EŞ ZAMANLI TAŞIMACILIK İHALELERİNDE FİYAT TEKLİFİ ENİYİLEME

ÇAĞLA GÜL AKYOL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

TOBB EKONOMİ VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EYLÜL 2012

ANKARA

Fen Bilimleri Enstitü onayı

_____

Prof. Dr. Ünver KAYNAK
Müdür

Bu tezin Yüksek Lisans derecesinin tüm gereksinimlerini sağladığını onaylarım.

_____

Prof. Dr. Ömer SAATÇİOĞLU
Anabilim Dalı Başkanı

ÇAĞLA GÜL AKYOL tarafından hazırlanan EŞ ZAMANLI TAŞIMACILIK İHALELERİNDE FİYAT TEKLİFİ ENİYİLEME adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

_____

Yrd. Doç. Dr. Gültekin KUYZU
Tez Danışmanı

Tez Jüri Üyeleri

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Salih TEKİN _____

Üye : Yrd. Doç. Dr. Gültekin KUYZU _____

Üye : Doç. Dr. Erdem ACAR _____

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Çağla Gül AKYOL

Üniversitesi	**:**	**TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi**
Enstitüsü	**:**	**Fen Bilimleri**
Anabilim Dalı	**:**	**Endüstri Mühendisliği**
Tez Danışmanı	**:**	**Yrd. Doç. Dr. Gültekin KUYZU**
Tez Türü ve Tarihi	**:**	**Yüksek Lisans – Eylül 2012**

Çağla Gül AKYOL

EŞ ZAMANLI TAŞIMACILIK İHALELERİNDE FİYAT TEKLİFİ ENİYİLEME

ÖZET

Bu tezde, tam kamyon yükü taşıyıcısı açısından eş zamanlı taşımacılık ihaleleri ele alınmıştır. Göndericilerin ihtiyaç duydukları güzergâhlar için taşıyıcılardan fiyat teklifi talep ettiği, taşıyıcıların fiyat tekliflerini gizli verdiği ve göndericilerin en düşük teklif veren taşıyıcının hizmetini satın aldığı taşımacılık ihalelerinde, taşıyıcıların karşılaştığı fiyat teklifi verme problemi üzerine çalışılmıştır. Çalışılan ihale yapısında, taşıyıcılar çok sayıda güzergâha eş zamanlı olarak teklif vermektedir. Fiyat tekliflerinin, taşıyıcıların kâr edebilmesi için yüksek ancak taşıyıcıların güzergâhları kazanabilmesi için ise düşük olması gerekmektedir. Ayrıca, taşıyıcılar ihale bitene kadar kazandığı güzergâhları bilmediğinden toplam maliyetini hesaplayamamakta ve bu durum güzergâhlar için vereceği teklifi belirsizleştirmektedir. Bu yüzden, taşıyıcının beklenen kârını maksimize etme amaçlı stokastik fiyat teklifi eniyileme problemi formüle edilmiş ve bu problemin çözümünde farklı en düşük rakip teklifi dağılımları için koordinat arama algoritması geliştirilmiştir. En düşük rakip teklifinin Normal Dağılım'a ve Ampirik Dağılım'a sahip olduğu durumlar için algoritma incelenmiştir. Geliştirilen algoritmanın taşıyıcının kârı üzerine etkisini göstermek amacıyla deneysel çalışmalar yapılmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Taşımacılık İhaleleri, Fiyat Eniyileme, Güzergah Kaplama Problemi.

University	:	**TOBB University of Economics and Technology**
Institute	:	**Institute of Natural and Applied Sciences**
Science Programme	:	**Industrial Engineering**
Supervisor	:	**Asst. Prof. Gültekin KUYZU**
Degree Awarded and Date	:	**M.Sc. – September 2012**

Çağla Gül AKYOL

BID PRICE OPTIMIZATION IN SIMULTANEOUS TRUCKLOAD TRANSPORTATION AUCTIONS

ABSTRACT

In this thesis, simultaneous truckload transportation auctions are studied from the truckload carriers' perspective. We look at the bid determination problem faced by carriers in transportation procurement auctions. The auction mechanism is that a shipper requests quotes from the carriers and purchases the services of the lowest bidder. Bidders submit one bid in a concealed fashion and must place bids on multiple lanes simultaneously. Bid prices must be as high as possible for more profit but as low as possible for winning the lanes. In addition, the carriers do not know their operating cost until the end of the auctions because of the uncertainty of winning the lanes. Therefore, we model the problem as a stochastic bid optimization problem for maximizing of the carrier's expected profit and propose a coordinate search algorithm for solving this problem. The algorithm is investigated when the lowest bid of the competing carriers is an independent continuous random variable which is normally and empirically distributed. We conduct a simulation study to show the impact of the coordinate search algorithm and positive results on the carrier's profit are obtained.

Keywords: Truckload Procurement Auctions, Bid Optimization, Lane Covering Problem.

TEŞEKKÜR

İlk olarak danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Gültekin KUYZU'ya tezim sırasındaki çalışmalarım boyunca vermiş olduğu desteğinden ve yönlendirmelerinden dolayı teşekkür etmek istiyorum. Tezimi okuyarak tavsiyelerde bulunan tez jürimdeki Doç Dr. Erdem ACAR ve Yrd. Doç. Dr. Salih TEKİN'e, her konuda her zaman destekçim olan aileme, yüksek lisans eğitimim boyunca destekleriyle yanımda olan tüm arkadaşlarıma ve maddi destekleri için TÜBİTAK ve okuluma teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

1 GİRİŞ **1**

2 LİTERATÜR ARAŞTIRMASI **3**

2.1 İhale Teorisi 3

2.2 Satın Alma İhaleleri 5

2.3 Taşımacılık İhaleleri 8

3 PROBLEM TANIMI VE ENİYİLEME MODELİ **12**

3.1 Güzergah Kaplama Problemi 14

3.2 En Düşük Rakip Teklifi Olasılık Dağılımı 15

3.2.1 Normal Dağılım 15

3.2.2 Ampirik Dağılım 16

4 KONKAVLIK ANALİZİ **18**

4.1 Normal Dağılımlı Yaklaşım 18

4.1.1 Tek Güzergah 18

4.1.2 İki Güzergah 22

4.1.3 Özet 25

4.2 Ampirik Dağılımlı Yaklaşım 26

5 ÇÖZÜM YAKLAŞIMI **27**

5.1 Normal Dağılımlı Yaklaşım 27

5.2 Ampirik Dağılımlı Yaklaşım 29

5.3 Maliyet Hesaplama Yöntemleri 31

5.3.1 Maliyeti Güzergah Kaplama Problemi Sezgiseli ile Hesaplama . . 32

5.3.2 Maliyeti Mevcut Ağdaki Boşluklara Yeni Güzergah Ekleyerek Hesaplama 34

6 DENEYSEL ÇALIŞMALAR **36**

6.1 Normal Dağılımlı Yaklaşım 39

6.2 Düzgün Dağılımlı Yaklaşım 40

6.3 Ampirik Dağılımlı Yaklaşım 41
6.4 Sonuçlar 42
6.4.1 Normal Dağılımlı Yaklaşım 43
6.4.2 Düzgün Dağılımlı Yaklaşım 49
6.4.3 Ampirik Dağılımlı Yaklaşım 58
6.4.4 Yaklaşımların Karşılaştırılması 66

7 DEĞERLENDİRME VE GELECEK ÇALIŞMALAR 71

ÖZGEÇMİŞ 79

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

3.1 Ampirik Dağılım Fonksiyonu'nun Grafik Üzerinde Gösterimi 17

4.1 Yardımcı Teorem 1'in Grafik Üzerinde Gösterimi 19
4.2 Tek Güzergahlı İhale Fonksiyonu 22
4.3 Mevcut Ağ ve İki Güzergahlı İhale 25
4.4 Aynı İki Güzergaha Sahip İhale için Kar Fonksiyonu 25

5.1 Tek Boyut için Amaç Fonksiyonu'na ait Grafik 28
5.2 İki Turun Birleştirilmesi Örneği 32
5.3 Yeni Güzergahı Boşluğa Ekleme Örneği 34

6.1 9 Bölgenin Yerleşimi 36
6.2 Düzgün Dağılım Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu 41
6.3 Normal Dağılımlı ve GKP Çözümlü AB = 60, GKP-AS = 0,25 ve KM = 0,3 69
6.4 Normal Dağılımlı ve GKP Çözümlü AB = 30, GKP-AS = 0,5 ve KM = 0,1 70

TABLOLARIN LİSTESİ

6.1 Normal Dağılım ve GKP Çözümü için Birim Başına Kar Değerleri . . . 45
6.2 Normal Dağılım ve GKP Çözümü için Kar Değerleri 46
6.3 Normal Dağılım ve GKP Çözümü için Kazanılan İhale Sayıları 47
6.4 Normal Dağılım ve GKP Çözümü için CPU Zamanları 48
6.5 Normal Dağılım ve Boşluğa Ekleme Çözümü için Birim Başına Kar Değerleri 50
6.6 Normal Dağılım ve Boşluğa Ekleme Çözümü için Kar Değerleri 50
6.7 Normal Dağılım ve Boşluğa Ekleme Çözümü için Kazanılan İhale Sayıları 51
6.8 Normal Dağılım ve Boşluğa Ekleme Çözümü için CPU Zamanları 51
6.9 Düzgün Dağılım ve GKP Çözümü için Birim Başına Kar Değerleri . . . 54
6.10 Düzgün Dağılım ve GKP Çözümü için Kar Değerleri 55
6.11 Düzgün Dağılım ve GKP Çözümü için Kazanılan İhale Sayıları 56
6.12 Düzgün Dağılım ve GKP Çözümü için CPU Zamanları 57
6.13 Düzgün Dağılım ve Boşluğa Ekleme Çözümü için Birim Başına Kar Değerleri 58
6.14 Düzgün Dağılım ve Boşluğa Ekleme Çözümü için Kar Değerleri 59
6.15 Düzgün Dağılım ve Boşluğa Ekleme Çözümü için Kazanılan İhale Sayıları 59
6.16 Düzgün Dağılım ve Boşluğa Ekleme Çözümü için CPU Zamanları 60
6.17 Ampirik Dağılım ve GKP Çözümü için Birim Başına Kar Değerleri . . . 62
6.18 Ampirik Dağılım ve GKP Çözümü için Kar Değerleri 63
6.19 Ampirik Dağılım ve GKP Çözümü için Kazanılan İhale Sayıları 64
6.20 Ampirik Dağılım ve GKP Çözümü için CPU Zamanları 65
6.21 Ampirik Dağılım ve Boşluğa Ekleme Çözümü için Birim Başına Kar Değerleri 67
6.22 Ampirik Dağılım ve Boşluğa Ekleme Çözümü için Kar Değerleri 67
6.23 Ampirik Dağılım ve Boşluğa Ekleme Çözümü için Kazanılan İhale Sayıları 68
6.24 Ampirik Dağılım ve Boşluğa Ekleme Çözümü için CPU Zamanları . . . 68

Algoritmaların Listesi

1 Koordinat Arama Algoritması 1 29
2 Normal Dağılım için En Büyük Değeri Bulma 30
3 Koordinat Arama Algoritması 2 30
4 Ampirik Dağılım için En Büyük Değeri Bulma 31
5 Güzergah Kaplama Problemi Sezgiseli 33
6 Mevcut Ağdaki Boşluklara Yeni Güzergah Ekleme Sezgiseli 35
7 Mevcut Ağ Oluşturma Algoritması 37

1. GİRİŞ

İhaleler çok eski zamanlardan bu yana ekonomik işlemlerin yürütülmesinde kullanılmaktadır. İhaleler önceleri teklif çağrısı (Request for Proposals) ya da fiyat teklifi talebi (Request for Quotations) şeklinde kağıt üzerinde gerçekleştirilirken, internet kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte satın alma işlemleri internete taşınmış ve internet ihaleleri kavramı ortaya çıkmıştır. Daha hızlı ihale süreci, daha geniş alıcı ve satıcı kitlesi, daha kısa tedarik zamanı gibi avantajlar sağladığı için internet ihalelerinin önemi günümüzde giderek artmaktadır. İnternet ihaleleri, gerçek hayatta farklı alanlarda kullanılan bir araç olduğu için literatürde de gerekli ilgiyi görmektedir. Ekonomistler, yöneylem araştırmacılar ve bilgisayar bilimciler ihale konusunu farklı açılardan ele alarak birçok çalışma yapmıştır. Ekonomistler genellikle ihale mekanizması tasarımı konusunu ele alarak daha iyi bir ihale ortamının nasıl yaratılacağına dair çalışmalar yapmıştır. Bilgisayar bilimciler ve yöneylem araştırmacılar ise ihalelerin mekanizmalarına göre ihaleci ya da teklifçi kararlarının nasıl olması gerektiğine dair çalışmalar yapmıştır.

Bu tezde, tam kamyon yükü taşıyıcısı açısından tek güzergahlı eş zamanlı taşımacılık ihalelerinde teklif verme stratejilerinin analizi ve tasarımı ele alınmıştır. Taşımacılık sektörü için yapılan bu çalışma, tekliflerin gizli verildiği tersine ihale süreçlerini kapsamaktadır. İhale sürecinde göndericiler ihtiyaç duydukları güzergâhlar için taşıyıcılardan fiyat teklifi talep eder, taşıyıcılar fiyat tekliflerini gizli olarak bildirir ve göndericiler en düşük teklif veren taşıyıcının hizmetini teklif değerinden satın alır. Bu süreçte, taşıyıcının karşılaştığı teklif verme problemi üzerine çalışılmıştır. Taşıyıcılar, çok sayıda güzergâha eş zamanlı olarak ayrı ayrı teklif vermektedir. En düşük teklif veren taşıyıcı ihaleyi kazandığı için taşıyıcılar yüksek teklif verdiğinde ihaleyi kaybetme riski ortaya çıkmaktadır. Düşük teklif verdiğindeyse, hizmet verme maliyeti gelirinden fazla olup zarar etme riski ortaya çıkmaktadır. İhaleler bitene kadar taşıyıcı sahip olduğu yeni güzergahları bilmediği için toplam maliyetini bilmemektedir. Maliyetin belirsizliği güzergahlar için verilecek teklifleri belirsizleştirmektedir. Taşıyıcı teklif verirken olası rakip tekliflerini, ihaleler sonunda sahip olacağı olası geliri ve maliyeti hesaba katmak zorundadır. Bu yüzden, taşıyıcının beklenen karını en büyükleme amaçlı stokastik fiyat teklifi eniyileme problemi formüle edilmiş ve çözümü için sezgisel bir algoritma geliştirilmiştir. Taşıyıcı için fiyat teklifi eniyilemenin önemi, rassal olarak üretilen örneklerle deneysel olarak gösterilmiştir.

Tez çalışması 7 bölüm şeklinde ele alınmıştır. Bir sonraki bölümde ihale teorisine, satın alma ve taşımacılık ihalelerinin kullanımı ve faydalarına ait literatür araştırması yer almaktadır. Üçüncü bölümde, ele alınan problem ve problem için beklenen karı

en büyükleyeme modeli yer almaktadır. Dördüncü bölümde, problem en büyükleme problemi olduğu için amaç fonksiyonunun yapısı konkavlık açısından incelenerek problemin karmaşıklığı gösterilmektedir. Beşinci bölümde, problemin çözümü için geliştirilen sezgisel algoritma yer almaktadır. Altıncı bölümde, sezgisel algoritma kullanımının etkisini göstermek için yapılan deneysel çalışmalar yer almaktadır. Son bölümde ise çalışmayla ilgili sonuçlar ve yorumlarla birlikte problemle ilgili gelecekte yapılabilecek çalışmalar yer almaktadır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde *auction* başlığı altında ele alınan bu konu Türkçe'de *ihale* olarak adlandırılmaktadır. Bununla birlikte, tekliflerin açık yapıldığı ihaleler için *açık arttırma* ya da *açık eksiltme* terimleri de kullanılmaktadır. Bu çalışmada, gizli teklif verme ele alındığı için *ihale* teriminin kullanılması tercih edilmiştir.

İhaleler konusunda ilk çalışmalar 1940'lı yıllarda başlamış ve bu konuyla ilgili günümüze kadar birçok çalışma yapılmıştır. İnternetin hayatımıza girmesiyle birlikte, 1990'larda internet ihaleleri ortaya çıkmış ve ihale konusuna ilgi daha da artmıştır. İhaleler, birçok sektörde ekonomik işlemlerin yürütülmesinde kullanıldığından literatürde kendisine geniş bir yer bulmuştur. Tezin bu bölümünde eş zamanlı taşımacılık ihalelerinde fiyat teklifi en iyileme problemiyle ilgili literatür araştırması 3 başlık altında ele alınmaktadır.

2.1 İhale Teorisi

İhaleler, çok eski zamanlardan günümüze kadar taşınmış olan bir araçtır. Babilliler eşlerini açık arttırma ile bulurdu, Antik Yunanlılar maden imtiyazlarını açık arttırma ile satardı ve Romalılar savaş ganimetlerinden borçluların mülkiyetlerine kadar ihale ile satış yapardı. Modern dünyada ise ihaleler, ekonomik işlemlerin önemli bir bölümünü yürütmek için kullanılmaktadır. Hükümetler hazine bonoları, yabancı paralar, maden hakları, özelleştirilecek firmalar gibi varlıkları ihale yoluyla satmaktadır [29]. İhaleler, milattan önce 500'lü yıllarda kullanılmaya başlanmasına rağmen ilk akademik çalışma 1944 yılında yapılmıştır. Oyun teorisi yaklaşımı açısından ise ilk olarak 1956 yılında Friedman ve 1961 yılında Vickrey tarafından ele alınmıştır [35].

