirlerin (durakların) de seferlere katıldığı durak kombinasyonları için kârlılık referansı olacaktır. Çözüm uzayı elde etmek için sefer içindeki duraklardan, İstanbul – Adana istikameti sırasını bozmamak şartıyla, bazılarını

ekleyerek ve bazılarını çıkararak çeşitli sefer kombinasyonları elde edilmiştir ve bu değerler hesaplanmıştır. Problem uzayı 2 boyutlu düzleme aktarıldığında verimlilik değerinden yüksek olan sefer düzenleri noktaları ile verimlilik değerinin altında kalan sefer düzenleri noktalarını birbirinden ayıran çizgi svm çekirdek fonksiyonunun ne olacağını belirleyecektir. Üretilen çözümler kümesinde dağılım grafiği şu şekilde olmuştur:

Tablo 5.2 – Sefer Çözümleri Kümesi Dağılımı Grafiği



Bu grafik SVM algoritması için kullanılacak çekirdek fonksiyonu hakkında ciddi fikir vermektedir. Tablo-7’de belirtildiği gibi verimsiz seferler ile verimli seferler arasındaki ayırım tam doğrusaldır. Bu noktada önemli olan husus çözüm uzayında en uygun çizgiyi çizecek çizgiyi bulmaktır. Bu çizgiyi çizecek fonksiyon SVM algoritması için çekirdek fonksiyonu olarak isimlendirilir.

Çekirdek fonksiyonları çalışmalarında ilk olarak Rosenblatt tarafından 1958'te "perceptron" algoritması ile makine öğretimi gerçekleyerek doğrusal sınıflandırıcı önerilmiştir. Bu önerinin sunduğu çözüm sadece çözüm uzayında sınıflandırma doğrusal bir çizgi ile yapılabildiğinde yüksek doğrulukta çözüm alınır (Rosenblatt: 1958). Bununla birlikte, Aizerman, A., E. M. Braverman, ve L. I. Rozner (1964) önerdikleri modeller ile maksimum marjlı hiper düzlemlere uygulayarak doğrusal olmayan sınıflandırıcıların oluşturulmasının bir yolunu buldu. Bu durumda algoritma doğrusal fonksiyon ile uygun çözümlere ulaşamıyorsa yani sınıflandırma yetersiz ise yerine doğrusal olmayan RBF, Polinom veya Hiperbolik Tanjant gibi çekirdek fonksiyonlarını kullanır. Bu noktada çözüm uzayında ayırım doğrusal olmayan bir şekilde de gerçekleştirilebilir. Performansı yükseltmek lazımdır fakat doğrusal olmayan çekirdek ile çalışan SVM algoritması yeterli eğitici küme verildiğinde algoritma halen iyi performans gösterebilir. Fakat doğrusal olmayan çekirdek fonksiyonlarının doğası gereği olan yüksek boyutlu bir özellik alanında çalışmanın destek vektör makinelerinin genelleme hatasını arttırdığı bir gerçektir. Bu bilgiler ışığında problemimizin hiper uzayında tanımlı çözüm uzayı doğrusal biçimde ayrıldığından doğrusal çekirdek fonksiyonu yeterlidir.

## 5.4. SVM Algoritmasının Uygulanması ve En Verimli Seferin Bulunması

SVM algoritması için çekirdek fonksiyonu belirlendikten sonra problemin çözümü için öğretici küme oluşturulması bağlamında modellemenin nasıl olacağı belirlenmelidir. Hali hazırdaki seferi şu şekilde ele alalım ve her durağı tek tek numaralandıralım:

İstanbul:1 – Gebze:2 – Sakarya:3 – Hendek:4 – Düzce:5 – Bolu:6 – Ankara:7 – Gölbaşı:8 – Şereflikoçhisar:9 – Aksaray:10 – Ulukışla:11 – Pozantı:12 – Tarsus:13 – Adana:14

Bu seferin SVM eğitici kümesi için modellenmiş hali şu şekildedir:

**1:1 – 2:1 – 3:1 – 4:1 – 5:1 – 6:1 – 7:1 – 8:1 – 9:1 – 10:1 – 11:1 – 12:1 – 13:1 – 14:1**

Bu formasyonun ortalama kârlılık değeri 0,1067'dir. Bu noktada bu değere eşit veya daha yüksek olan formasyonlar için 1 atanacak ve eğer bu değerden düşük ise 0 atanacaktır. 1 bu formasyon kârlılık olarak kabul edilebilir aksi (yani 0) ise kabul edilemez anlamına gelmektedir. Modelin gösterimi şu şekildedir:

**1:1 – 2:1 – 3:1 – 4:1 – 5:1 – 6:1 – 7:1 – 8:1 – 9:1 – 10:1 – 11:1 – 12:1 – 13:1 – 14:1**  
**1**

Öğretici kümeyi genişletmek amacıyla çeşitli varyasyonlar için ortalama kârlılık hesaplanacak ve değer atanacaktır. Bu noktada örnek olarak:

İstanbul:1 – Bolu:6 – Ankara:7 – Aksaray:10 – Pozantı:12 – Adana:14

**1:1 – 6:1 – 7:1 – 10:1 – 12:1 – 14:1**

Bu örnek formasyonun ortalama karlılık değeri: 0,172'dir. Bu noktada 0,172 > 0,1067'dir bu durumda seferin değeri 1 olacaktır.

İstanbul:1 – Ankara:7 – Pozantı:12 – Adana:14

**1:1 – 7:1 – 12:1 – 14:1**

Bu örnek formasyonun ortalama karlılık değeri: 0,218'dir. Bu noktada 0,218 > 0,1067'dir bu durumda seferin değeri 1 olacaktır.

Bu duraklar dâhilinde rastgele 1000 tane sefer kombinasyonu üretildiğinde en düşük verimlilikteki sefer düzeni şu şekilde olmaktadır: **1:1 – 2:1 – 4:1 – 8:1 – 9:1 – 10:1 – 11:1 – 12:1 – 14:1** bu formasyonun ortalama karlılık değeri 0,07'dir. Burada

0,07 değeri 0,1067'den küçüktür bu durumda seferin değeri 0 olacaktır. Bu sefer düzeni kâr odaklı bir ulaştırma şirketi tarafından kabul edilemez. Çünkü rutin düzeninden kıyasla zarar getirecektir. Bu kombinasyona göre en yüksek kârlılık düzeni 0,287 ile İstanbul – Ankara – Adana'dır. Bu formasyon **1:1 – 7:1 – 14:1** 1 düzeni olarak modellenir. Burada önemli ve şaşırtıcı olan husus 2016 yılı itibariyle İstanbul – Adana istikâmetinde sefer yapan otobüs firmaları tam olarak bu düzeni kullanmaktadır. Bu noktada, bilgisayar ortamında rastgele üretilen sefer düzenleri ile üretilen bilgi gerçeğe en yakın çözümü vermiştir. Makine öğrenmesi kapsamında SVM tekniği ile karar mekanizması kurulduğunda eğitici küme yeteri kadar büyük ve tutarlı oluşturulduğunda hiç sistemde tanımlanmamış bir sefer düzeni denendiğinde (sınıflandırıldığında) sonuç bir o kadar daha kesin olacaktır.

Şimdi SVM algoritmasını 1000 tane sefer düzeni ve verimlilik değerleri ile eğittiğimizde ulaştırma şirketimizin yeni bir sefer düzeninin kabul edilebilir olup olmadığını test ederek kullanalım. Firmanın kurmak istediği yeni sefer düzeni İstanbul – Bolu – Ankara – Aksaray – Adana olsun.

Model şöyle olacaktır; **1:1 6:1 7:1 10:1 14:1**. Eğitilmiş SVM algoritmasına bu değer test edildiğinde arayüzde şöyle bir sonuç oluşacaktır.

Tablo 5.3: Sefer Çözümleri için Makine Öğrenimi Arayüzü

The screenshot displays a machine learning interface with three main sections: Training Set, Testing Data, and Results. The Training Set section contains a list of 40 flight schedule entries, each represented by a sequence of numbers separated by colons (e.g., 0:1:4:5:12:11:1:14:1). The Testing Data section shows a single entry: 1:1:6:1:7:1:10:1:14:1. The Results section shows the output: 1.0 1:1:6:1:7:1:10:1:14:1. The interface is titled 'Makine Öğrenimi Algoritmasını Koştur'.

```
Training Set
0:1:4:5:12:11:1:14:1
0:1:5:17:18:12:1:14:1
0:1:2:13:110:11:1:14:1
1:1:3:14:16:19:110:112:114:1
0:1:3:14:19:110:112:114:1
0:1:2:13:19:110:111:14:1
0:1:3:14:15:18:111:112:114:1
1:1:2:13:16:17:18:111:112:114:1
0:1:4:15:17:110:112:114:1
0:1:2:14:15:18:110:114:1
0:1:5:18:19:110:114:1
0:1:2:14:15:18:110:111:12:114:1
0:1:2:13:112:114:1
0:1:5:18:110:111:14:1
1:1:2:13:14:16:18:110:114:1
0:1:3:14:15:18:111:112:114:1
1:1:4:16:17:110:114:1
0:1:4:17:18:111:114:1
0:1:5:17:19:110:112:114:1
1:1:4:15:16:17:19:110:114:1
1:1:2:16:114:1
0:1:2:14:17:19:110:111:12:114:1
0:1:2:13:14:15:17:18:111:14:1
1:1:2:13:16:110:111:12:114:1
0:1:2:14:17:19:111:114:1
1:1:4:16:18:19:110:111:14:1
1:1:2:14:16:19:110:114:1
1:1:3:16:17:19:110:114:1
0:1:2:13:15:17:18:112:114:1
1:1:4:15:16:17:18:19:110:111:12:114:1
0:1:8:19:111:112:114:1
1:1:5:16:111:114:1
1:1:2:16:19:111:114:1
0:1:3:14:15:18:110:111:12:114:1
```

```
Testing Data
1:1:6:1:7:1:10:1:14:1
```

```
Results
1.0 1:1:6:1:7:1:10:1:14:1
```

Makine Öğrenimi Algoritmasını Koştur

Algoritma **1:1 6:1 7:1 10:1 14:1** modeli için 1.0 değeri dönmektedir. Bu değer bu sefer düzeni uygundur demektir. Seyahat firması bu düzeni hiç reel hayatta denemeden hâlihazırda kullandığı düzenden daha kârlı olabileceği onayını almıştır. Bu sistem kâr odaklı firmalar için karmaşık karar alma mekanizmasını kolaylaştırmakta zaman maliyetini ciddi miktarda düşürmektedir.

## 5.5. Karayolu Taşımacılığı Kapsamında Gelir Arttırıcı Sefer Düzenlerinin Zaman Temelli Sınıflandırılması

Problemin çözümü kapsamında kullanılan SVM (Destek Vektör Makinesi) algoritmasının eğitim seti, zamandan bağımsız olarak senelik verilerin ortalamalarından oluşturulmuştu. Fakat ticari hayatta problemin verilerinin dağılımı bu şekilde olmaz. Örneğin yıl içerisindeki tatil dönemleri (Ramazan Bayramı, Kurban Bayramı veya Okul Tatil Dönemleri vs) yolcu talebinde ciddi değişiklikler olduğu zaman dilimleridir. Bu noktada daha doğru sonuçlara ulaşmak için öncelikle SVM algoritmasında kullanılacak verimlilik hesabının değişmesi gerekliliği göze çarpıyor. Yeni denklem zaman temelli tanımlanmalıdır. Bu şekilde zaman temelli ortalama kârlılık değeri denklemi şöyle olacaktır:

$$\text{Ortalama Kârlılık Değeri } ;(t) = \frac{\text{İnen Yolcu } ;(t) + \text{Binen Yolcu } ;(t)}{\text{Koltuk Kapasitesi}}$$

*i: Durak Numarası*

*t: Zaman Dilimi*

(3)

Şekil 5.2: İki Durak Arası Zaman Bazlı Kârlılık Hesabı

Denklemin açıklaması şöyle olacaktır; “t” zamanındaki “i” durağının ortalama kârlılık değeri, “i” durağına “t” zamanında binen ve yine “i” durağından “t” zamanında inen kişi sayısının toplamının toplam yolcu kapasitesine oranıdır. Tablo-9’da Kurban Bayramı birinci gününe dair mesafe, inen ve binen yolcu sayısı tablosu verilmiştir. Kurban bayramı zaman dilimindeki değerlerin yıllık ortalama değerlerinden ciddi sapma gösterdiği görülmektedir.