İhaleler, katılımcılardan gelen tekliflere dayanan fiyatların ve kaynakların atanmasını belirleyen kuralların olduğu bir pazar kurumudur [38]. İhale teorisi, yıllardan beri ekonomi literatüründe dikkate alınan önemli konulardan biridir. Geleneksel ihalelerde satın alıcılar, bir ürünün veya hizmetin fiyatını belirlemek için bir araya gelmektedir. Bu ihale tipi, ileri ihale tipi olarak adlandırılmaktadır. İleri ihalelerde birçok satın alıcı, tek bir satıcıdan ürünleri satın almak için rekabet etmektedir. Satın alıcılar teklif verir ve satıcının amacı fiyatı yukarı çekerek gelirini arttırmaktır. Bir diğer ihale tipi ise satın alma faaliyetleri için kullanılan tersine ihalelerdir. Tersine ihalelerde, satın alıcının ihtiyaçlarını karşılamak için pek çok satıcı veya tedarikçi ihalede yer almaktadır. Satıcılar teklif verir ve satın alıcının amacı fiyatı aşağı çekerek maliyetini azaltmaktır. Tersine ihale formatında kazananın pişmanlığı ve kaybedenin pişmanlığı şeklinde olmak

üzere iki tip pişmanlık vardır. Kazananın pişmanlığı, kendi teklifi ile kendisine en yakın teklif arasında çok fark olmasıdır. Kaybedenin pişmanlığı ise avantajlı bir fiyatta kazanma fırsatını kaçırmaktır. Wiggans ve Katok [57] her iki tip pişmanlığı da ele alan deneysel çalışmalar yapmışlardır.

İhaleler, ileri ve tersine ihaleler şeklinde sınıflandırılabildiği gibi, ihalede yer alan bileşen sayısına göre tek parçalı ve çok parçalı ihaleler olarak da sınıflandırabilmektedir. Yine, tekliflerin diğer teklifçiler tarafından bilindiği açık ihaleler ya da bilinmediği kapalı ihaleler şeklinde sınıflandırılabilmektedir [46].

Standart ihale tipinde, potansiyel satın alıcılar arasından en yüksek teklifi veren ihaleyi kazanmaktadır. İhale çeşitlendirmesi farklılaşmasına rağmen, tek parçalı ihaleler geleneksel olarak 4 türe ayrılmaktadır:

1. Artan Teklifli İhale(İngiliz İhalesi): Bu ihalede, fiyat tek bir teklifçi kalana kadar artar ve en son fiyatı veren katılımcı ihaleyi kazanır. Bütün teklifçiler, sunulan teklifleri bilmektedir.

2. Azalan Teklifli İhale(Hollanda İhalesi): İngiliz ihale tipinin tam tersidir. İhale, ihalecinin belirlediği yüksek fiyatla başlar ve ihaleci fiyatı, o fiyattan almak isteyen bir katılımcı çıkana kadar sürekli olarak düşürür. Son fiyatı kabul eden ilk teklifçi parçayı kazanır [28].

3. Birinci-fiyat Kapalı Zarf İhalesi: Her teklifçi birbirinden bağımsız olarak kapalı bir şekilde yani sunulan teklifleri bilmeden tek teklif yapmaktadır. En yüksek teklifi veren teklifçi ihaleyi kazanmaktadır ve teklif ettiği kadarını ödemektedir [32].

4. İkinci-fiyat Kapalı Zarf İhalesi(Vickrey İhalesi): Her teklifçi birbirinden bağımsız olarak kapalı bir şekilde yani sunulan teklifleri bilmeden teklif yapmaktadır. En yüksek teklifi veren teklifçi ihaleyi kazanmaktadır ve kendi teklifi kadarını değil ikinci en yüksek teklif kadarını ödemektedir [38].

İhaleler her zaman tek parçalı olmamakta ve çok parçalı ihaleler de yapılmaktadır. Tek parçalı ihale türleri için yukarıda bahsedilen mekanizmalar, çok parçalı ihaleler için de uygulanmaktadır. Çok parçalı ihalelerde bazı parçalar birbirinin ikamesi, bazılarıysa tamamlayıcısı olabilmektedir. İkame durumunda parçaların bir aradayken marjinal faydası azalırken, tamamlayıcı olma durumunda artmaktadır. Çok parçalı ihalelerde parçalar bir arada satılıyorsa eş zamanlı, sırayla satılıyorsa ardışık ihale olarak adlandırılır. İhalelerde teklifler ihale bitene kadar bilinmiyorsa kapalı, herkes tarafından biliniyorsa açık ihale olarak adlandırılır. İhale kuralı, verilen tekliflerin azalması yönündeyse tersine(azalan) ihale, artması yönündeyse ileri ihale olarak adlandırılır.

İnternetin hayatımıza girmesiyle birlikte, ürün ve hizmetler internet üzerinden satın alınmaya ve satılmaya başlanmıştır. İnternet ihaleleri satın alma organizasyonlarına daha düşük işlem maliyeti, daha kısa sipariş teslim zamanı, teklif vermeye hazır daha fazla hizmet sağlayıcı ve daha rekabetçi fiyatlar gibi bir takım faydalar sunmuştur [25]. ebay [17], uBid [55], GittiGidiyor [22], bizde [10] gibi siteler internet ihaleleri için kullanılmaktadır.

İnternet ihalelerinin, geleneksel ihalelerden farklılaştığı 3 nokta vardır:

1. Alıcılar ve satıcılar coğrafi olarak dağınıktır.
2. Ürün ve hizmetler için fiyatlar sadece satıcı tarafından değil, alıcı ve satıcı tarafından ortaklaşa belirlenmektedir.
3. Bütün ürün ve hizmetler nihayetinde satılmaktadır [27].

İnternet ihaleleri süreci genel olarak 6 adımda ilerlemektedir:

1. Satıcı ve satın alıcı ihaleye kaydını yaptırır.
2. Satılacak ürünler tanıtılır, ihale kuralları belirlenir ve ihale başlar.
3. Yapılacak ihaleler potansiyel satın alıcılara bildirilir.
4. Bütün teklifler toplanır ve ihale kapanana kadar doğruluğu kontrol edilir.
5. İhalenin kapanış kuralları uygulanır, kazananlar ve kaybedenler belirlenir.
6. Ödeme ve ürün ulaştırma gerçekleştirilir [33].

2.2 Satın Alma İhaleleri

1990'ların başında internet ihaleleri satın alma problemleri için önemli bir araç olarak görülmüştür. Satın alıcılar, ihalelerde yeterli sayıda tedarikçi olursa ve bu tedarikçiler arasında rekabet ortamı yaratılırsa maliyetlerini düşürebileceklerine inanmışlardır. Ancak sadece fiyat odaklı pazar; kalite, güvenilirlik, ulaştırma koşulları gibi parayla ölçülemeyen şartları göz ardı etmeye sebep olmuştur. Bugün, internet ihaleleri halâ fiyat odaklı bir süreç olarak görülmektedir ancak satın alma sürecinin sadece bir aşamasını oluşturmaktadır. Tedarikçileri nitelendirmek, becerilerini anlamak ve ürün gerekliliklerileriyle ilgili iletişim kurmak için satın alıcılar ihale öncesi tedarikçilerle bilgi alışverişi yapmaktadır. Hatta ihale sırasında da görüşmeler yapıldıktan sonra satın alıcı, hangi firmanın hizmetini satın alacağına karar vermektedir [18].

Satın alma ihaleleri, satın alıcıların yerine satıcıların teklif vermesinden dolayı tersine ihale tipi olarak bilinmektedir. Standart ihalelerde satın alıcılar değer biçerken, tersine ihalelerde satıcılar teklif vermektedir ve en düşük teklifi veren satıcı ihaleyi kazanmaktadır [34].

İnternet geliştikçe, firmalar tedarik zincirlerini desteklemek için ürünlerin ve hizmetlerin temininde internetin güçlü bir araç olduğunun farkına varmıştır. İnternet ihaleleri gibi internet üzerindeki rekabetçi satın almalar, firmalara satın alma gücünü arttırma, daha fazla sayıda tedarikçi ve tedarik süreçlerinin etkinliğini arttırma şansı sunmuştur [7].

Elektronik tersine ihaleler, tedarikçiler arasındaki rekabeti arttırarak avantajlı fiyatlandırma ve sözleşme şartlarına sahip olma imkanı sunmuştur. Bu avantajlara ek olarak, genel masrafları ve zamanı azalttığı söylenebilir [51]. İnternet üzerinden tedarik ihalelerinin kullanımın artmasının 2 ana sebebi vardır:

1. Bu ihaleler, satın alan firmalar için finansal kazanç sağlamaktadır. (Cohn 2000, bu ihaleler sayesinde genel olarak %15 kazanç sağlandığını göstermiştir.)

2. Tedarik zamanını önemli derecede azaltmıştır [41].

Jap [26] satın alma işlemlerinde ihalelerin kullanımını incelemiştir ve 4 ana konuyu ele almıştır: Teorik ve fiziksel ihaleler arasındaki farklılıklar, tersine internet ihalelerinin kullanıldığı durumlar, ihaleleri yapılandırma yöntemleri ve ihale performansının değerlendirilmesi. Lee vd. [41] başarılı bir ihale mekanizmasında, teklifçilerin sadece verdikleri fiyatla değil aynı zamanda kalitesi, ulaştırma zamanı, güvenilirlik gibi etkenlerle değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Ayrıca, rekabetçi fiyatlandırma yaratmak için yeterli sayıda teklifçi olması gerektiğini belirtmişlerdir. Çalışmada, kazanan teklifçiyi belirlemek için "2 Kriterli Kazananı Belirleme Algoritması" önerilmiştir. Algoritma, girdi olarak teklifçilerin teklif fiyatı ve geçmiş ihale bilgilerinden elde edilen skorları kullanarak kazananı belirlemektedir.

Hartley vd. [25] elektronik ihale kullanan ve kullanmayan şirketler arasında maliyet yönetimi, tedarikçi işbirliği ve organizasyon büyüklüğü açısından bir fark olup olmadığını ele almış ve sonuçlara göre sadece organizasyon büyüklüğü açısından bir fark olduğu yani internet ihalelerini benimseyen şirketlerin benimsemeyenlerden daha fazla yıllık satışa sahip olduğu gösterilmiştir.

Tedarik zinciri yönetimi, üretimden müşteriye siparişi ulaştırmaya kadar birçok faaliyeti içermektedir. Bu yüzden tedarik zinciri karar destek sistemleri, yüksek rekabet ve belirsizlik ortamıyla başa çıkabilecek yeteneğe sahip olmalıdır. Kovalchuk ve Fasli [31] TAC-SCM (Ticaret Ajanı Yarışması - Tedarik Zinciri Yönetimi) yarışması için bilgisayar

bileşenlerini satın alma ve üretilen bilgisayarları satma ihalelerinde rakip tekliflerini tahmin etme ve zaman serilerini kullanarak en düşük fiyatı tahmin etme şeklinde iki yöntem önermişlerdir. Yöntemler için Genetik Programlama ve Sinir Ağları öğrenme algoritmaları kullanılmış ve önerilen yöntemlerden Sinir Ağları algoritmasının daha iyi sonuçlar verdiği gösterilmiştir. Kovalchuk bir başka çalışmasında [30], TAC-SCM yarışması için Fasli ile yaptığı çalışmadaki stratejilerden 2 farklı strateji önermiştir: Önceki ihalelerden elde edilen bilgilere ve pazarın son durumuna göre kazanan fiyatı tahminleme stratejisi ve de farklı fiyat aralıklarında kazanan fiyat olasılıklarını tahmin etme ve en olası fiyata göre teklif verme strajesi. Çalışmada, Genetik ve Sinir Ağları algoritmaları kullanılmıştır.

Benisch vd. [8] TAC-SCM yarışması için bilgisayar bileşenlerinin alımı ve bilgisayar satımı ihalelerinde beklenen kârın en büyüklenmesini amaçlayan stokastik model oluşturmuştur. Çözüm için önerdikleri tırmanma algoritması, çoklu başlangıca sahip olup yerel arama yapmaktadır. Greenwald ve Boyan [24] TAC yarışması için uçak bileti ve otel rezervasyonu gibi birbirini tamamlayan ve eğlence biletleri gibi birbirinin yerine geçebilen ürünlerin satın alınmasında fiyat teklifi belirleme problemini ele almışlardır. Hem ürünlerin satın alınacağı miktar hem de satın alınan ürünlerin müşterilere atanması zorluk teşkil etmektedir. Önerdikleri algoritma, atama için idealdir ancak tamamlama problemi dahil olduğunda çözüm süresi çok fazla artmaktadır. Yarışmada kısıtlı süre olmasından dolayı sezgisel bir algoritma da önermişlerdir. Amaç, en az parayla müşteri memnuniyeti için gerekli ürünleri sağlamaktır. Greenwald ve Boyan [23] yapmış oldukları bir başka çalışmada TAC yarışması için eş zamanlı ihalelerde fiyatlandırma problemini beklenen faydayı maksimize eden stokastik program olarak formüle etmişler ve çözmek için 3 ayrı sezgisel yaklaşım önermişlerdir. Önerdikleri Stokastik Örnekleme yaklaşımında, ürünlerin bütün alt kümeleri yerine rastgele örnekler seçerek beklenen faydayı eniyilemeye çalışmışlardır. Bu yaklaşım asimptotik olarak en iyiye yaklaşmasına rağmen, önerdikleri diğer 2 yaklaşım ardışık ihaleler için en iyiyi garantileyip eş zamanlı ihaleler için yetersiz kalmaktadır. Candale ve Sen [11] TAC yarışması için yaptıkları çalışmada, eş zamanlı ihalelerde bir ajanın teklifini belirlemesi için sonlu sayıda yeniden başlatmalarla optimali veren tırmanma algoritmalı fiyatlandırma stratejisi sunmuşlardır. Bu strateji, var olan algoritmalarla karşılaştırılmış ve bu stratejilerin zayıflıkları ve güçlü yönleri tartışılmıştır.

Shakya vd. [47] kârı en büyüklemek ve kaynak yönetimini geliştirmek için dinamik fiyatlama yani algılanan talebe göre fiyatı ayarlama uygulamalarını araştırmıştır. Çalışmada, talebi tahmin etmek ve her bir bölgeye kaynak atamak için yapay zeka ve yöneylem araştırması teknikleri birleştirilmiştir. Amaç, herhangi bir zaman periyodunda kaynak

kullanımını optimize ederek kârlılığı arttırmaktır. Tahmin algoritmalarında Genetik Algoritma ve Tavlama Benzetimi kullanılmıştır.

2.3 Taşımacılık İhaleleri

Taşımacılık ihaleleri hem ekonomistler hem de yöneylem araştırmacılar tarafından ele alınmaktadır. Ekonomistler ihale mekanizmasının işleyişini ele alırken, yöneylem araştırmacılar daha çok arz-talep belirsizliği, ceza maliyeti, taraflar arası yük akışı gibi konularla ilgilenmektedir. Teklif verme stratejileriyle ilgili yapılmış çalışmalar ihale mekanizmalarıyla ilgili yapılmış çalışmalara göre literatürde daha az yer almaktadır.

Taşıma ve lojistik sektöründe, taşıyıcılar ve göndericilerin ihtiyaçlarını karşılamak için çok sayıda internet pazarı oluşturulmuştur. İnternet üzerinde BestTransport [9], LeanLogistics [36] , NTE [40], Ariba [6], PostBidShip [43], uShip [56] gibi siteler kullanılarak yük taşımacılığı ihaleleri yapılmaktadır.

Taşımacılık işlemlerinde önemli olan boş taşımaları en aza indirmektir. Boş taşımalar hem bölgeler arası yük akışlarının dengesizliğinden hem de gönderici taleplerinin rassal yapısından kaynaklanmaktadır. Bu yüzden taşıyıcının karı sadece gelirden maliyetin çıkarılmasıyla değil aynı zamanda ulaştığı noktadan beklediği kazançla ölçülür. Bu kazanç, hedef noktasından başka noktalara yük taşıma fırsatıyla ilgilidir [45]. Örneğin, bir taşıyıcı A noktasından B noktasına bir yüke sahip olsun. B noktasından hem A noktasına hem de başka noktalara taşımacılık hacmi düşük olduğu durumda, B noktasından boş dönmek zorunda kalacak bu da ek bir maliyete sebep olacaktır. B noktasından A noktasına veya ilgili başka noktalara taşımacılık hacmi yüksek olduğu durumda, B noktasına ulaştıktan sonra başka taşımacılık işlerine de sahip olma şansı yüksek olacak ve A noktasına boş dönmeyeceğinden maliyetini azaltacaktır.

Taşımacılıkta genel olarak, farklı yönlerdeki yük hacimleri dengesizdir ve bu dengesizlik fiyat tarifesi ve diğer maliyetlerin dengesizliğine yol açmaktadır. İki yön arasında dengesizlik olması, bir tarafta ekipman fazlalığına diğer tarafta ise ekipman eksikliğine sebep olmaktadır. Ekipmanın fazla olduğu bölgeden kıt olduğu bölgeye boş taşıma yapılmak zorundadır ve bu durum boş taşıma maliyetine sebep olmaktadır. Örneğin, Fuller 2006'da yaptığı bir çalışmada Asya'dan Kuzey Amerika'ya olan taşımaların % 60'ının ve Asya'dan Avrupa'ya olan taşımaların % 41'inin boş geri dönmeyle sonuçlandığını yazmıştır. Bonney ise 2003'te okyanus taşımacılığının % 20'sinin boş taşımalardan oluştuğunu yazmıştır [58].

Taşıyıcı açısından, taşıma hizmetinin değerini ve maliyetini ölçmek zordur. Bir gönderinin değeri bulunduğu son yere ve filonun yapısına bağlıdır. Talep ve arzın coğrafi dağılımı ve belirsiz talep geliş hızları dinamik ve stokastik bir ortam yaratıp gönderinin maliyetinin belirsizliğini arttırmaktadır. İhale analizi, stokastik yapıdan dolayı oldukça zordur. Bu yapıda, taşıyıcılar rakiplerinin kararlarına, maliyetlerine ve kârlarına bağlı zor bir karar problemiyle yüzleşmektedir. Bir diğer zorluksa zaman kısıtlı araç rotalama problemi, gecikmeden kaynaklı ceza maliyeti gibi filo yönetimi problemlerinden kaynaklanmaktadır. Bir yükün maliyeti hakkında bilgi sahibi olmak için NP-Zor olan bu problemlerin çözülmesi gerekmektedir [20].

Taşımacılık ihaleleri için yapılan çalışmalar, genel olarak ardışık ve eş zamanlı ihaleler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Eş zamanlı taşımacılık ihalelerinde aynı anda birden fazla güzergaha teklif verilirken, ardışık ihalelerde aynı anda sadece tek bir güzergaha teklif verilmektedir.

Poutre ve Robu [44] ardışık ihalelerde riskten kaçan ve risk nötr teklifçiler için beklenen faydanın en büyüklenmesini amaçlamış ve modellerini Markov Süreci olarak tasarlamışlardır. Figliozzi vd. [21] yaptıkları çalışmada ardışık ihale yapısını ele almıştır ve ihale kazanılınca beklenen kâr ile ihale kaybedilince beklenen kâr arasındaki farkı yani fırsat maliyetini ölçerek tekliflendirme yapmayı önermişlerdir. Rakibin ne teklif edeceğinden ziyade kazanılması durumunda kardaki değişimi dikkate almışlardır. Önerdikleri 3 yaklaşımdan sadece biri problemin stokastik yapısını hesaba katmaktadır. Bu yaklaşımın dezavantajı ise, karar verirken sadece 1 adım sonrasını tahmin etmeye çalışmasıdır. Yani, uzağı göremeyen yapıdadır. Ayrıca ihalede sadece 2 taşıyıcı hizmet hakkını kazanmak için rekabet etmektedir.

Taşımacılık ihaleleri aynı zamanda birleşimsel ihaleler olarak da ele alınmaktadır. Birleşimsel ihaleler, birden fazla ürünün eş zamanlı olarak satıldığı ve teklfiçilere ihaledeki ürünlerin herhangi bir kombinasyonu şeklinde teklif verme imkanı sunan ihalelerdir. Yani, taşıyıcılar göndericinin güzergahları için hem tekli hem de paket teklifi verebilmektedir. Örneğin, sinerjisi yüksek iki güzergah için tek başına olduklarında verilen tekli fiyatların toplamı, iki güzergah birlikteyken verilen tekliften daha yüksek olabilmektedir. Bu yüzden taşıyıcının maliyeti ölçek ekonomisinden ziyade kapsam ekonomisine bağlıdır [48]. Taşıyıcı, maliyetini azaltmak için taşıma ağı açısından güzergahlar arası sinerjiyi araştırmalı ve önemli olan güzergahları seçmelidir. Taşıyıcı, kamyon ve sürücü sayısı gibi kaynaklarını dengeli bir şekilde kullanmalıdır. Bu yüzden bir güzergahın maliyeti, taşıyıcının diğer güzergahlarına da bağlıdır.

Birleşimsel taşımacılık ihaleleri literatürde hem taşıyıcı hem de gönderici açısından

ele alınmaktadır. Taşıyıcı açısından hangi paket tekliflerini vermenin, gönderici açısından ise taşıyıcıların vermiş olduğu tekliflerden hangi paketleri satın almanın en iyi seçim olduğu ve göndericinin nasıl bir ihale mekanizması kullanması gerektiği ele alınmıştır. Geçmişte göndericiler her güzergâh için bir ihale açmaktaydı ya da bütün güzergâhlar için tek bir firmayla çalışmaktaydı. Ancak, son yıllarda göndericilerin güzergâhlarını eş zamanlı tekliflendirmesine izin veren bazı yazılımlar geliştirilmiştir. Güzergâhların farklı kombinasyonlarının farklı değerlere sahip olması, güzergâhların birbirini tamamlamasından veya birbirinin yerine geçebilmesinden dolayı ve de taşıyıcıların boş taşımalarını azaltmasından ve daha etkin bir yol izlemesinden dolayı normal bir durumdur [50].

Taşıyıcı açısından ele alınan çalışmalar göndericiye hangi paketlere hangi fiyatların teklif edileceği problemini ele almaktadır. Lee vd. [37], taşımacılık tedariki için yapılan birleşimsel ihalelerde taşıyıcının optimal fiyat teklifi üretme problemini ele almıştır. Problem, Doğrusal Olmayan Karesel Tam Sayılı Program olarak modellenmiştir. Çalışmanın amacı, taşıyıcının paketlere vereceği en iyi teklifi toplam faydayı en büyükleyecek şekilde belirlemektir. Song ve Regan [50] ve An vd. [4] yaptıkları çalışmada birleşimsel ihaleleri taşıyıcı açısından ele almışlardır.

Gönderici açısından ele alınan çalışmalar göndericinin çözmek zorunda olduğu Kazananı Belirleme Problemi(Winner Determination Problem)'ni ele almıştır. Bu problem NP-Zor bir problem olup göndericinin ihaleyi hangi teklifçinin/teklifçilerin kazandığını belirleyebilmesi için çözmesi gerekmektedir. Birleşimsel ihaleler genel olarak gönderici açısından ele alınmıştır. Chen vd. [12] Kazananı Belirleme Problemi konusunda çözüm yaklaşımları önermişlerdir. Sheffi [48] birleşimsel ihalelerin gerçek hayatta kullanımına dair bir çalışma yapmıştır.

Taşımacılık ihaleleri, tam kamyon yükü ve eksik kamyon yükü taşıyıcıları için yapılabilmektedir. Tam kamyon yükü taşıyıcısı göndericiye tam kamyon için teklif verirken, eksik kamyon yükü taşıyıcısı göndericiye gönderi miktarı veya hacmi üzerinden teklif vermektedir. Toptal ve Bingöl [53] tarafından tam kamyon yükü taşıyıcısının fiyatlandırma problemi ele alınmıştır ve tam yükü taşıyıcısı pazarda eksik kamyon yükü taşıyıcısıyla rekabet etmiştir. Bu çalışmada, tam kamyon yükü taşıyıcısı öncelikle göndericinin sipariş verme problemini çözmeli ve modellemelidir. Yani çalışma, sipariş verme ve yük taşıma probleminin bileşimi şeklindedir. Amacı, tam kamyon yükü taşıyıcısının gelirini maksimize eden fiyat teklifi değerini bulmaktır. Çalışmada, eksik kamyon yükü taşıyıcısının birim başına taşıma fiyatının bilindiği varsayılmaktadır. Douma vd. [16] ise eksik tam kamyon yükü taşıyıcısı açısından dinamik araç rotalamaya sahip fiyat teklif verme problemini ele almıştır.

Taşımacılık ihaleleri, uzun ve orta dönemli anlaşmalar için yapıldığı gibi kısa dönemli anlaşmaların yapıldığı spot marketlerde de kullanılmaktadır. Spot market, ürünün hemen alınıp satıldığı, yakın zamanda veya hemen tesliminin yapıldığı pazar olarak tanımlanmaktadır. Ağralı vd. yaptıkları çalışmada [5] lojistik spot marketinin önemli özelliklerini dikkate alan basitleştirilmiş analitik bir model geliştirmiştir. Bu model ihalenin lojistik spot marketinde kullanımının etkilerini ölçmekte ve sistem parametrelerinin performans üzerindeki etkilerini analiz etmektedir. Çalışma, Vickrey ihale mekanizmasını ele almakta olup Eskişehir'deki bir lojistik merkezi için yapılmıştır.

Literatürde taşıyıcı açısından ele alınan çalışmalar genellikle taşıyıcının maliyetini en küçüklemekle ilgili olup araç rotalama ve filo yönetimi problemlerini kapsamaktadır. Literatürde bu konuyla ilgili yapılmış birçok çalışma [15][54][45][52] bulunmaktadır.

Bu tezde, tam kamyon yükü taşıyıcısı açısından spot marketlere yönelik en düşük teklifin kazandığı, kapalı zarf, tek parçalı, eş zamanlı ihaleler ele alınmıştır. Bu konu, Kuyzu [34] tarafından da ele alınmıştır. Kuyzu en düşük rakip teklifinin Düzgün Dağılım'a sahip rassal değişken olduğunu varsaymıştır. Bu çalışmada ise, en düşük rakip teklifinin Normal Dağılım'a sahip rassal değişken olduğu varsayımı ve en düşük rakip teklifi olasılığının Ampirik Dağılım Fonksiyonu ile hesaplandığı iki yaklaşım kullanılmaktadır. Ayrıca, Kuyzu maliyet hesapları için polinom zamanda çözülebilen Güzergah Kaplama Problemi'ni kullanmıştır. Bu çalışmadaysa, NP-Zor problem sınıfına giren Uzunluk Kısıtlı Güzergah Kaplama Problemi kullanılmaktadır.

3. PROBLEM TANIMI VE ENİYİLEME MODELİ

Tezin bu bölümünde eş zamanlı taşımacılık ihaleleri için tam kamyon yükü taşıyıcısının teklif verme problemi ele alınmıştır. Göndericilerin ihtiyaç duydukları güzergâhlar için taşıyıcılardan fiyat teklifi talep ettiği, taşıyıcıların fiyat tekliflerini gizli verdiği ve göndericilerin en düşük teklif veren taşıyıcının hizmetini satın aldığı taşımacılık ihalelerinde, taşıyıcıların karşılaştığı fiyat teklifi verme problemi üzerine çalışılmıştır. Çalışılan ihale yapısında, taşıyıcılar çok sayıda güzergâha eş zamanlı olarak teklif vermektedir. Amaç, rakiplerin öngörülen teklif verme davranışına göre taşıyıcının beklenen karını en büyükleyecek teklifleri belirlemektir. Bölüm 2'de bahsedilmiş olan Ticaret Ajanı Yarışması(TAC) algoritmaları ve Kuyzu'nun daha önceden yaptığı çalışmada [34] önermiş olduğu modele ve algoritmaya benzer bir yaklaşım uygulanmıştır.

Çalışmada, uzun dönem anlaşmalardan oluşan taşıma ağına sahip taşıyıcı ele alınmıştır. Taşıyıcı, maliyet teşkil ettiği için var olan ağındaki boş taşımaları spot marketteki kısa dönem güzergah anlaşmalarıyla doldurmak istemektedir. Spot marketteki güzergahlara hizmet verme hakkına sahip olabilmek için eş zamanlı olarak ihalelere girmek zorundadır. Her güzergah için ayrı fiyat teklifi verebilmekte olup güzergahları bir arada değerlendirebildiği paket teklifi verememektedir. İhale mekanizması en düşük teklifin kazandığı, kapalı zarf ve tek tur şeklindedir. Taşıyıcı, her periyodun başlangıcında bu ihalelere girmektedir. Spot marketteki güzergah anlaşmalarının tek periyotluk olduğu ve taşıyıcının ihalelerden kazandığı güzergahlara hizmet verebilmek için yeterli kapasitesiye(araç sayısı, araç kullanıcı sayısı, araç yük hacmi gibi) sahip olduğu varsayımı vardır.

Taşıyıcının gelirini, kazandığı güzergahlara verdiği teklifler belirlemektedir. Taşıyıcı, kar edebilmek için yüksek ancak rakip teklifçilerle rekabet edebilmek ve güzergahlar için hizmet hakkını kazanabilmek için düşük teklif vermek zorundadır. Bununla birlikte taşıyıcının maliyeti de elde edeceği karı etkilemektedir. Taşıyıcının maliyeti, araç rotalamasına ve güzergahları arasındaki ilişkiye bağlıdır. Taşıyıcı, araçlarını iyi bir şekilde rotalarsa maliyeti bu durumdan olumlu etkilenecektir. Yine aynı şekilde, güzergahlar birbirini tamamlayıcı olursa, rotalama işlemi sonrası maliyet daha da az olacaktır. Bu yüzden, taşıyıcının birbirleriyle sinerjisi yüksek güzergahlara sahip olmayı hedeflemesi ve sahip olduğu güzergahları iyi rotalaması gerekmektedir. Basit bir örnekle sinerji durumu şu şekilde açıklanabilir: taşıyıcı A noktasından B noktasına belirli periyotlarla taşıması gereken bir yüke sahipse, taşıma işleminden sonra B noktasında araç yığılması olmaması ve A noktasından B noktasına hizmet vermeye devam edebilmek için B noktasından A noktasına dönmesi gerekecektir. Bu durumda boş taşıma yapmak

zorunda kalacaktır. B noktasından A noktasına taşınması gereken bir yüke sahip olduğunda, bu boş taşıma ortadan kalkacak ve maliyeti azalacaktır. Gerçek hayatta, taşıyıcının hizmet vermesi gereken güzergah sayısı fazla olduğundan değerlendirilmesi gereken alternatif sayısı artmaktadır. Bu yüzden, taşıyıcı en düşük maliyeti bulmak için problemini modelleyerek çözmelidir. Bu probleme zaman, uzunluk gibi kısıtlar eklendiğiyse problemi çözmek zorlaşmaktadır. Ayrıca, pazarda rakip taşıyıcıların da yer almasından dolayı taşıyıcı ihale tamamlanana kadar hizmet vereceği güzergahları bilmemekte bu da maliyeti belirsizleştirmektedir.

Problem, en düşük rakip teklifinin bağımsız ve sürekli rassal değişken olduğu varsayımı altında Kuyzu [34] tarafından geliştirilen en iyileme modeli Denklem 3.1'de yer almaktadır.

$$mak\ \pi(b) = \sum_{L \subseteq S} P(S,b)Q(L-S,b)[R(S,b) - C(S)] \qquad \forall i \in L \tag{3.1}$$

L : İhaleye çıkarılmış güzergah kümesi

b : Güzergâhlara ait fiyat teklifi vektörü (karar değişkenleri)

$P(S,b)$: b teklif vektörüyle S güzergah kümesinin kazanılma olasılığı

$Q(L-S,b)$: b teklif vektörüyle L-S güzergah kümesinin kaybedilme olasılığı

$R(S,b)$: b teklif vektörüyle S güzergah kümesinden elde edilecek gelir

$C(S)$: S güzergah kümesine hizmet verme maliyeti

Modeli sözel olarak beklenen karın en büyüklenmesi şeklinde ifade edebiliriz. Bağımsızlık varsayımından dolayı, b teklif vektörüyle S güzergah kümesinin tam olarak kazanılma olasılığı, b teklif vektörüyle S kümesindeki güzergahları kazanma ve S dışında L kümesinde kalan güzergahları kaybetme olasılıklarının çarpımına eşittir. Tüm S alt kümelerinin b teklif vektörüyle tam olarak kazanılma olasılığını ve karını çarpıp hepsini toplayarak beklenen kar hesaplanmaktadır. Alt kümeler için kar, gelirden maliyetin çıkarılmasıyla elde edilmektedir. Gelir ise S kümesine verilen teklifleri toplayarak hesaplanmaktadır. Maliyet hesaplaması için ise taşıyıcının rotalama problemi çözmesi gerekmektedir. Literatürde, taşıyıcıların etkin bir şekilde araçlarını rotalayabilmesi için Güzergah Kaplama Problemi önerilmiştir.

3.1 Güzergah Kaplama Problemi

Taşımacılık sektöründe göndericiler ve taşıyıcılar son zamanlarda daha etkin çalışma baskısıyla karşılaşmaktadır. Önceleri, göndericiler ve taşıyıcılar sadece kendi maliyetlerini azaltıp kendi karlılıklarını arttırmaya odaklanırdı ancak işbirlikçi taşımacılık kavramıyla birlikte sistemin maliyetini azaltmaya ve bu maliyet kazancını her iki tarafın karına paylaştırmaya odaklanmaktadır. Örneğin, bir taşıyıcı farklı göndericilere ait gönderileri taşırken boş taşıma ortaya çıkacaktır. Göndericiler, yükler arasındaki etkileşim konusunda herhangi bir bilgiye sahip olmamasına rağmen bu etkileşimden doğrudan etkilenmektedir. Çünkü, taşımacılık piyasasında boş taşımaları değerlendiren tek bir taşımacı yoktur. Bu nedenle, taşıyıcı boş taşımanın minimum olduğu bir ağa sahip olmalıdır. Güzergah Kaplama Problemi, boş taşımaları en küçüklemek için gönderiler arasında ilişkili turlar kümesi bulmaya odaklanmaktadır [34].

$D = (N, A)$ yönlü öklid grafı N tane düğüm ve A tane ayrıta sahiptir. Ayrıtlar kümesinin her bir elemanı $c(a)$ maliyetine sahip ve maliyet uzunlukla orantılıdır. l_{ij}, (i,j) ayrıtının uzunluğu ve x_{ij}, (i,j) ayrıtından hangi sıklıkta geçildiğini gösteren tamsayılı değişkendir. Güzergah kümesi L ayrıtlar kümesi A'nın alt kümesidir. Amaç, L güzergah kümesindeki her bir elemanı kapsayan minimum maliyetli yönlü çevrimler kümesini bulmaktır. Matematiksel modele ait amaç fonksiyonu Denklem 3.2'de, kısıtlar ise Denklem 3.3, 3.4 ve 3.4'te yer almaktadır [34].

$$min \sum_{(i,j)\in A} l_{ij} x_{ij} \tag{3.2}$$

$$\sum_{j\in A} x_{ij} - \sum_{j\in A} x_{ji} = 0 \qquad \forall i \in N \tag{3.3}$$

$$x_{ij} \geq 1 \qquad \forall (i,j) \in L \tag{3.4}$$

$$x_{ij} \geq 0 \qquad \forall (i,j) \in A \setminus L \tag{3.5}$$

Modelde, her güzergah boyu taşımanın bir kamyonla yapıldığı varsayılmaktadır. Turlarda, güzergahlar dışında kullanılan ayrıtlar boş taşımaları temsil etmektedir. Ayrıca, iki nokta arasındaki taşıma maliyetinin noktalar arasındaki uzaklıkla orantılı, noktalar arası uzaklıkların simetrik (her $l_{ij} = l_{ji}$) ve üçgensel eşitsizliğe uygun (tüm (i,j), (j,k) ve (i,k) ayrıtları için $l_{ij} + l_{jk} \geq l_{ik}$) olduğu varsayımları vardır. Bu problem polinom zamanda çözülebilmektedir. Ancak turlar için uzunluk kısıtı eklendiğinde, problem Uzunluk Kısıtlı Güzergah Kaplama Problemi'ne dönüşmekte ve

NP-Zor olmaktadır [19].