Tablo 5.4: Kurban Bayramı Birinci Gün Seferi Duraklar Tablosu

<b>Duraklar</b>	<b>Mesafe (km)</b>	<b>İnen Yolcu</b>	<b>Binen Yolcu</b>	<b>Koltuk Kapasitesi</b>
<i>İstanbul</i>	0	0	40	40
<i>Gebze</i>	35	15	15	40
<i>Sakarya</i>	100	20	20	40
<i>Hendek</i>	100	5	0	40
<i>Düzce</i>	40	10	10	40
<i>Bolu</i>	30	18	23	40
<i>Ankara</i>	180	10	10	40
<i>Gölbaşı</i>	45	2	0	40
<i>Şereflikoçhisar</i>	70	4	6	40
<i>Aksaray</i>	100	5	5	40
<i>Ulukışla</i>	100	4	0	40
<i>Pozantı</i>	50	5	9	40
<i>Tarsus</i>	50	10	5	40
<i>Adana</i>	50	35	0	40

Tablo-9'dan hareketle yıllık ortalama değerlerdeki gibi 14 durağa da uğranan bir sefer oluşturduğumuzda modelleme için şu değerler atanır.

İstanbul:1 – Gebze:2 – Sakarya:3 – Hendek:4 – Düzce:5 – Bolu:6 – Ankara:7 – Gölbaşı:8 – Şereflikoçhisar:9 – Aksaray:10 – Ulukışla:11 – Pozantı:12 – Tarsus:13 – Adana:14

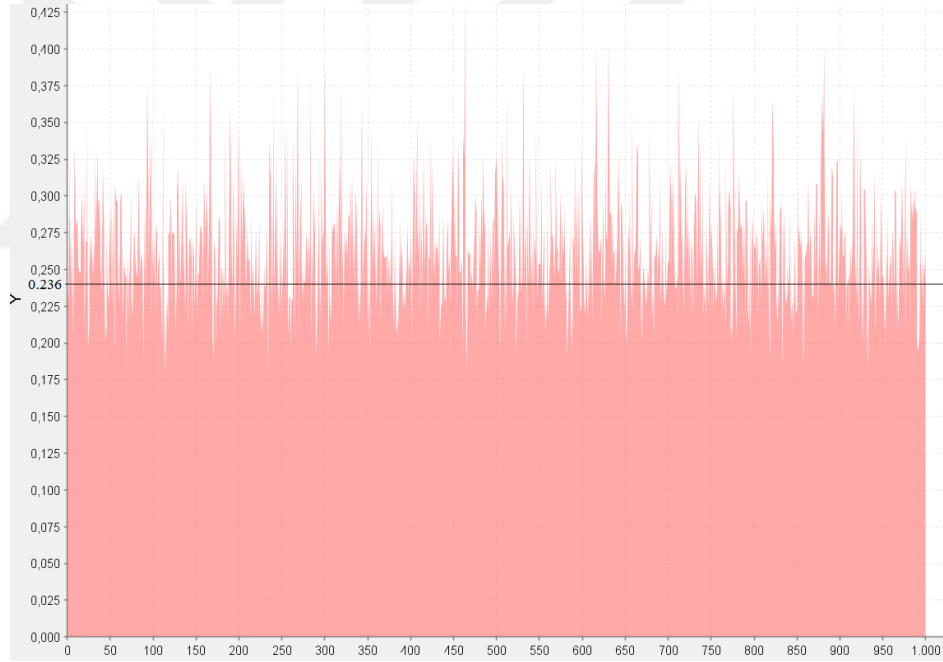


Bu seferin SVM eğitici kümesi için modellenmiş hali şu şekildedir:

**1:1 – 2:1 – 3:1 – 4:1 – 5:1 – 6:1 – 7:1 – 8:1 – 9:1 – 10:1 – 11:1 – 12:1 – 13:1 – 14:1**

Bu formasyonun yıllık ortalama değerler için ortalama kârlılık değeri 0,1067 idi. Fakat zaman temelli (Kurban Bayramı Birinci Günü) değerler göz önüne alındığında ortalama karlılık değeri 0,236 olmaktadır. Aynı sefer düzeninde bu seviyede ortalama verimlilik değeri değişimi ancak yüksek hareketlilik (talep artışı) ile açıklanabilir. Tablo-10 kombinasyonel çeşitlilik ile bilgisayar ortamında türetilen seferlerin dağılımı göstermektedir.

Tablo 5.5: Zaman Temelli Sefer Çözümleri Kümesi Dağılımı Grafiği



Tüm duraklara uğrandığı durumlarda yerel ortalama (Kurban Bayramı birinci günü değerleri ile) küresel ortalamadan (yıl içindeki ortalama değerler) yüksektir. Bu durum ise bu zaman diliminde tüm duraklara uğrayan bir sefer düzenini seçilebilir kılmaktadır. Kurban bayramı zaman dilimi bazındaki değerler ile oluşturulan sefer düzenleri ile SVM algoritması eğitildiğinde ve eğitilen algoritma koşturulduğunda en uygun değeri İstanbul – Gebze – Bolu – Ankara – Pozantı – Adana seferi almıştır. Zaman temelli yerel optimum sefer düzeninin genel optimum sefer düzeni kârlılık

değerinden oldukça yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Oysa ki yerel optimum sefer düzeni; yıllık ortalama değerler ile oluşturulan eğitim kümesi ile SVM algoritmasına sorulduğunda geçerli sefer onayını almamıza rağmen en uygun sefer olmadığı bilinmektedir. Bu durum SVM makine öğrenmesi tekniğinde eğitici kümenin oluşturulurken zaman temelinde de değerlendirme yapılmasının ve uygun sefer uygulamasının zaman temelli oluşturulan eğitici küme ile beslenmiş algoritma üzerinde yapılması gerekliliğini net bir şekilde ortaya koyar.



## 6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Gerek genetik algoritma olsun gerekse de makine öğrenimi tekniği (SVM) olsun ikisi de gelir optimizasyonu çözümleri sunmaktadırlar. Fakat bu iki çözüm de parametre seçimine etki etmemektedir. İki çözüm de parametreler seçildikten sonra ilgili parametreler doğrultusunda en uygun çözümü aramaktadırlar. Özellikle SVM tekniği kullanıldığında gelir arttırıcı çözüm önerisine karar niteliğinde cevap verebilmesi için ortalama kârlılık değeri hesabında kullandığı parametrelerin seçimi oldukça ön plana çıkmaktadır.

Seyahat firmasının sefer üzerindeki bütün duraklara uğradığı ve yolcu bıraktığı bir çözüm üzerine düşünüldüğünde “Gezgin Satıcı Problemi”ne olan benzerliğinden hareketle kullanılan genetik algoritmanın sefer düzenine karar vermesi doğrudan uygunluk fonksiyonu ile ilişkilidir. Bu noktada reel hayatta gerçeğe en yaklaşan çözüm ise uygunluk fonksiyonunun ne kadar etkili olduğuyla alakalıdır. Böylelikle uygunluk fonksiyonu için kapsama alınan parametrelerin öneminin büyüklüğü ortaya çıkmaktadır. Yani problemin çözümünde en uygun çözümü bulmak için parametre seçiminin de optimum olması üzerine çalışılmalıdır.