3.2 En Düşük Rakip Teklifi Olasılık Dağılımı

Amaç fonksiyonunda bir i güzergahının b_i teklifiyle kazanılma olasılığı, b_i'nin en düşük rakip teklifinden küçük olma olasılığına eşittir. Yine aynı şekilde, bir i güzergahının b_i teklifiyle kaybedilme olasılığı, b_i'nin en düşük rakip teklifinden büyük olma olasılığına eşittir. Tezde, en düşük rakip teklifi dağılımıyla ilgili iki ayrı yaklaşım kullanılmıştır.

3.2.1 Normal Dağılım

Bu yaklaşımda, en düşük rakip teklifinin Normal Dağılım'a sahip, sürekli ve bağımsız rassal değişken olduğu varsayılmıştır. Bu varsayımın sebebi, literatürde yer alan birçok çalışmada [39][42][49][21][14][13] tekliflerin olasılık dağılımları için en çok benimsenen modelin Normal Dağılım olmasıdır.

b teklif vektörüyle S alt kümesindeki güzergahları kazanma olasılığı, S alt kümesindeki güzergahların her birinin kazanılma olasılığının çarpımına eşittir. X_i, i'nci güzergah için verilen en düşük rakip teklifini temsil etmektedir. Bu durumda, S alt kümesinin b teklif vektörüyle kazanılma olasılığı Denklem 3.6'da yer almaktadır.

$$P(S,b) = \prod_{i \in S} P\{X_i \geq b_i\} = \prod_{i \in S} \left(1 - \int_{-\infty}^{b_i} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_i^2}} e^{\frac{(b_i-\mu_i)^2}{2\sigma_i^2}} \right) \tag{3.6}$$

b teklif vektörüyle $L-S$ alt kümesindeki güzergahları kaybetme olasılığı, $L-S$ alt kümesindeki güzergahların her birinin kaybedilme olasılığının çarpımına eşittir. Bu durumda, $L-S$ alt kümesinin b teklif vektörüyle kaybedilme olasılığı Denklem 3.7'de yer almaktadır.

$$Q(L-S,b) = \prod_{i \in L-S} P\{X_i \leq b_i\} = \prod_{i \in L-S} \left(\int_{-\infty}^{b_i} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_i^2}} e^{\frac{(b_i-\mu_i)^2}{2\sigma_i^2}} \right) \tag{3.7}$$

Denklem 3.6 ve 3.7'de Normal Dağılım parametreleri olan ortalama ve varyans yer almaktadır. Ancak güzergahlar uzunluk olarak birbirinden farklı olduğundan parametreleri ortak kullanmak için birim (örneğin: kilometre) başına olması gerekmektedir. Bu

durumda genel ortalama ve standart sapma üzerinden herhangi bir güzergahın ortalama ve standard sapması güzergahın uzunluğuyla çarpılarak elde edilir.

$$\mu_i = \mu \cdot l_i \tag{3.8}$$

$$\sigma_i = \sigma \cdot l_i \tag{3.9}$$

3.2.2 Ampirik Dağılım

Bu yaklaşımda, en düşük rakip teklifi için herhangi bir dağılım varsayımı yapmak yerine geçmiş bilgilere göre en düşük rakip teklifi için öğrenme mekanizması kullanılarak dağılım oluşturulmuştur. Bu dağılıma, Ampirik Dağılım(Empirical Distribution) ya da Parçalı Düzgün Dağılım(Piecewise Uniform Distribution) denmektedir. Şekil 3.1'de dağılımla ilgili grafik yer almaktadır. Güzergah uzunlukları birbirinden farklıdır bu yüzden tekliflerle ilgili öğrenme birim (örneğin: kilometre) başına yapılmalıdır. Herhangi bir i güzergahı için olasılık hesaplaması kullanımında teklif değeri uzunluğa bölünmelidir.

X_i: i'nci güzergah için verilen en düşük rakip teklifi

l_i: i'nci güzergahın uzunluğu

a_k: k'inci aralığın alt sınırı

b_k: k'inci aralığın üst sınırı

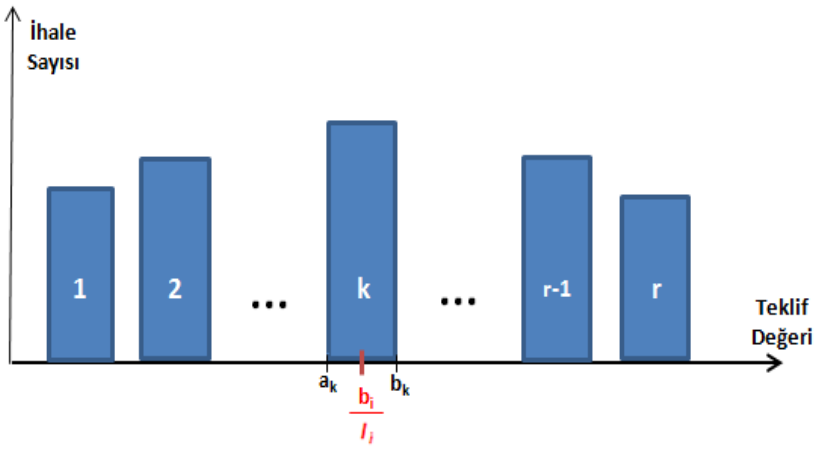
n_k: a_k ve b_k aralığına ait en düşük rakip teklifi sayısı

r: Aralık sayısı

Bu bilgilere göre, öğrenme yoluyla tutulmuş bilgileri kullanarak herhangi bir i güzergahının b_i teklifiyle kazanılma olasılığı Denklem 3.10'da yer almaktadır.

$$P(X_i \geq b_i) = 1 - \left(\frac{\sum_{m=1}^{k-1} n_m + \frac{\frac{b_i}{l_i} - a_k}{b_k - a_k} n_k}{\sum_{m=1}^{r} n_m} \right) \tag{3.10}$$

b teklif vektörüyle S alt kümesindeki güzergahları kazanma olasılığı, S alt kümesindeki güzergahların her birinin kazanılma olasılığının çarpımına eşittir. Bu durumda, S alt kümesinin b teklif vektörüyle kazanılma olasılığı Denklem 3.11'de yer almaktadır.



Şekil 3.1: Ampirik Dağılım Fonksiyonu'nun Grafik Üzerinde Gösterimi

$$P(S,b) = \prod_{i \in S} P\{X_i \geq b_i\} = \prod_{i \in S} \left(1 - \frac{\sum_{m=1}^{k-1} n_m + \frac{\frac{b_i}{l_i} - a_k}{b_k - a_k} n_k}{\sum_{m=1}^{r} n_m} \right) \tag{3.11}$$

b teklif vektörüyle $L - S$ alt kümesindeki güzergahları kaybetme olasılığı, $L - S$ alt kümesindeki güzergahların her birinin kaybedilme olasılığının çarpımına eşittir. Bu durumda, $L - S$ alt kümesinin b teklif vektörüyle kaybedilme olasılığı Denklem 3.12'de yer almaktadır.

$$Q(L-S,b) = \prod_{i \in L-S} P\{X_i \leq b_i\} = \prod_{i \in L-S} \left(\frac{\sum_{m=1}^{k-1} n_m + \frac{\frac{b_i}{l_i} - a_k}{b_k - a_k} n_k}{\sum_{m=1}^{r} n_m} \right) \tag{3.12}$$

4. KONKAVLIK ANALİZİ

Amaç fonksiyonu hakkında bilgi sahibi olmak için tezin bu bölümünde konkavlık analizi yapılmıştır. En büyükleme problemi ele alındığından amaç fonksiyonu yapısının konkav olması optimal çözümü bulmayı kolaylaştıracaktır. Fonksiyon konkav yapıda olduğunda, bulunan herhangi bir yerel en büyük noktanın global en büyük nokta olacağı kesindir. Bu yüzden fonksiyonun yapısı araştırılmıştır.

4.1 Normal Dağılımlı Yaklaşım

Problemin yapısı, az sayıda güzegah olduğu durum için incelenmiştir. Bunun sebebi, bu durumda problemin yapısını inceleyerek öğrenileni karmaşık durumlar için genelleyebilmektir. Böylelikle, problemin genel yapısıyla ilgili bilgi elde edilmiştir.

4.1.1 Tek Güzergah

İhaleye çıkan güzergâh sayısının $L = \{1\}$ olduğu durumda, taşıyıcı açısından iki sonucun meydana gelme olasılığı vardır: güzergâhı kaybetme veya kazanma. Taşıyıcı güzergâhı kaybederse, yeni bir maliyet ve kazanç ortaya çıkmayacaktır. Ancak, taşıyıcı güzergâhı kazanırsa verdiği teklif kadar bir gelire sahip olacaktır. Tek güzergâhlı taşıma ihalesi için amaç fonksiyonu Denklem 4.1'de yer almaktadır.

$$\pi = [1 - F(b_1)]\,(b_1 - C(\{1\})) \tag{4.1}$$

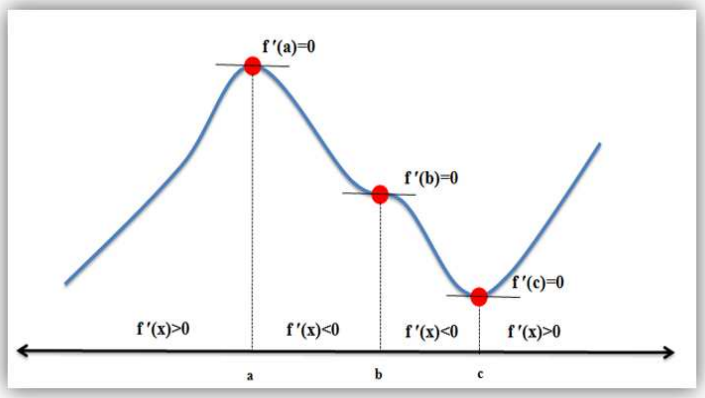
Kar fonksiyonu hakkında bilgi sahibi olmak için tek değişkenli doğrusal olmayan programlama ile ilgili bazı tanım ve teoremlere ihtiyaç vardır.

Tanım 1. *$f(x)$, bir S konveks kümesinde tanımlı bir fonksiyon olsun.*

- *$f'(x_0) > 0$ olduğunda, fonksiyon x_0 noktasında artandır.*
- *$f'(x_0) < 0$ olduğunda, fonksiyon x_0 noktasında azalandır [2].*

Yardımcı Teorem 1. *$y = f(x)$ fonksiyonunun birinci türevi $x = x_0$ noktasında sıfıra eşitse ve türevin işareti;*

- *x_0'ın solundan sağına giderken pozitiften negatife doğru işaret değiştiriyorsa yerel en büyük,*
- *x_0'ın solundan sağına giderken negatiften pozitife doğru işaret değiştiriyorsa yerel en küçük,*
- *x_0'ın solundan sağına giderken işaret değiştirmiyorsa ne yerel en büyük ne de yerel en küçük noktası vardır [2].*



Şekil 4.1: Yardımcı Teorem 1'in Grafik Üzerinde Gösterimi

Yardımcı Teorem 1 ile ilgili olarak Şekil 4.1'de gösterim mevcuttur.

Yardımcı Teorem 2. *$f'(x_0) = 0$ olduğunda ve $f^n(x_0) \neq 0$ olduğu ilk durumda,*

- *n tek ise; x_0 dönüm noktasıdır.*
- *n çift ve*
  - *$f^n(x_0) > 0$ ise; x_0 yerel en küçük noktasıdır.*
  - *$f^n(x_0) < 0$ ise; x_0 yerel en büyük noktasıdır [2].*

Yardımcı Teorem 3. *$f(x)$, bir S konveks kümesinde tanımlı ve $x \in S$ için ikinci türevi alınabilir bir fonksiyon olsun.*

- *$f(x)$ konveks bir fonksiyon $\Leftrightarrow$ $x \in S$ için $f''(x) \geq 0$*
- *$f(x)$ kesin konveks bir fonksiyon $\Leftrightarrow$ $x \in S$ için $f''(x) > 0$*
- *$f(x)$ konkav bir fonksiyon $x \in S$ için $\Leftrightarrow$ $f''(x) \leq 0$*

- $f(x)$ *kesin konkav bir fonksiyon* $\Leftrightarrow x \in S$ *için* $f''(x) < 0$ *[2]*

Teorem 1. *Tek güzergah olduğunda kar fonksiyonu yapısı*

- $b_1 \in (-\infty, \frac{C(\{1\})+\mu}{2} - \sqrt{\frac{(\mu-C(\{1\}))^2}{4} + 2\sigma^2})$ *ise kar fonksiyonu konveks yapıda ve artan yöndedir.*
- $b_1 \in [\frac{C(\{1\})+\mu}{2} - \sqrt{\frac{(\mu-C(\{1\}))^2}{4} + 2\sigma^2}, \frac{C(\{1\})+\mu}{2} + \sqrt{\frac{(\mu-C(\{1\}))^2}{4} + 2\sigma^2}]$ *ise kar fonksiyonu konkav yapıdadır.*
- $b_1 \in (\frac{C(\{1\})+\mu}{2} + \sqrt{\frac{(\mu-C(\{1\}))^2}{4} + 2\sigma^2}, +\infty)$ *ise kar fonksiyonu konveks yapıda ve azalan yöndedir.*

İspat: Yardımcı Teorem 3'e göre, amaç fonksiyonunun konkavlığı ve/veya konveksliği araştırılmıştır. Bunun için ikinci türevin işaretine bakmak gerekmektedir:

$$\pi = [1 - F(b_1)](b_1 - C(\{1\})) \tag{4.2}$$

$$(\pi)' = -f(b_1)(b_1 - C(\{1\})) + [1 - F(b_1)] \tag{4.3}$$

$$(\pi)'' = -f'(b_1)(b_1 - C(\{1\})) - 2f(b_1) \tag{4.4}$$

$$(\pi)'' = \underbrace{\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{\frac{(b_1-\mu)^2}{2\sigma^2}}}_{Pozitif} \underbrace{\left[\frac{(b_1 - C(\{1\})(b_1 - \mu))}{\sigma^2} - 2\right]}_{?} \overset{?}{\leqslant} 0 \tag{4.5}$$

İkinci türevin ilk kısmı her durumda pozitif işarete sahiptir, bu yüzden ikinci türevin ikinci kısmının işaretinin incelenmesi gerekmektedir. İkinci kısmın kökleri şu şekildedir:

$$(b_1)_1 = \frac{C(\{1\}) + \mu}{2} - \sqrt{\frac{(\mu - C(\{1\}))^2}{4} + 2\sigma^2} \tag{4.6}$$

$$(b_1)_2 = \frac{C(\{1\}) + \mu}{2} + \sqrt{\frac{(\mu - C(\{1\}))^2}{4} + 2\sigma^2} \tag{4.7}$$

İkinci türev, gerçek iki kökü olan ikinci dereceden bir polinomdur. Bu yüzden, ikinci türevin grafiği köklerden geçtikten sonra işaret değiştirmektedir. İşaretler ve konkavlık/konvekslik durumu:

- $b_1 \in (-\infty, \frac{C(\{1\})+\mu}{2} - \sqrt{\frac{(\mu-C(\{1\}))^2}{4} + 2\sigma^2})$ aralığında ikinci türev pozitif değere sahiptir. Bu aralıkta amaç fonksiyonu konveks yapıdadır.

- $b_1 \in [\frac{C(\{1\})+\mu}{2} - \sqrt{\frac{(\mu-C(\{1\}))^2}{4} + 2\sigma^2}, \frac{C(\{1\})+\mu}{2} + \sqrt{\frac{(\mu-C(\{1\}))^2}{4} + 2\sigma^2}]$ için ikinci türev negatif değere sahiptir. Bu aralıkta için amaç fonksiyonu grafiği konkav yapıdadır.

- $b_1 \in (\frac{C(\{1\})+\mu}{2} + \sqrt{\frac{(\mu-C(\{1\}))^2}{4} + 2\sigma^2}, +\infty)$ aralığında ikinci türev pozitif değere sahiptir. Bu aralıkta amaç fonksiyonu konveks yapıdadır.

Tüm bölgeler için fonksiyonun konvekslik ve konkavlık yapısı belirlendi ancak konkav olmayan bölgelerde grafiğin yönünün artan ya da azalan olduğunu belirlemek gerekmektedir. Sebebi, konkav bölge için yerel bir en büyük nokta vardır ancak konveks bölgelerde bu noktadan daha yüksek bir nokta olup olmadığının bilinmesi gerekmektedir. Yardımcı Teorem 1'e göre birinci türeve ihtiyaç vardır. Ancak, birinci türevde yer alan Normal Dağılım'ın Yığmalı Dağılım Fonksiyonu'nun integrali alınamamaktadır. Literatürde yaklaşık sonuç veren formülasyonlar mevcut olmasına rağmen bu formülasyonlar polinom yapıda olmadığı için kar fonksiyonunun yapısını araştırmak için kullanılamamaktadır. Bu yüzden, amaç fonksiyonunu doğrudan yorumlamak tercih edilmiştir. Denklem 4.1'e göre;

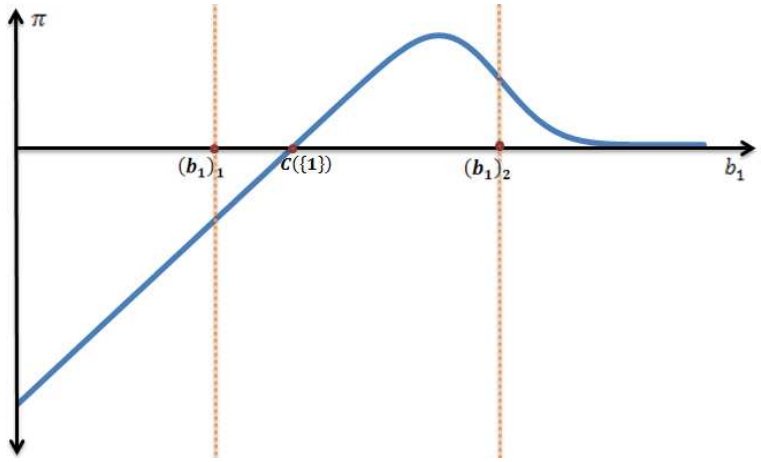
- $b_1 < C(\{1\})$ bölgesinde, b_1 azaldıkça negatiflik ve $[1 - F(b_1)]$ değeri artar. Yani,$(-\infty, \frac{C(\{1\})+\mu}{2} - \sqrt{\frac{(\mu-C(\{1\}))^2}{4} + 2\sigma^2})$ aralığında soldan sağa giderken amaç fonksiyonu değeri artmaktadır.

- $b_1 \to \infty$ olduğunda; $[1 - F(b_1)]$ değeri 0'dır. Yani, amaç fonksiyonunun değeri 0 olacaktır. $(\frac{C(\{1\})+\mu}{2} + \sqrt{\frac{(\mu-C(\{1\}))^2}{4} + 2\sigma^2}, +\infty)$ bölgesinin konveks yapıda olduğu bilindiği için soldan sağa giderken amaç fonksiyonu değerinin azalarak 0'a eşitlenmesi beklenir.

□

Kar fonksiyonunun yapısı tam olarak konkav değildir ancak fonksiyonun konkav olduğu bölge mevcuttur ve konkav bölge konveks bölgelerden daha yüksek değere sahiptir. En büyükleme problemi ele alındığı için konkav olma durumu model için önemlidir. Çünkü fonksiyon konkav olduğunda bulunan bir yerel en büyük nokta, optimal sonuçtur. Şekil 4.2'de yer alan kar fonksiyonu grafiğine bakıldığında tek bir global en büyük nokta olduğu görülmektedir. En büyükleme problemi ele alındığı için bu nokta global en iyi

noktadır.



Şekil 4.2: Tek Güzergahlı İhale Fonksiyonu

4.1.2 İki Güzergah

İhaleye çıkan güzergâh sayısının $L = \{1, 2\}$ olduğu durumda, amaç fonksiyonunun açık formu Denklem 4.8'de yer almaktadır.

$$\begin{aligned} \text{mak } \pi = {} & [1 - F(b_1)][1 - F(b_2)](b_1 + b_2 - C(\{1,2\})) + [1 - F(b_1)]F(b_2)(b_1 - C(\{1\})) \\ & + F(b_1)[1 - F(b_2)](b_2 - C(\{2\})) \end{aligned} \tag{4.8}$$

Kar fonksiyonu hakkında bilgi sahibi olmak için çok değişkenli doğrusal olmayan programlama ile ilgili bazı tanım ve teoremlere ihtiyaç vardır.

Tanım 2. *$X = (x_1, x_2, ..., x_n)$, bir $S \subset R^n$ kümesinde tanımlı olan $f(X)$ sürekli ve ikinci derece kısmi türevleri alınabilir bir fonksiyon olsun. $f(X)$ fonksiyonunun Hessian Matrisi Denklem 4.9'daki gibi tanımlanır [2]:*

$$H_f = \left[\frac{\partial^2 f}{\partial x_i \partial x_j}\right]_{n \times n} \tag{4.9}$$

Tanım 3. *Bir $n \times n$ boyutlu kare matrisin k'inci asal minörü, son $(n - k)$ satırın ve $(n - k)$ sütunun matristen çıkarılmasıyla elde edilen $(k \times k)$ boyutlu matrisin determinantıdır [2].*

Yardımcı Teorem 4. *A, $n \times n$ boyutlarında kare ve simetrik bir matris olsun.*

- *A'nın tüm asal minörleri* $> 0 \Leftrightarrow$ *A matrisi pozitif belirlidir.*
- *A'nın tüm asal minörleri* $\geq 0 \Leftrightarrow$ *A matrisi pozitif yarı belirlidir.*
- *A'nın k'inci mertebe asal minörü* $(-1)^k$ *ile işareti aynı* $\Leftrightarrow$ *A matrisi negatif belirlidir.*
- *A'nın her tek sıralı asal minörü* ≤ 0 *ve her çift sıralı asal minörün işareti* $\geq 0 \Leftrightarrow$ *A matrisi negatif yarı belirlidir.*
- *Yukarıdakiler dışında bir durum varsa, A matrisi belirsizdir [3].*

Yardımcı Teorem 5. *$X = (x_1, x_2, ..., x_n)$, bir $S \subset R^n$ kümesinde tanımlı olan $f(X)$ sürekli ve $X \in S$ için ikinci derece kısmi türevleri alınabilir bir fonksiyon olsun.*

- *$f(X)$ konveks bir fonksiyon $\Leftrightarrow$ $X \in S$ için H_f pozitif belirli/pozitif yarı belirli*
- *$f(X)$ konkav bir fonksiyon $\Leftrightarrow$ $X \in S$ için H_f negatif belirli/negatif yarı belirlidir [3].*

Teorem 2. *İki güzergah olduğunda amaç fonksiyonu için konkav ya da konveks yorumu yapılamamaktadır.*

İspat: Yardımcı Teorem 5 'te belirtildiği üzere *Hessian Matrisi* kullanmak gerekmektedir. Hessian Matrisi'nde Normal Dağılım'ın Yığmalı Dağılım Fonksiyonu yer aldığından ve bu fonksiyonun integrali alınamadığından formülasyon olarak yerine konamamaktadır. Ancak, birinci asal minör incelenerek bir takım çıkarımlar yapılabilmektedir. Birinci asal minör şu şekildedir:

$$\begin{aligned} H_{11} &= \frac{\partial^2 \pi}{\partial b_1 \partial b_2} \\ &= \Delta f'(b_1) F(b_2) - f'(b_1)(b_1 + \Delta - C(\{1\})) - 2f(b_1) \end{aligned} \tag{4.10}$$

narray* Δ, iki güzergâh arası sinerji olarak şu şekilde tanımlanmıştır:

$$\Delta = C(\{1\}) + C(\{2\}) - C(\{1,2\}) \tag{4.11}$$

Normal Dağılım'ın Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu'nun türevi şu şekildedir:

$$f'(b_1) = (\mu - b_1) f(b_1) \tag{4.12}$$

Buna göre birinci asal minör:

$$H_{11} = \underbrace{f(b_1)}_{Pozitif} \underbrace{[\Delta(\mu_1 - b_1)F(b_2)) - (\mu_1 - b_1)(b_1 + \Delta - C(\{1\})) - 2]}_{?} \overset{?}{\lesseqgtr} 0 \qquad (4.13)$$

Birinci asal minörün ilk kısmı pozitif olduğundan ikinci kısmın işareti denklemin işaretini belirlemektedir. İkinci kısımda maliyet, ortalama ve Δ parametreleri yer almaktadır ve farklı parametre değerleri için negatif ve/veya pozitif olma durumu değişkenlik göstermektedir. Örneğin; $C(\{1\}) < \mu_1 < b_1$ durumunda ve $\Delta > 0$ iken;

$$\underbrace{(\mu_1 - b_1)(\Delta[F(b_2) - 1])}_{Pozitif} + \underbrace{(\mu_1 - b_1)(C(\{1\}) - b_1)}_{Pozitif} \overset{?}{\lesseqgtr} 2 \qquad (4.14)$$

Denklemin sol tarafı pozitif olmasına rağmen 2'den büyük ya da küçük olduğu bilinmemektedir. 2'den büyük olduğunda konvekslik için birinci asal minör koşulunu, 2'den küçük olduğundaysa konkavlık için birinci asal minör koşulunu sağlamaktadır. Birinci asal minöre bakarak konveks ya da konkav olmaya adaydır yorumu yapılamamaktadır. Yardımcı Teorem 4 ve 5 'e göre farklı parametre değerleri ve bölgeler için konkavlık ya da konvekslik şartına uygunluğun değişkenlik gösterdiği bulunmuştur. □

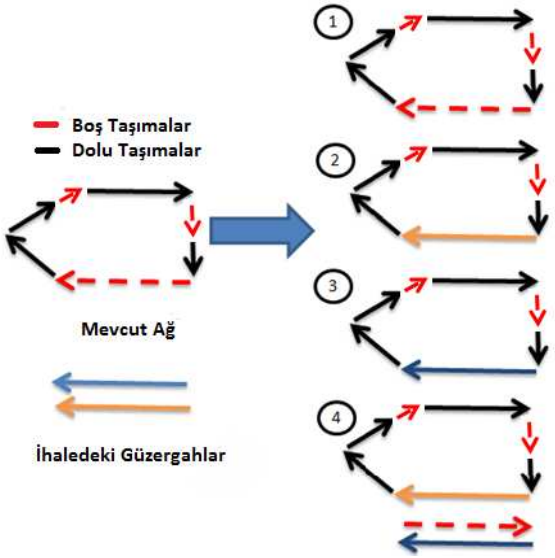
Amaç fonksiyonu ile ilgili olarak konkav ya da konveks yorumu yapılamamaktadır. En büyükleme problemi çözüldüğü için fonksiyonun konkav olması, fonksiyondaki yerel bir en büyük noktanın, global en büyük nokta olduğunu göstermesi açısından önemlidir. Fonksiyon konkav olmadığı için global optimali bulmak zorlaşmaktadır.

Kar fonksiyonunun yapısıyla ilgili karmaşıklığı göstermek için alternatif çözümün var olduğu bir örnek ele alınmıştır.

4.1.2.1 İki Güzergâhlı İhalelerin Konkav Olmadığı Duruma Örnek

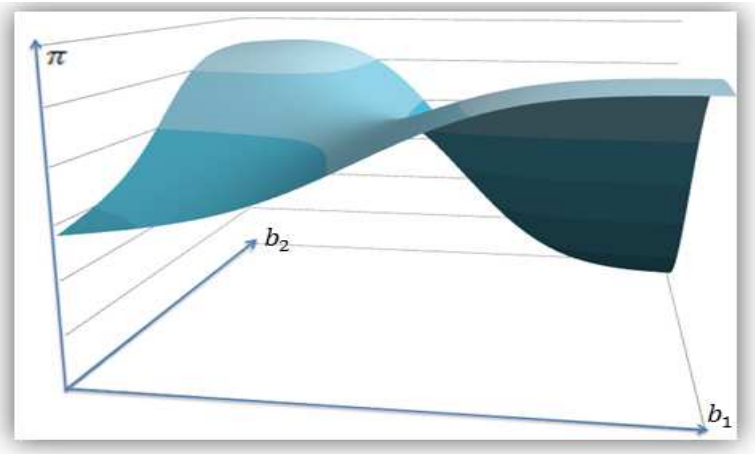
Şekil 4.3'te, iki güzergâhlı bir ihale mevcuttur. Güzergahlar, aynı olasılık dağılımına ve aynı uzunluğa sahip eş güzergahlardır.

Mevcut ağ göz önüne alındığında taşıyıcı için 4 senaryo ortaya çıkmaktadır: 1. senaryoda her iki güzergah da kaybedebilir, 2. senaryoda sadece bir güzergahı kazanabilir, 3. senaryoda sadece diğer güzergahı kazanabilir ve 4. senaryoda her iki güzergâhı da kazanabilir. 4. senaryoda yeni bir boş taşıma ortaya çıkarmaktadır. Bu yüzden, taşıyıcı ihalelerden sadece birini kazanmaya yönelecektir. Her iki ihale de aynı



Şekil 4.3: Mevcut Ağ ve İki Güzergahlı İhale

özelliğe sahip olduğu için alternatif çözüm durumu ortaya çıkmaktadır. Şekil 4.4'te kar fonksiyonuna ait grafik yer almaktadır. Grafikte aynı değere sahip optimal iki nokta bulunmaktadır.



Şekil 4.4: Aynı İki Güzergaha Sahip İhale için Kar Fonksiyonu

4.1.3 Özet

Pazarda yer alan güzergâh sayısı arttıkça potansiyel sonuç sayısı üstel olarak artmaktadır. Problem en büyükleme problemidir ve küçük problemler için dahi konkav yapı mevcut değildir. Problem büyüdükçe optimali bulmak zorlaşmaktadır. Ayrıca, her alt küme için bir NP-Zor problem çözülmesi gerekmektedir ve alt küme sayısı üstel olarak artmaktadır. Bu yüzden, problemin çözümü için sezgisel bir algoritma geliştirilmiştir.

4.2 Ampirik Dağılımlı Yaklaşım

Problemde güzergahları kazanma ve kaybetme olasılığı öğrenme mekanizmasıyla elde edilen bilgiler kullanılarak hesaplandığı için kar fonksiyonunun şekli hakkında herhangi bir bilgiye sahip olunmamaktadır. Ayrıca, Kuyzu [34] Düzgün Dağılım için kar fonksiyonunun genel olarak konkav olmadığını daha önceden göstermiştir ve bu tezde kullanılan Parçalı Düzgün Dağılım için de genel olarak konkav olmaması beklenmektedir. Bu yüzden, problem çözümü için koordinat arama algoritması kullanılmış ve her bir güzergah için çoklu başlangıçla arama yapılmıştır.

5. ÇÖZÜM YAKLAŞIMI

Problemin çözümü için önerilen algoritma, bir defada sadece tek bir fiyat teklifini değiştirmekte ve bunu her bir fiyat teklifi için sırayla yapmaktadır. Arama, amaç fonksiyonunda artış sağlanmayana kadar devam etmektedir. Tek boyutta arama yapmak için amaç fonksiyonunu tek bir teklifin fonksiyonu şeklinde yazmak gerekmektedir. Fonksiyon, Kuyzu [34] tarafından Denklem 5.1'deki gibi yazılmıştır:

$$\pi_i(b) = P(i,b)\left(b_i - \underbrace{\sum_{V\subseteq L,\, i\notin V} P(V,b)Q(L-V-i,b)(C(V+\{i\})-C(V))}_{\beta_i(b)}\right) + \sum_{V\subseteq L,\, i\notin V} P(V,b)Q(L-V-i,b)[R(V,b)-C(V)] \tag{5.1}$$

Fonksiyon, olasılık dağılımından bağımsız olarak yazılmıştır. Bu nedenle, her dağılım için geçerlidir. Ayrıca, $\beta_i(b)$, i'nci güzergahın kazanılmasıyla maliyette beklenen değişim olarak ifade edilmekte olup i güzergahına ait herhangi bir değişken içermediği için her arama adımında sabit bir değerdir. $\beta_i(b)$ kullanılarak fonksiyon daha sade bir hale sahip olmaktadır.

5.1 Normal Dağılımlı Yaklaşım

En düşük rakip teklifinin Normal Dağılım'a sahip olduğu varsayımı kullanıldığı için $P(i,b)$ Denklem 5.2'deki gibidir:

$$P(i,b) = P(X_i \geq b_i) = (1 - \int_{-\infty}^{b_i} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_i^2}} e^{\frac{(b_i-\mu_i)^2}{2\sigma_i^2}}) \tag{5.2}$$

Tek ve iki güzergah olduğu durumlar için kar fonksiyonunun yapısı araştırılmıştı. Aynı şekilde, i güzergahına bağlı $\pi_i(b)$ kar fonksiyonu için de konkavlık analizi yapılması gerekmektedir.

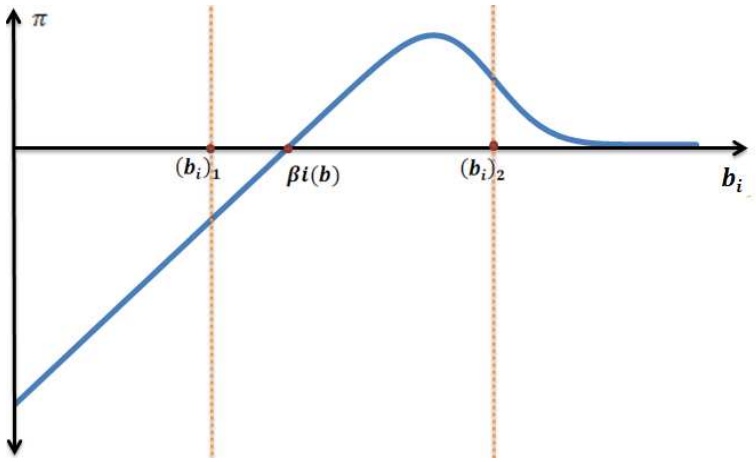
Teorem 3. *Amaç fonksiyonu, bir güzergahın fonksiyonu şeklinde yazıldığında:*

- $b_i \in (-\infty, \frac{\beta_i(b)+\mu}{2} - \sqrt{\frac{(\mu-\beta_i(b))^2}{4} + 2\sigma^2})$ *ise kar fonksiyonu konveks yapıda ve artan yöndedir.*

- $b_i \in [\frac{\beta_i(b)+\mu}{2} - \sqrt{\frac{(\mu-\beta_i(b))^2}{4} + 2\sigma^2},\ \frac{\beta_i(b))+\mu}{2} + \sqrt{\frac{(\mu-\beta_i(b))^2}{4} + 2\sigma^2}]$ *ise kar fonksiyonu konkav yapıdadır.*
- $b_i \in (\frac{\beta_i(b)+\mu}{2} + \sqrt{\frac{(\mu-\beta_i(b))^2}{4} + 2\sigma^2}, +\infty)$ *ise kar fonksiyonu konveks yapıda ve azalan yöndedir.*

İspat: Bölüm 4'te yer alan Tek Güzergah durumu için yapılan ispat ile aynıdır. Aralarındaki fark, tek güzergahın maliyeti yerine i'nci güzergahın ağa eklenmesiyle oluşan maliyetin kullanılması ve fonksiyonda yer alan sabit değerdir. □

Bir güzergahın fonksiyonu şeklinde yazıldığında amaç fonksiyonunun yapısı tam olarak konkav değildir ancak fonksiyonun konkav olduğu bölge mevcuttur. En büyükleme problemi ele alındığı için konkav olma durumu modelimiz için önemlidir. Şekil 5.1'de yer alan kar fonksiyonu grafiğine göre tek bir global en büyük noktası olduğu görülmektedir. En büyükleme problemi ele alındığından tek boyut için bulunan bir yerel en büyük nokta, global en büyük noktadır. Kar fonksiyonunun bu yapısı dikkate alınarak Algoritma 1'de yer alan algoritma geliştirilmiştir.