Koehn’in (1994) önerdiği (GANN: Genetik Algoritma ve Yapay Sinir Ağları Birleşimi) teknik ile yapay sinir ağlarına iletilecek verileri oluşturan parametrelerin seçimini genetik algoritma ile çözerek en uygun kümeyi bularak sonucun doğruluğunu arttırmış ve problemin çözüm maliyetini düşürmüşlerdir. Bu problemde çözüm maliyeti eğer genetik algoritma kullanılmazsa ciddi bir sorundur. Emel ve Taşkın’ın (2002: 145-146) belirttiği gibi gezgin satıcı probleminde her rotayı deneyecek basit bir algoritma ile problemin çözümünde uğranacak durağın sayısı arttığında problemin çözüm zamanı üssel olarak artmaktadır. Uğranacak şehir sayısı 30 olursa algoritmanın kombinasyonu  $29!$  olmaktadır yani algoritma  $29!$  tane durağı işleme alacaktır. Bu sayı  $8.841762e+30$  tane işleme eşittir. 3 Ghz 4 çekirdekli bir bilgisayarın saniyede 12 milyon işlem yaptığını düşünürsek problemin çözümü  $2.8037043e+23$  yıl süre alacaktır. Bu sonuç da yerel ve genel bazda en uygun sonucu

bulmak için aramanın hızlandırılması ve bunun için gerekli tekniklerin araştırılması ve bu tekniklerin genetik algoritmaya uygulanması gerekmektedir.

Problemin makine öğrenmesi ile çözülmesi için SVM tekniği kullanıldığında önemli olan hususlar karar verici ana öğelerden olan verimlilik hesabı ve bu hesaba katılacak parametreler ile algoritmayı eğiten eğitim setinin (training set) oluşturulmasıdır. Yine aynı şekilde verimlilik hesabı için kullanılacak parametreler oluşturulurken GANN tekniğindeki gibi parametrelerin en uygun biçimde seçilmesi kapsamında parametre seçimini bir algoritmanın arkasına saklamak ve bu algoritmanın sonucunu probleme eklemek süreci hızlandıracak ve daha doğru sonuçlara ulaşmaya yardım edecektir.

Çözümün güvenilirliğini arttırmak için eğitim setini gerçek hayattan alınan verilerle oluşturmak gerekmektedir. Problemimizde çözüm ararken eğitim seti bilgisayar ortamında var olan veriler üzerinden kombinasyonel rastgele üretilen sonuçlar üzerinden oluşturulmuştu. Fakat bu durum her ne kadar geniş bir küme oluştursa da problemin gerçek ve güvenilir çözümü bağlamında sorunlar yaratmaktadır. Problemin daha güvenilir biçimde çözülmesi için eğitim kümesinin çeşitli seyahat firmalarından alınan veriler ile oluşturulması gerekmektedir.

Tezin kapsamında da belirtildiği gibi ulaşım sistemleri güçlü ekonomi ile doğrudan ilişkilidir. Sürdürülebilir büyümeyi hedefleyen her ülkenin gelirlerinin bir kısmını daha iyi bir ulaşım altyapısı oluşturmak için harcamaları bunun açık bir göstergesidir. Kapalı bir ticari sisteme ulaşım sistemi bütünleştiğinde açık bir sisteme dönüşerek sistem bazında topluca rekabeti tetikleyerek kalitenin ve hacmin ciddi biçimde yükselttiği bir gerçektir.

Petrol üreten ülkeler dışındaki ülkeler için akaryakıt ciddi bir ithalat hacmidir. Bu ülkeler için bu harcamalar iç ve dış ticaret dengesini etkiler. Sürdürülebilir büyüme için akaryakıt harcamaları en büyük engellerden biridir. Dolayısıyla Türkiye

bazında en çok kullanılan ulaştırma yöntemi olan karayolu taşımacılığında yapılacak seferlerin oldukça iyi şekilde planlanması gerekir. Tez kapsamında en iyi sefer düzeni aranmış ve en iyi seferdeki kârlılık analizi yapılmıştır. Sefer düzeni iyi seçilen bir seyahat güzergâhında kârlılık artarak giderlerin de en az seviyeye çekilmesiyle ilgili firmanın rekabetçi gücü arttırılmıştır.

Karayolu yolcu taşımacılığında Türkiye’de hâlihazırda temel düzeyde gelir yönetimi yapılmaya başlanmıştır. Fakat şimdiki sistemde sadece yolcu sayısının yoğun olduğu zamanlarda bilet ücreti arttırılıp anlık olarak sefer sayıları da arttırılmıştır. Bu durumda da sefer düzeni analizi yapılmadığından en yoğun dönemlerde bile yanlış rotalar izlenerek gereksiz akaryakıt maliyeti oluşturulmaktadır. Bunlara ek olarak durgun dönemlerde de akıllı sistemlerle sefer ve ücret politikası üretilmediğinden tüketicinin ilgisini çekecek cazip ücret veya sefer düzeni önerilememiş bu durumda da ek gelir elde edilip ekonomide hareket oluşturulacakken bundan mahrum kalınmıştır.

Tezin kapsamında ise karayolu taşımacılığı şirketlerinin olası sefer düzeni ve yolcu sayıları incelenmiş buradan hareketle bir istatistiksel tablo oluşturulmuştur. Bu tablonun içeriğindeki veri seti üzerinde Makine Öğrenimi tekniklerinden SVM algoritması kullanılmıştır. Böylelikle karayolu taşımacılığı yapan firmaya öneri verebilecek akıllı bir sistem oluşturulmuştur. Bu sistem tez kapsamındaki verilerle denenmiş ve oldukça başarılı bir sonuç vermiştir. Bu yöntem sahadaki verilerin toplanıp istatistiksel bir sonuç üreterek sistemin kendi kendini öğrenip en iyi sonucu elde etmeye çalışması ile Endüstri 4.0 tekniklerini de içinde barındırmaktadır. Tez kapsamındaki veri setindeki sonuçlar dâhilinde açıkça görünmüştür ki karayolu şirketlerinin yıl içindeki yoğunluğa göre değişen ücret ve sefer düzeni politikaları ile gelirini arttıran ve giderini azaltan çözümler olasıdır. Tezdeki deneysel ortamda sonuçlar göstermiştir ki ulaşımdaki ticari gücün sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla bu yöntemlerin sahada yaygınlaştırılması ve kullanılması faydalı olacaktır.

## KAYNAKLAR

Aizerman, A., Emmanuel M. Braverman, and L. I. Rozner. (1964). "Theoretical foundations of the potential function method in pattern recognition learning." *Automation and remote control* 25 (1964): 821-837.

Ardıç, Kadir & Sadaklıoğlu, Hümeýra (2009). "Şehirlerarası Yolcu Taşımacılığında Hizmet Kalitesinin Ölçümü: Tokat Örneđi". *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(3).

Atık, Saffet (1979). "Türkiye'de Demiryollarının Tarihsel Gelişim Süreci ve Mekân Organizasyonuna Etkileri". *1. Ulusal Demiryolu Kongresi (Bildiriler)*, Ankara.

Donald, Michie; Spiegelhalter, David and Taylor, Charles. (1994). *Machine learning, neural and statistical classification*

Ergün, İsmet. 1985, Türkiye'nin Ekonomik Kalkınmasında Ulaştırma Sektörü, Hacettepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yayınları No:10, Ankara.

Grefenstette, John; Gopal, Rajeev; Rosmaita, Brian & Van Gucht, Dirk. (1985, July). "Genetic algorithms for the traveling salesman problem". In *Proceedings of the first International Conference on Genetic Algorithms and their Applications* (pp. 160-168). Lawrence Erlbaum, New Jersey (160-168).

Güzel, Elem & Saraçoğlu, Diyar. (2010). "Genetik Algoritma Desteđi İçin Bir Java Kütüphanesi JGAP". *Akademik Bilişim Bildirisi*

Holland, John Henry (1975). *Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence*. U Michigan Press.

Kabasakal, Ali & Solak, Ali Osman (2010). "Demiryolu ve karayolu ulaştırma sistemlerinin ekonomik etkinlik analizi". *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1), 123-136

Kara, Hasan (2015). "Otobüs İşletmelerinde Gelir Arttırıcı Yönetmel Stratejiler". *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2(2).

Kaufman, David E. and Smith, Robert L. (1993). "Fastest paths in time-dependent networks for intelligent vehicle-highway systems applications", *IVHS Journal* 1 (1), 1-11.

Koehn, Philipp. (1994). "Combining genetic algorithms and neural networks: The encoding problem."