Şekil 5.1: Tek Boyut için Amaç Fonksiyonu'na ait Grafik

Algoritma 1'de yer alan Koordinat Arama Algoritması 1, her güzergah için her arama adımında bir optimizasyon problemi çözmektedir. Teklif vektöründeki bir teklif için en iyiyi bulmayı denerken diğer bütün teklifler sabit tutulmaktadır. En iyi teklifi aradığı güzergah için Şekil 5.1'e göre en iyiyi arayacağı bölge bilinmekte olup, tırmanma algoritmasıyla en iyiyi aramaktadır. Bu arama algoritması, tek bir güzergah için en iyi çözüme ulaşmaktadır ancak amaç fonksiyonu konkav yapıda olmadığı için ana problem için en iyiyi garantilememektedir. Bu yüzden, farklı başlangıç noktaları verilip algoritmanın tekrar çalıştırılması gerekebilmektedir. Ancak simülasyon çalışmasında farklı başlangıçlar için çıktıda bir farklılık olmadığı görülmüş, arama

Algoritma 1 Koordinat Arama Algoritması 1

Girdi: $L = \{1, 2, ..., n\}$, b^0 olurlu çözüme sahip başlangıç teklif vektörü ($b_i^0 = 0 \ \ \forall i \in L$), $\varepsilon > 0$
Çıktı: $\bar{b}$ teklif vektörü

$k \leftarrow 0$
Tekrarla
  $\gamma \leftarrow$ yanlış
  Her $i \in L$ **için**
    $\bar{b_i} \leftarrow$ EnBüyükDeğerBulNorm ($\beta_i(b)$, μ, σ^2)
    Eğer $\left|\bar{b_i} - b_i^k\right| > \varepsilon$ **ise**
      $\gamma \leftarrow$ doğru
      $k \leftarrow k + 1$
      $b_i^k \leftarrow \bar{b_i}$
      Tüm $j \in L - \{i\}$ **için**
        $b_j^k \leftarrow b_j^{k-1}$
      Bitir İçin
    Bitir Eğer
  Bitir İçin
Kadar ($\gamma \leftarrow$ yanlış)

süresini hızlandırmak için tek başlangıç yapılmıştır. Algoritma, amaç fonksiyonu değerini bir çözümden başka bir çözüme taşımaktadır ve arama çözümler arası fark kalmayana kadar devam etmektedir.

Her b_i teklifi için en büyük değer Algoritma 2'deki gibi bulunmaktadır. Soldan sağa ya da sağdan sola adım adım arayarak da bulunabilir. Ancak daha hızlı olması açısından Algoritma 2'de yer alan yöntem tercih edilmiştir. Bu algoritmaya göre, çözümün olması beklenen aralık sürekli ikiye bölünerek arama yapılmaktadır.

5.2 Ampirik Dağılımlı Yaklaşım

Problemin çözümü için önerilen bu algoritma, bir defada sadece tek bir fiyat teklifini değiştirmekte ve bunu her bir fiyat teklifi için sırayla yapmaktadır. Arama, amaç fonksiyonunda artış sağlanmayana kadar devam etmektedir. Tek boyutta arama yapmak için kar fonksiyonu Denklem 5.1 'de yer almaktadır. Algoritma, her güzergah için arama yaparken kar fonksiyonu için en büyük değeri aramaktadır.

Algoritma 3, tırmanma yöntemiyle iyi çözümü aramaktadır. Bunun için Algoritma 4 kullanılmaktadır. Kar fonksiyonunun yapısı bilinmediğinden her güzergah için farklı noktalardan çoklu başlangıç yaparak arama yapılmaktadır. Arama için $[0.5cl_i, 3cl_i]$

Algoritma 2 Normal Dağılım için En Büyük Değeri Bulma

Fonksiyon EnBüyükDeğerBulNorm($\beta_i(b)$, μ, σ^2)
$\varepsilon \leftarrow 10^{-2}$ $\quad \bar{b_i} \leftarrow \beta_i(b)$
$b_{alt} \leftarrow \beta_i(b)$
$b_{\text{üst}} \leftarrow \frac{\beta_i(b))+\mu}{2} + \sqrt{\frac{(\mu-\beta_i(b))^2}{4} + 2\sigma^2}$
adım $\leftarrow (b_{\text{üst}} - b_{alt})/2$
$\bar{b_i} \leftarrow \bar{b_i}$ + adım
$\varphi \leftarrow$ doğru
Tekrarla
Eğer $(\pi(\bar{b_i} + \varepsilon) < \pi(\bar{b_i} - \varepsilon))$ **ise**
$b_{\text{üst}} \leftarrow \bar{b_i}$
adım $\leftarrow (b_{\text{üst}} - b_{alt})/2$
$\bar{b_i} \leftarrow \bar{b_i}$-adım
Değilse
$b_{alt} \leftarrow \bar{b_i}$
adım $\leftarrow (b_{\text{üst}} - b_{alt})/2$
$\bar{b_i} \leftarrow \bar{b_i}$+adım
Bitir Eğer
Eğer (adım $< 10^{-6}$) **ise**
$\varphi \leftarrow$ yanlış
Bitir Eğer
Kadar($\varphi =$ yanlış)
Döndür($\bar{b_i}$)
Bitir Fonksiyon

Algoritma 3 Koordinat Arama Algoritması 2

Girdi: $L = \{1, 2, ..., n\}$, b^0 olurlu çözüme sahip başlangıç teklif vektörü ($b_i^0 = 0\ \forall i \in L$), $\varepsilon > 0$
Çıktı: $\bar{b}$ teklfi vektörü

$k \leftarrow 0$
Tekrarla
$\gamma \leftarrow$ yanlış
Her $i \in L$ **için**
$\bar{b_i} \leftarrow$ EnBüyükDeğerBulAmp($\beta_i(b)$, μ, σ^2)
Eğer $\left|\bar{b_i} - b_i^k\right| > \varepsilon$ **ise**
$\gamma \leftarrow$ doğru
$k \leftarrow k + 1$
$b_i^k \leftarrow \bar{b_i}$
Her $j \in L - \{i\}$ **için**
$b_j^k \leftarrow b_j^{k-1}$
Bitir İçin
Bitir Eğer
Bitir İçin
Kadar ($\gamma \leftarrow$ yanlış)

Algoritma 4 Ampirik Dağılım için En Büyük Değeri Bulma

Fonksiyon EnBüyükDeğeriBulAmp($\beta_i(b)$, μ, σ^2)
  $\varepsilon \leftarrow 5 \times 10^{-1}$
  $\pi(\bar{b_i}) \leftarrow 0$
  $\bar{b_i} \leftarrow 0$
  $\varphi \leftarrow$ doğru
  k=1 ; k $\leq$ **4 ; k++**
    $b_i \leftarrow 0,5kl_i$
    Tekrarla
      Eğer $(\pi(b_i + \varepsilon) > \pi(b_i))$ **ise**
        $b_i \leftarrow b_i + \varepsilon$
      Değilse
        $\varphi \leftarrow$ yanlış
      Bitir Eğer
    Kadar $(\varphi =$ yanlış$)$
    Eğer $(\pi(\bar{b_i}) < \pi(b_i))$ **ise**
      $\pi(\bar{b_i}) \leftarrow \pi(b_i)$
      $\bar{b_i} \leftarrow b_i$
    Bitir Eğer
  Bitir Döngü (k)
  Döndür$(\bar{b_i})$
Bitir Fonksiyon

aralığında 4 başlangıç vardır ve farklı başlangıçlar için bulunan çözümlerden en yüksek $\pi_i(b)$ kar değerine ait b_i değeri seçilmektedir. Algoritma her başlangıç için tırmanma yöntemini kullanmaktadır. Arama algoritması, hem problem hem de tek boyut için en iyiyi garantilememektedir.

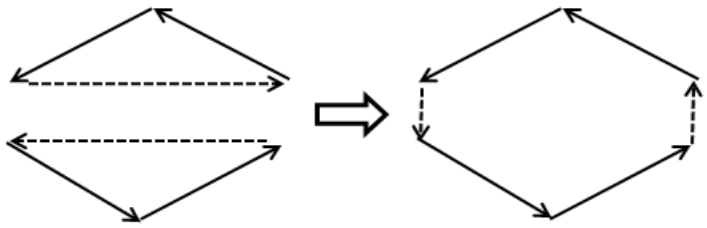
5.3 Maliyet Hesaplama Yöntemleri

Taşıyıcı, teklif verme problemini çözmek için öncelikle ihale sayısının alt küme sayısı kadar maliyet hesaplama problemi çözmek zorundadır. Problemde taşıyıcı mevcut ağındaki boş taşımaları azaltmak için bir seferlik taşımalara dayalı spot market güzergah ihalelerine yönelmektedir. Amaç fonksiyonuna göre, ihalelere teklif verebilmek için ihalelerin tüm alt kümelerine ait maliyetlere ihtiyaç vardır. Taşıyıcı mevcut ağına sürekli hizmet vermek zorunda olduğu için belirli bir periyoda göre hareket etmesi gerekmektedir. Her periyotta mevcut ağındaki güzergahlara hizmet vermek zorundadır. Bu yüzden turlar için uzunluk kısıtı kullanmak gerekmektedir. Bu kısıt, tur tamamlandığında bir sonraki periyoda ait tur için gecikme olmasının önüne geçmektedir. Maliyet hesabı için Güzergah Kaplama Problemi'ne [19] dayanan iki farklı yaklaşım önerilmiştir.

5.3.1 Maliyeti Güzergah Kaplama Problemi Sezgiseli ile Hesaplama

Taşıyıcı, mevcut ağındaki güzergahlara devamlı olarak her periyotta hizmet verebilmek için sahip olduğu turların bir periyotta hizmet verilebilecek uzunlukta olması gerekmektedir. Bu yaklaşımda, L güzergah kümesinin her S alt kümesi maliyet hesabı yapılırken mevcut ağ ve S alt kümesindeki güzergahlar için Uzunluk Kısıtlı Güzergah Kaplama Problemi çözülmektedir. Ancak, hem alt kümelerin fazla sayıda hem de problemin NP-Zor olmasından dolayı problemin çözümü için Kuyzu'nun önerdiği sezgisel yöntem [34] kullanılmıştır. Algoritma, Güzergah Kaplama Sezgiseli adı altında Algoritma 5'te yer almaktadır. S alt kümesine ait maliyet, mevcut ağ ve S alt kümesindeki güzergahlara ait maliyetten sadece mevcut ağa ait maliyetin çıkarılmasıyla elde edilmektedir.

Algoritma 5'te, bir ayrıtın başı ayrıtın son bulduğu noktayı ve ayrıtın sonu ise ayrıtın başlangıç noktasını temsil etmektedir. Başlangıçta her bir güzergah boş taşımayla tamamlanarak tek güzergahlık turlar elde edilmektedir. Daha sonra bu turlar ikili olarak boş taşımada en fazla azalma sağlayacak şekilde birleştirilmektedir. Boş taşımadaki azalma miktarlarını yığın sıralaması (Heap Sorting) ile büyükten küçüğe sıralamak daha hızlı olacağı için ekleme işlemi sırasına göre yapılmaktadır. Bu sıralamaya göre en fazla kazanç sağlayan birleştirmeden başlayarak yeni turlar oluşturulmaktadır. Artan turlar ise aynı şekilde kalmaktadır. Turdaki boş taşımaların toplam tur uzunluğunun en fazla yarısı kadar olmasının sebebi ise başlangıçta yer alan en kötü durumda bile boş taşımanın tur uzunluğunun yarısı kadar olmasıdır. Boş taşıma tur uzunluğunun yarısını geçerse, çözüm daha kötüye gidecektir. Şekil 5.2'de iki turun daha az boş taşımalarla birleştirilmesine ait örnek yer almaktadır.



Şekil 5.2: İki Turun Birleştirilmesi Örneği

Algoritma 5 Güzergah Kaplama Problemi Sezgiseli

Girdi: $L = \{1, 2, ..., n\}$, l_i güzergah uzunlukları, U maksimum tur uzunluğu
Çıktı: L güzergah kümesine ait turlar ve uzunlukları

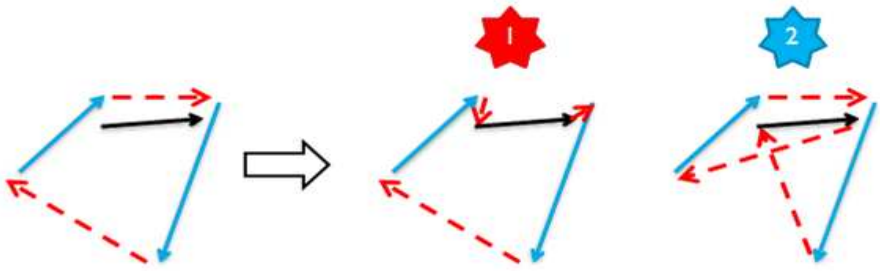
Her $i \in L$ **için**
  $C_i \leftarrow i$ güzergahının başından kuyruğuna bir ayrıt (boş taşıma) ekle, tur oluştur
  $l_{C_i} \leftarrow 2l_i$
Bitir İçin
$\varphi \leftarrow$ **doğru**
Tekrarla
  Her $C_i \in C$ **için**
    Her $C_j \in C,\ \ j > i$ **için**
      boşTaşımadaAzalma $\leftarrow 0$
      Her boş taşıma ayrıtı $D_k \in C_i$ **için**
        Her boş taşıma ayrıtı $D_l \in C_j$ **için**
          $b \leftarrow l_{(baş_{D_k}, kuyruk_{D_k})} + l_{(baş_{D_l}, kuyruk_{D_l})} - l_{(baş_{D_k}, kuyruk_{D_l})} - l_{(baş_{D_l}, kuyruk_{D_k})}$
          Eğer boşTaşımadaAzalma $< b$ **ise**
            boşTaşımadaAzalma $\leftarrow b$
          Bitir Eğer
          Eğer $l_{C_{ij}} \leqslant U$ ve C_{ij}'deki Toplam Boş Taşıma Uzunluğu$/l_{C_{ij}} \leqslant 0.5$ **ise**
            $LISTE$'ye yığın sıralamayla **EKLE** (boşTaşımadaAzalma, i,j)
            $\varphi \leftarrow$ yanlış
          Bitir Eğer
        Bitir İçin
      Bitir İçin
      $|Ekleme\,Listesi| \leftarrow \varnothing$
      $|C'| \leftarrow \varnothing$
      $t \leftarrow 1$
      Her $k \in LISTE$ **için**
        Eğer $i\,ve\,j \notin Ekleme\,Listesi$ **ise**
          $C'_t \leftarrow C_i + C_j$
          $l_{C'_t} \leftarrow l_{C_i} + l_{C_j} -$ boşTaşımadaAzalma
          $EklemeListesi$'ne **EKLE** $\{i\}$ ve $\{j\}$
        Bitir Eğer
      Bitir İçin
      Her $i \in C$ **için**
        Eğer $i \notin$ Ekleme Listesi **ise**
          $t \leftarrow t + 1$
          $C'_t \leftarrow C_i$
          $l_{C'_t} \leftarrow l_{C_i}$
        Bitir Eğer
      Bitir Her
        $C \leftarrow C'$
  Bitir İçin
Kadar ($\varphi =$ **doğru**)

5.3.2 Maliyeti Mevcut Ağdaki Boşluklara Yeni Güzergah Ekleyerek Hesaplama

Bu yöntemde, maliyet hesapları için mevcut ağa yeni güzergah eklenmesi ile maliyet hesaplanmaktadır. Bu yönteme göre, taşıyıcı mevcut ağında turlara sahiptir. Ağdaki boşluklara, ihaledeki güzergahların eklenmesiyle boş taşımada meydana gelecek artış, eklenen güzergahların maliyeti olarak kabul edilmiştir. Diğer yöntemle aralarındaki fark, bu yöntemde mevcut turlar bozulmadan uzunluk kısıtını geçmeyecek şekilde boşluklar değerlendirilmektedir. Diğer yöntemde ise, mevcut turların bozulmasına izin verilmektedir. Algoritma 6'da yer almaktadır.