Korkmaz, Murat & Dilbaz Alacahan, Nur (2012). "Karayolu Yolcu Taşımacılığı Katma Değer Tahmininin Detaylı Analizi". *Dergi Karadeniz*, 20(20).

Köğmen, Zafer. (2014). "Karayolu Taşımacılığının Diğer Taşımacılık Modlarıyla Karşılaştırılması Ve Sağladığı Avantajlar". *Ulaştırma, Denizcilik Ve Haberleşme Bakanlığı. Ulaştırma ve Haberleşme Uzmanlığı Tezi*. Ankara

Pallottino, Stefano & Scutella, Maria Grazia (1998). Shortest path algorithms in transportation models: classical and innovative aspects. In *Equilibrium and advanced transportation modelling* (pp. 245-281). Springer US.

Pattnaik, S., Mohan, S., and Tom, V. (1998). "Urban Bus Transit Route Network Design Using Genetic Algorithm". *J. Transp. Eng.*, 10.1061/(ASCE)0733-947X(1998)124:4(368), 368-375.

Rosenblatt, Frank. "The Perceptron: A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain". *Cornell Aeronautical Laboratory, Psychological Review*, v65, No. 6, pp. 386-408. doi:10.1037/h0042519. 1958

Şendağ, Volkan. "Ulaştırma Harcamaları Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Ekonomisi Üzerine Bir Uygulama". MS thesis. *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*, 2007.

Taşkın, Çağatay & Emel, Gül Gökay (2002). “Genetik Algoritmalar ve Uygulama Alanları”. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(1), 129-152.

Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma Bakanlığı, 1993, Cumhuriyetin 70. Yılında Ulaştırma, Haberleşme

Web 1, (2017), Creating a GUI With JFC/Swing.

<https://docs.oracle.com/javase/tutorial/uiswing/> (Erişim Tarihi: 26 Mart 2017).

Web 2, (2017), Java Genetic Algorithms Package. <http://jgap.sourceforge.net> (Erişim Tarihi: 26 Mart 2017).

Web 3, (2015), Müsiad. “Lojistik Sektöründe Sürdürülebilirlik (2015)”,  
([http://www.musiad.org.tr/F/Root/Arastirma ve Yayinlar/Arastirma Raporlari/Arastirma Raporlari/lojistik\\_sektor\\_raporu\\_2015.pdf](http://www.musiad.org.tr/F/Root/Arastirma_ve_Yayinlar/Arastirma_Raporlari/Arastirma_Raporlari/lojistik_sektor_raporu_2015.pdf)) (Erişim Tarihi: 26 Mart 2017).

Web 4, (2017), Netbeans Platform. <https://netbeans.org/features/platform/> (Erişim Tarihi: 26 Mart 2017).

Web 5, (2006), Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı. “Türkiye’de Karayolu Taşımacılığı”, [http://www.mfa.gov.tr/turkiye\\_de-karayolu-tasimaciligi-.tr.mfa](http://www.mfa.gov.tr/turkiye_de-karayolu-tasimaciligi-.tr.mfa) (Erişim Tarihi: 26 Mart 2017).

Web 6, (2016), Türkiye İstatistik Kurumu.

([http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab\\_id=354](http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=354)) (Erişim Tarihi: 26 Mart 2017).

Web 7, (2014), Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı. “Onuncu Kalkınma Planı (2014 - 2018)”,

([http://www.kalkinma.gov.tr/Lists/Yaynlar/Attachments/680/2016\\_Programi.pdf](http://www.kalkinma.gov.tr/Lists/Yaynlar/Attachments/680/2016_Programi.pdf)) (Erişim Tarihi: 26 Mart 2017).



## ÖZGEÇMİŞ

Çağrı Eroğlu 1985 yılında Adana’da doğdu. 2003 yılında başladığı İstanbul Teknik Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünü 2008 yılında başarıyla tamamlamıştır. 2013 yılında Gebze Teknik Üniversitesinde İşletme Yüksek Lisansına başlamıştır. İşletme alanı ile bilgisayar bilimleri tekniklerini birleştirerek çeşitli problemlere çözümler üretmek üzere bilimsel araştırmalar yapmaktadır.