Algoritma 6'da yeni tur uzunluğunun U km'den küçük veya eşit olma sebebi mevcut ağındaki güzergahlara her periyotta hizmet vermeye devamlılığını sağlamak içindir. Ayrıca, bir turda yer alan boş taşımanın toplam tur uzunluğunun yarısından küçük veya eşit olma sebebi, yeni araçla yeni tura başlanmasının herhangi bir ek maliyetinin olmaması ve tek bir güzergaha ait turda tur uzunluğunun yarısı kadar boş taşıma olmasıdır. Bir başka tur içerisinde daha fazla bir boş taşımaya katlanmaktansa, ayrı bir tur oluşturmanın maliyeti daha azdır. Algoritma, farklı sayıda elemana sahip güzergahlar kümesi için çalışabilmektedir. S alt kümesine ait maliyet, mevcut ağ ve S alt kümesindeki güzergahlara ait maliyetten sadece mevcut ağa ait maliyetin çıkarılmasıyla elde edilmektedir.

Şekil 5.3'te güzergah ekleme yöntemiyle ilgili bir örnek bulunmaktadır. Örnekte, 2 güzergahlı ve 2 boş taşımalı bir tur yer almaktadır. Bir ihale güzergahı için maliyet hesaplarken, turda 2 boşluk olduğundan 2 alternatif denemesi yapılması gerekmektedir. Güzergah, üstteki ya da alttaki boşluğa eklenecektir. Ancak, boş taşımada en fazla azalma 1. durumda elde edilmektedir. Bu sebeple, maliyet hesabı 1. duruma göre yapılmalıdır. Taşıyıcının mevcut ağında bulunan boşluk sayısı ve ihale güzergahları alt kümesinin eleman sayısı kadar alternatif denemesi gerekmektedir ve mevcut ağa güzergahları yerleştirme boş taşımada en fazla azalma sağlayacak şekilde yapılmalıdır.



Şekil 5.3: Yeni Güzergahı Boşluğa Ekleme Örneği

Algoritma 6 Mevcut Ağdaki Boşluklara Yeni Güzergah Ekleme Sezgiseli

Girdi: $L = \{1, 2, ..., n\}$, l_i güzergah uzunlukları, U maksimum tur uzunluğu ve Mevcut Ağdaki Turlar
Çıktı: L güzergah kümesine ait turlar ve uzunlukları

$C \leftarrow 0$, $D \leftarrow 0$, $G \leftarrow 0$
Her $i \in S$ **için**
  $\upsilon \leftarrow M$
  $\upsilon_i \leftarrow 2c_i l_i, C_i \leftarrow 0, D_i \leftarrow 0$
  Her $j \in$ Mevcut Ağdaki Turlar **için**
    Her $k \in j$Turundaki Boş Taşımalar **için**
      Eğer i güzergahı k boş taşımasının yerine yerleştirildiğinde j turunun uzunluğu U km'den küçük eşit **ise**
        Eğer j turunun yeni boş taşıma miktarı j turunun yeni uzunluğunun yarısından küçük eşit **ise**
          $\upsilon^{'} \leftarrow$ Yeni Tur Uzunluğu - Eski Tur Uzunluğu
          Eğer $\upsilon_i > \upsilon^{'}$ **ise**
            $\upsilon_i \leftarrow \upsilon^{'}$, $C \leftarrow C_i$, $D \leftarrow D_i$, $G = i$
          Bitir Eğer
        Bitir Eğer
      Bitir Eğer
    Bitir İçin
    Eğer $\upsilon > \upsilon_i$ **ise**
      $C \leftarrow C_i$, $D \leftarrow D_i$, $G \leftarrow i$
    Bitir Eğer
  Bitir İçin
Bitir İçin
Eğer G güzergahı için $C \neq 0$ ve $D \neq 0$ **ise**
  G güzergahını C turundaki D boşluğa **EKLE**
  C turunun uzunluğu $\leftarrow C + \upsilon$
  S $\leftarrow$ S$\setminus$ G
  Eğer $|S| \neq \varnothing$ ise en başa dön
Bitir Eğer
Eğer G güzergahı için $C = 0$ ve $D = 0$ **ise**
  Turlar kümesine G güzergahını yeni tur olarak **EKLE**
  Yeni turun uzunluğu $\leftarrow 2l_i c_i$
  S $\leftarrow S \setminus G$
  Eğer $|S| \neq \varnothing$ ise en başa dön
Bitir Eğer
S kümesinin Marjinal uzunluk miktarı$\leftarrow$ Yeni Ağ Uzunluğu - Mevcut Ağ Uzunluğu

6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Eş zamanlı teklif verme problemi için önerilen Koordinat Arama Algoritması'nın taşıyıcı açısından kullanımının etkisini göstermek için simülasyon çalışması yapılmıştır. Buna göre, her periyotun bir hafta olduğu 52 periyottan oluşan taşımacılık tedarikinin yapıldığı bir pazar oluşturulmuştur ve 100 tekrar yapılmıştır. Her periyotta eş zamanlı olarak birbirinden bağımsız 10 adet ihale yer almaktadır. Her bir ihale tek periyotluktur yani sadece bir kere için hizmet verilmektedir.

Hizmet alanı, $1500\,\mathbf{x}\,1500\,km^2$'dir ve $500\,\mathbf{x}\,500\,km^2$'lik 9 bölgeden oluşmaktadır. Bölgeler kuzeybatı(1), kuzey(2), kuzeydoğu(3), batı(4), merkez(5), doğu(6), güneybatı(7), güney(8) ve güneydoğu(9) olarak yerleştirilmiştir. Şekil 6.1'de gösterimi yer almaktadır. 1 kilometrelik mesafe için aracın boş ya da dolu olmasından bağımsız olarak 1 birim maliyete sahip olduğu varsayılmaktadır.

1	2	3
4	5	6
7	8	9

Şekil 6.1: 9 Bölgenin Yerleşimi

Bir periyot bir haftadır ve bir haftada bir araç en fazla 5040 km yol alabilmektedir. Bu yüzden, bir araca ait bir tur en fazla 5040 km uzunluğa sahip olabilmektedir. Bir tur en fazla 5040 km olduğundan bir güzergahın uzunluğu en fazla 2520 km olmalıdır. Bu yüzden hizmet alanı $1500 \times 1500\,km^2$ olarak belirlenmiştir. Bu alana göre olabilecek en büyük güzergah uzunluğu köşegen kadardır. Köşegen yaklaşık 2121 km olup güzergah uzunluğu sınırını aşmamaktadır.

Hizmet alanında rassal olarak belirlenmiş 900 nokta mevcuttur. Ortalama olarak her bölgede 100 nokta bulunmaktadır. Her nokta x ve y koordinatına sahiptir ve iki nokta arası uzaklık Öklit Uzaklığı kullanılarak hesaplanmaktadır.

Teklif verme algoritmasını kullanan taşıyıcı, Akıllı Taşıyıcı (AT) olarak adlandırılmıştır. Pazarda Akıllı Taşıyıcı ile rekabet etmesi için her tipten 2'şer adet olmak üzere 3 tip

rakip taşıyıcı oluşturulmuştur:

- **Küçük Boyutlu Taşıyıcı (KT1 ve KT2) :** Bu taşıyıcı tipinin özelliği, mevcut ağında 30 güzergah olması ve bu güzergahların rassal olarak belirlenmiş birbirine komşu 3 bölgede yer almasıdır.
- **Orta Boyutlu Taşıyıcı (OT1 ve OT2) :** Bu taşıyıcı tipinin özelliği, mevcut ağında 60 güzergah olması ve bu güzergahların rassal olarak belirlenmiş birbirine komşu 4 bölgede yer almasıdır.
- **Büyük Boyutlu Taşıyıcı (BT1 ve BT2) :** Bu taşıyıcı tipinin özelliği, mevcut ağında 90 güzergah olması ve bu güzergahların rassal olarak belirlenmiş birbirine komşu 5 bölgede yer almasıdır.

Çok sayıda rakip taşıyıcının pazarda yer almasının ve taşıyıcı boyutlarının çeşitli olmasının sebebi gerçek hayatla benzerlik kurmak açısındandır. Rakip sayısı fazla tutularak gerekli rekabet ortamı yaratılmıştır. Boyut çeşitlendirmesi ise taşıyıcı firma boyutlarının farklı olmasından ve firma büyüdükçe hizmet kapasitesinin artmasından dolayı tercih edilmiştir. Gerçek hayatta da büyük firmalar daha geniş bölgeye hizmet verebilecek yeterliliğe sahipken küçük firmalar yerel bölgeye hizmet verebilmektedir.

Tüm taşıyıcı tipleri için bölge atamaları rassal yapılmıştır. Mevcut ağı n bölgeden oluşması gereken bir taşıyıcı için atama Algoritma 7'de yer almaktadır.

Algoritma 7 Mevcut Ağ Oluşturma Algoritması

```
|Bölge Listesi| = ∅
Rassal bir bölge seç, Bölge Listesi'ne ekle
Tekrarla
    γ=yanlış
    Tekrarla
        Rassal bir bölge seç
        Eğer seçilen bölge Bölge Listesi'nde yok ve Bölge Listesi'nin herhangi
        bir elemanıyla komşu ise
            Bölge Listesi'ne ekle
            γ=doğru
        Bitir Eğer
    Kadar(γ=doğru)
Kadar (|Bölge Listesi| = n)
```

7 taşıyıcı için de bölge atamaları algoritmadaki gibi rassal bir şekilde yapılmıştır. Algoritmada yer alan komşuluk için 9×9'luk bir komşuluk matrisi tutulmuştur. İki bölgenin komşu olabilmesi için Şekil 6.1'e göre iki bölge arası çizgi olması gerekmektedir.

Örneğin; 4 ile 5 komşuyken, 1 ile 5 sadece tek bir noktaları kesiştiği için komşu değildir. Bu bilgilere göre atamalar yapılmıştır.

Taşıyıcıların mevcut ağ güzergahlarının başlangıç ve bitiş noktaları, hakim oldukları bölgeler içinde rassal olarak belirlenmektedir ve tüm bölgeler eşit olasılığa sahiptir. Bölge belirlendikten sonra yine rassal olarak bölgeden bir nokta seçilmektedir. Başlangıç ve bitiş noktası bu şekilde belirlenerek güzergah oluşturulmaktadır. Herhangi bir güzergahın başlangıç ve bitiş noktasının hangi bölgede olacağı birbirinden bağımsızdır.

İhale güzergahları 9 bölgeden eşit olasılıkla gelmektedir. Güzergahların başlangıç ve bitiş noktalarının ait olacağı bölge, 9 bölge içerisinden rassal olarak belirlenmektedir ve tüm bölgeler eşit olasılığa sahiptir. Bölge belirlendikten sonra yine rassal olarak bölgeden bir nokta seçilmektedir. Başlangıç ve bitiş noktası bu şekilde belirlenerek ihale güzergahları oluşturulmaktadır. Herhangi bir güzergahın başlangıç ve bitiş noktasının hangi bölgede olacağı birbirinden bağımsızdır.

Taşıyıcılar için mevcut ağ uzun dönem anlaşmalardan oluşmaktadır. Yani tüm periyotlar için mevcut ağdaki güzergahlara hizmet verilmektedir. İhalelerden kazanılan güzergahlara ise sadece bir kez hizmet verilmektedir. Akıllı Taşıyıcı için L güzergahlar kümesinin herhangi bir alt kümesi için maliyet, mevcut taşıma ağındaki ve alt kümenin elemanı olan güzergahlara hizmet verme maliyetinden, mevcut taşıma ağındaki güzergahlara hizmet verme maliyetinin çıkarılmasıyla hesaplanmaktadır. Kullanılan her iki yöntem için de maliyet bu şekilde hesaplanmaktadır.

Rakip taşıyıcılar maliyetlerini Güzergah Kaplama Sezgiseli olan Algoritma 5 ile hesaplıyorsa, mevcut ağına L güzergah kümesindeki güzergahları tekli ekleyerek maliyet hesaplamaktadır. Sezgisel algoritma, L kümesinin eleman sayısı kadar kullanılmaktadır. L güzergah kümesindeki her güzergahın maliyeti, mevcut ağ ve ilgili güzergahın maliyetinden mevcut ağ maliyetinin çıkarılmasıyla hesaplanmaktadır. Güzergah Kaplama Sezgiseli için maliyet hesaplamada alt sınır tecih edilmiştir. Bunun sebebi, mevcut ağdaki tüm turların bozularak yeni gelen güzergahla birlikte yeniden Güzergah Kaplama Problemi çözülüp maliyet hesaplanmasıdır. Alt sınır olmadığında, eklenen güzergahın maliyeti düşük çıkabilmekte bu durum da teklifi aşağı çekmektedir. Bütün güzergahlara aynı şekilde düşük teklif verildiğinde güzergahları kazanma şansı artmakta, fazla sayıda kazanılan güzergahlar için hesaplanmış beklenen sinerjiler yetersiz kalabilmektedir. Rakip taşıyıcılar için zarar durumunu ortadan kaldırmak için alt sınır kullanılmıştır. Rakip taşıyıcılar maliyetlerini mevcut ağlarındaki boşluklara yeni güzergah ekleyerek ile hesaplıyorsa, Algoritma 6 bir kez kullanılmaktadır ve L güzergah kümesindeki güzergahlar aynı anda algoritmaya girmektedir. Bir

güzergahın maliyeti ise eklendiği turdaki boşlukta yarattığı ek maliyetle hesaplanmaktadır. Güzergahlar için Güzergah Kaplama Problemi'ndeki gibi sırayla değil, aynı anda maliyet hesaplandığından boşluklara yerleştirirken en çok kazanç sağlayan önceliğe sahip olmakta, daha sonra o boşluğa başka bir güzergahın gelmesine izin verilmemektedir. Diğer yönteme göre daha temkinli bir yaklaşım izlendiğinden alt sınıra gerek duyulmamaktadır. Her iki yaklaşım için de herhangi bir güzergaha teklif verirken, güzergahın maliyetine kar marjı eklenmektedir.

Akıllı Taşıyıcı tekliflendirme için Koordinat Arama Algoritması kullanırken, rakip taşıyıcılar mevcut ağlarına güzergah ekleme maliyetine (marjinal maliyet) kar marjı ekleyerek teklif vermektedir. Akıllı Taşıyıcı herhangi bir kar marjına göre değil, öğrenme mekanizmasıyla elde ettiği bilgileri kullanıp algoritma üzerinden arama yaparak teklif vermektedir.

Koordinat Arama Algoritmaları, uygun bir çözümle aramaya başlar ve her defasında daha iyi bir çözüme ulaşır. $\pi_i(b)$ kar fonksiyonunun maksimizasyonu her güzergah için her adımda yapılmaktadır ve kar fonksiyonu formülasyonunda maliyet hesaplarına ihtiyaç olduğu gözükmektedir. L güzergah kümesinin bütün alt kümeleri için maliyetin hesaplanması gerekmektedir. Maliyetlere algoritmanın her tekrarında ihtiyaç olduğu için her tekrarda bütün alt kümeler için hesaplamaktansa, algoritmanın daha hızlı olması açısından en başta bütün alt kümeler için hesaplanıp bir anahtarlı tablo *(hash table)* aracılığıyla hafızada tutmak tercih edilmiştir.

6.1 Normal Dağılımlı Yaklaşım

En düşük rakip teklifinin Normal Dağılım'a uygun olduğu varsayımından dolayı iki adet parametreye ihtiyaç vardır: ortalama μ ve varyans σ^2. Güzergah uzunlukları birbirinden farklıdır. Bu yüzden, ortalama ve varyans birim uzunluk (kilometre) başına tutulmuştur. Her güzergah için verilmiş en düşük rakip teklifi, güzergahın uzunluğuna bölünerek standart hale getirilmiştir. Her ihale sonunda yeni teklif bilgileri gelmektedir. Bu bilgileri bir dizi içerisinde sırasıyla tutmak yerine hem hafızada gereksiz yer harcamaktan hem de gereksiz işlemlerden kaçınmak için Denklem 6.1'de yer alan formülasyon tercih edilmiştir.

$$V(X) = E(X^2) - E(X)^2 \tag{6.1}$$

Formülasyona göre kilometre başına gelen en düşük rakip tekliflerinin karelerinin

ortalamasına ve kilometre başına gelen en düşük rakip tekliflerinin ortalamasının karesine ihtiyaç vardır. *n=0*, *toplam=0* ve *karelerin toplamı=0* değerleri ile simülasyon başlamaktadır ve yeni bir teklif bilgisi geldiğinde *n*, *1* arttırılmıştır. *toplam* değeri üzerine yeni gelen teklif değeri ve *karelerin toplamı* değeri üzerine yeni gelen teklif değerinin karesi eklenerek güncelleme yapılmaktadır. Simülasyonda Koordinat Arama Algoritması arama yaparken olasılık hesapları için ortalama ve varyans parametreleri gerektiğinde, ortalamayı bulmak için *toplam/n* ve varyans hesaplaması için ise *(karelerin toplamı/n)-(ortalamanın karesi)* hesaplamaları yapılmaktadır. Böylelikle daha hızlı ve hafızada daha az yer tutarak ortalama ve varyans parametreleri elde edilmektedir.

Olasılık hesapları için gerekli olan ortalama μ ve varyans σ^2 parametreleri için öğrenme mekanizması kullanılmaktadır. Pazar 52 periyottan oluşmaktadır ve başlangıçta μ ve σ^2 parametreleri bilinmediğinden 5 periyotluk ısınma zamanı kullanılmaktadır. Yani, 57 periyotluk koşturum yapılıp 52 periyot için istatistik tutulmaktadır.

6.2 Düzgün Dağılımlı Yaklaşım

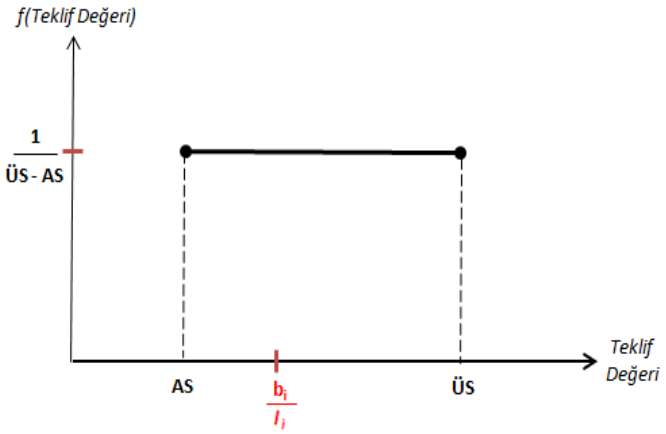
En düşük rakip teklifinin Düzgün Dağılım'a sahip olduğu yaklaşım için Kuyzu [34] kar fonksiyonunun genel olarak konkav olmadığını ispatlamıştır. Çalışmada, problemin çözümü için önerilen koordinat arama algoritmasının etkinliğini göstermek için deneysel çalışmalar yapılmıştır. 3 farklı pazar yapısı oluşturulup koşturumlar yapılmıştır. Pazarda, koordinat arama algoritması kullanan taşıyıcıyla rekabet eden bir taşıyıcı mevcuttur. Bu tezde ele alınan Normal ve Ampirik Dağılım yaklaşımlarını, Kuyzu'nun Düzgün Dağılım yaklaşımıyla karşılaştırmak için çok rakipli pazarda koşturumlar yapılması tercih edilmiştir. Ayrıca, Kuyzu [34] kullandığı simülasyon yapısında Düzgün Dağılım için sabit bir alt ve üst sınır değeri seçmiştir. Bu çalışmada, alt ve üst sınır değerleri öğrenme yoluyla elde edilen birim (örneğin: kilometre) başına beklenen değer ve standart sapmaya göre hesaplanmıştır. Denklem 6.2 ve 6.3'te sınırların hesaplanması yer almaktadır [1]. Beklenen değer ve standart sapma hesabı, Normal Dağılım bölümünde anlatılan parametre hesaplamalarıyla aynı şekildedir. Düzgün Dağılım'a göre olasılık hesapları, beklenen değer ile elde edilen alt ve üst sınır değerlerine göre yapılmaktadır. Şekil 6.2'de Düzgün Dağılım'ın olasılık yoğunluk fonksiyonu yer almaktadır.

Olasılık hesapları için gerekli alt ve üst sınır değerleri için öğrenme mekanizması kullanılmaktadır. Pazar 52 periyottan oluşmaktadır ve başlangıçta bu değerler bilinmediğinden 5 periyotluk ısınma zamanı kullanılmaktadır. Yani, 57 periyotluk

koşturum yapılıp 52 periyot için istatistik tutulmaktadır.

$$AS = \mu - \sqrt{3}\sigma \tag{6.2}$$

$$\ddot{U}S = \mu + \sqrt{3}\sigma \tag{6.3}$$



Şekil 6.2: Düzgün Dağılım Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu

6.3 Ampirik Dağılımlı Yaklaşım

Bu yaklaşımda, en düşük rakip teklifinin herhangi bir dağılıma sahip olduğu varsayımı yerine pazardaki tekliflere göre öğrenme yaparak dağılım oluşturmak esas alınmıştır. c kilometre başına maliyettir ve öğrenme mekanizması için 0 ile $3c$ arasında $0.25c$ aralık genişliğiyle 12 aralık kullanılmıştır. Herhangi bir güzergah için teklifler açıklandıktan sonra en düşük rakip teklifinin ait olduğu aralıkta 1 artış olmaktadır ve bu öğrenme tüm güzergahları kapsamaktadır. Pazar 52 periyottan oluşmaktadır ve başlangıçta dağılımla ilgili bilgi olmadığından 5 periyotluk ısınma zamanı kullanılmaktadır. Yani, 57 periyotluk koşturum yapılıp 52 periyot için istatistik tutulmaktadır.

i teklifinin ait olduğu aralık, ait olduğu aralığın alt ve üst sınırları hesaplaması:

$$\begin{aligned} k &= \left\lfloor \left(\frac{X_i}{l_i} \right) /0,25 \right\rfloor + 1 \\ a_k &= (k-1)0,25 \\ b_k &= k\,0,25 \end{aligned}$$

Bu formülasyonlarla elde edilen bilgilere göre, kaybetme ve kazanma olasılıkları hesaplanmaktadır.

6.4 Sonuçlar

Belirtilen deney yapılarına göre simülasyon çalışmaları yapılmış ve bir takım sonuçlar elde edilmiştir. Bu bölümde, sonuçlar ve sonuçların değerlendirilmesi yer almaktadır. Simülasyon çalışmaları, JAVA diliyle kodlanmıştır. Tablolarda yer alan kısaltmalar şu şekildedir:

- **AB:** Akıllı Taşıyıcı'nın sahip olduğu ağ büyüklüğüdür. Mevcut ağında sahip olduğu güzergah sayısını göstermektedir.
- **KM:** Rakip taşıyıcıların maliyetleri üzerine ekledikleri kar marjıdır. Rakip taşıyıcılar sezgisel yöntemle hesapladıkları güzergah maliyetini, (1 + kar marjı) ile çarparak teklif vermektedir.
- **GKP-AS:** Güzergah Kaplama Sezgiseli'nin hesapladığı maliyet için kullanılan alt sınırdır. Eğer sezgiselin hesapladığı maliyet, alt sınır ve güzergah uzunluğunun çarpımından küçükse, maliyet olarak alt sınır ve güzergah uzunluğunun çarpımı alınmaktadır.

Tablolarda yer alan sonuçlar ise şu şekildedir:

- **Birim Başına Kar:** Taşıyıcının elde ettiği karın kazandığı ihale güzergahlarının toplam dolu taşıma uzunluğuna oranıdır. Bir kilometre için ne kadar kar edildiğini göstermektedir. 52 periyot için 100 tekrarın ortalaması alınmaktadır.
- **Kar:** Taşıyıcının kazandığı güzergahlardan elde ettiği kardır. Gelirden maliyeti çıkararak hesaplanmaktadır. Gelir, kazanılan ihalelere verilen fiyat teklifleri toplamıdır. Maliyet ise kazanılan ihalelerle birlikte mevcut ağa hizmet verme maliyetinden, mevcut ağ maliyetinin çıkarılmasıyla elde edilmektedir. 52 periyot için 100 tekrarın ortalaması alınmaktadır.
- **Kazanılan İhale Sayısı:** Her periyotta 10 ihale olmak üzere 52 periyotta kazanılan ihale sayısıdır. 52 periyot için 100 tekrarın ortalaması alınmaktadır.
- **CPU:** Taşıyıcının ihalelere teklif verirken harcadığı süredir. Milisaniye birimindedir.

6.4.1 Normal Dağılımlı Yaklaşım

En düşük rakip teklifinin Normal Dağılım'a sahip olduğu durum için iki farklı maliyet hesaplama yöntemine göre koşturumlar yapılıp sonuçlar elde edilmiştir.

6.4.1.1 Maliyetin Güzergah Kaplama Sezgiseli ile Hesaplandığı Uygulama

Bu yöntem için elde edilen sonuçlar Tablo 6.1, 6.2, 6.3 ve 6.4'te yer almaktadır.

Rakip taşıyıcıların kar marjı arttığında, tüm taşıyıcıların karları ve birim başına karları artmıştır. Akıllı Taşıyıcı, herhangi bir kar marjı hedeflemeden rakip taşıyıcıların geçmiş tekliflerini dikkate alarak teklif verdiği için rakiplerin kar marjındaki artış Akıllı Taşıyıcı'yı da olumlu etkilemektedir ve Akıllı Taşıyıcı'nın birim başına karı ile karı artmaktadır. Rakip taşıyıcıların kar marjı arttıkça, Akıllı Taşıyıcı'nın kazandığı ihale sayısı artmıştır. Rakiplerin kar marjı arttığında herhangi bir güzergah için verdikleri teklif daha yüksek olduğundan kaybetme riskleri artmaktadır ve bu durum da Akıllı Taşıyıcı ile rekabet etme güçlerini azaltmaktadır. Dolayısıyla, Akıllı Taşıyıcı'nın ihaleleri kazanma şansı artmaktadır.

Akıllı Taşıyıcı'nın ağ boyutu arttığında karı, birim başına karı ve kazandığı ihale sayısı artmıştır. Aynı şekilde rakip taşıyıcıların da karı ve kazandığı ihale sayısı, taşıyıcı boyutu arttıkça artmıştır. Büyük boyutlu taşıyıcılar, orta ve küçük boyutlu taşıyıcılara göre daha çok kara sahip olmaktadır. Taşıyıcıların sahip olduğu güzergah ve hakim olduğu bölge sayısı arttıkça, ihaledeki güzergahlar ile mevcut taşıma ağı arasında sinerji oluşturma şansı artmaktadır. İhaledeki güzergahlarla mevcut ağını birleştirmesi kolaylaşmakta bu yüzden güzergahlar için hesaplanan maliyet azalmaktadır. Maliyetin az olması verilen teklifi etkilemekte ve kazanma şansını arttırmaktadır. Akıllı Taşıyıcı, orta ve büyük boyuta sahip olduğunda her zaman en çok kar eden taşıyıcı olmuştur. Küçük boyutlu olduğundaysa, rakipler düşük kar marjı uyguladığında yine en çok kar eden olmuştur. Rakiplerinin kar marjı $0,2$'nin üstüne çıktığında en çok kar eden olamamıştır ancak büyük boyutlu rakiplerinin karına çok yaklaşmıştır. Akıllı Taşıyıcı küçük boyutlu taşıyıcı olduğunda, küçük ve orta boyutlu rakiplerine göre daha çok kar etmiştir. Teklif verme algoritması, taşıyıcının fırsatları daha iyi değerlendirmesini sağlamıştır.

Rakip taşıyıcıların sezgisel için kullandıkları alt sınır arttığında, karları ve birim başına karları artmıştır. Alt sınır 0,25 iken rakip taşıyıcılar zarara girebilmektedir ancak 0,5'e çekildiğinde her zaman kar durumuna geçilmiştir. Bunun sebebi, güzergahların aynı anda kazanılma durumunun rakipler tarafından dikkate alınmamasıdır. Akıllı

Taşıyıcı, teklif verirken bütün durumların gerçekleşme olasılığını hesaba katmaktadır. Bu yüzden, geliri hiçbir zaman negatife düşmemektedir. Alt sınır değişiminin, Akıllı Taşıyıcı'nın karı ve tüm taşıyıcıların kazandığı ihale sayısı üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Alt sınır arttığında, Akıllı Taşıyıcı'nın karının arttığı ve azaldığı durumlar mevcuttur ancak kazandığı ihale sayısı artmış ve birim başına karı azalmıştır. Rakipler alt sınırını yüksek tuttuğunda, herhangi bir güzergah için Akıllı Taşıyıcı çok istekli olmasa da ihaleyi kazanma şansı artmakta ve bu sebeple daha fazla güzergah kazanmaktadır. Ancak kazandığı güzergahlar kazanmak için çok istekli olmadığı güzergahlar olduğu için birim başına karı azalmaktadır.

Bütün alt kümeler üzerinden hesaplama yapıldığı için teklif vermek için kullanılan en büyük teklif fiyatı hesaplama zamanı Akıllı Taşıyıcı'ya aittir. Taşıyıcı boyutları dikkate alındığında mevcut ağ büyüdükçe, güzergah sayısına bağlı olarak alternatif sayısı arttığı için hesaplama zamanı artmaktadır.

Özetle, Akıllı Taşıyıcı'nın kullanmış olduğu teklif verme algoritması CPU açısından diğer teklifçilere göre daha uzun zaman gerektirmesine rağmen karı olumlu etkilemektedir. Ayrıca, Akıllı Taşıyıcı'nın teklif vermek için kullandığı zaman makul seviyededir. Akıllı Taşıyıcı, genel olarak tüm rakiplerinden daha iyi karlar elde etmektedir. Sahip olduğu taşıma ağının avantajlarını, rakiplerinden daha iyi kullanmaktadır. Kar açısından ise çok sayıda ihale kazanmanın değil mevcut ağ ile etkileşimi yüksek olan ihale güzergahlarının kazanılmasının önemli olduğu anlaşılmaktadır. Aynı boyutta olduğu rakip taşıyıcılardan daha az ihale kazanmasına rağmen daha fazla karlar elde etmektedir.

6.4.1.2 Maliyetin Mevcut Ağdaki Boşluklara Yeni Güzergah Eklenmesi ile Hesaplandığı Uygulama

Bu yöntem için elde edilen sonuçlar Tablo 6.5, 6.6, 6.7 ve 6.8'de yer almaktadır.

Rakip taşıyıcıların kar marjı arttığında, tüm taşıyıcıların karları ve birim başına karları artmıştır. Akıllı Taşıyıcı, herhangi bir kar marjı hedeflemeden rakip taşıyıcıların geçmiş tekliflerini dikkate alarak teklif verdiği için rakiplerin kar marjındaki artış Akıllı Taşıyıcı'yı da olumlu etkilemektedir ve Akıllı Taşıyıcı'nın birim başına karı ile karı artmaktadır. Rakip taşıyıcıların kar marjı arttıkça, Akıllı Taşıyıcı'nın kazandığı ihale sayısı artmıştır. Rakiplerin kar marjı arttığında herhangi bir güzergah için verdikleri teklif daha yüksek olduğundan kaybetme riskleri artmaktadır ve bu durum da Akıllı Taşıyıcı ile rekabet etme güçlerini azaltmaktadır. Dolayısıyla, Akıllı Taşıyıcı'nın ihaleleri kazanma şansı artmaktadır.

Tablo 6.1: Normal Dağılım ve GKP Çözümü için Birim Başına Kar Değerleri

AT	Rakipler		Birim Başına Kar						
AB	KM	GKP-AS	AT	KT1	KT2	OT1	OT2	BT1	BT2
30	0,10	0,25	0,313	0,029	0,043	-0,008	0,028	-0,001	0,007
30	0,15	0,25	0,323	0,086	0,092	0,064	0,055	0,049	0,047
30	0,20	0,25	0,320	0,133	0,140	0,096	0,103	0,082	0,097
30	0,30	0,25	0,334	0,221	0,226	0,179	0,185	0,159	0,179
30	0,40	0,25	0,360	0,304	0,309	0,257	0,262	0,234	0,258
60	0,10	0,25	0,332	0,039	0,033	0,015	0,015	-0,009	-0,007
60	0,15	0,25	0,364	0,082	0,086	0,059	0,063	0,046	0,036
60	0,20	0,25	0,371	0,116	0,123	0,099	0,103	0,082	0,084
60	0,30	0,25	0,401	0,210	0,201	0,184	0,178	0,158	0,150
60	0,40	0,25	0,432	0,279	0,284	0,257	0,244	0,230	0,232
90	0,10	0,25	0,358	0,024	0,033	0,000	0,000	0,000	0,000
90	0,15	0,25	0,369	0,080	0,081	0,052	0,044	0,048	0,039
90	0,20	0,25	0,396	0,124	0,124	0,093	0,076	0,079	0,076
90	0,30	0,25	0,429	0,208	0,209	0,172	0,154	0,157	0,153
90	0,40	0,25	0,449	0,260	0,293	0,250	0,240	0,231	0,231
30	0,10	0,50	0,286	0,052	0,065	0,046	0,038	0,035	0,024
30	0,15	0,50	0,295	0,097	0,098	0,084	0,082	0,082	0,083
30	0,20	0,50	0,302	0,165	0,138	0,132	0,124	0,119	0,119
30	0,30	0,50	0,322	0,240	0,233	0,217	0,217	0,206	0,204
30	0,40	0,50	0,335	0,317	0,313	0,293	0,297	0,279	0,279
60	0,10	0,50	0,317	0,055	0,049	0,039	0,034	0,029	0,039
60	0,15	0,50	0,326	0,101	0,095	0,085	0,082	0,068	0,085
60	0,20	0,50	0,338	0,147	0,139	0,129	0,125	0,110	0,128
60	0,30	0,50	0,358	0,238	0,232	0,208	0,212	0,198	0,199
60	0,40	0,50	0,384	0,322	0,316	0,287	0,291	0,276	0,275
90	0,10	0,50	0,338	0,061	0,074	0,038	0,022	0,019	0,027
90	0,15	0,50	0,338	0,112	0,102	0,075	0,078	0,084	0,064
90	0,20	0,50	0,354	0,152	0,150	0,116	0,120	0,124	0,112
90	0,30	0,50	0,386	0,248	0,232	0,200	0,211	0,201	0,185
90	0,40	0,50	0,429	0,329	0,335	0,277	0,291	0,279	0,258

Tablo 6.2: Normal Dağılım ve GKP Çözümü için Kar Değerleri

AT	Rakipler		Kar						
AB	KM	GKP-AS	AT	KT1	KT2	OT1	OT2	BT1	BT2
30	0,10	0,25	6.059	173	552	-2.051	624	-1.617	-1.235
30	0,15	0,25	6.625	1.945	2.295	2.061	1.410	4.075	2.806
30	0,20	0,25	7.195	3.521	4.014	4.185	4.765	7.002	7.103
30	0,30	0,25	10.799	6.212	6.626	9.244	9.238	14.459	13.626
30	0,40	0,25	15.934	8.536	8.890	13.715	13.165	21.061	19.373
60	0,10	0,25	9.416	326	553	-888	-407	-3.125	-2.513
60	0,15	0,25	11.875	2.010	1.761	2.547	2.299	1.865	1.169
60	0,20	0,25	13.313	3.111	2.813	5.267	4.770	5.192	5.341
60	0,30	0,25	20.119	5.767	5.658	9.800	7.887	11.772	10.999
60	0,40	0,25	27.982	7.224	8.325	12.517	12.326	17.620	16.481
90	0,10	0,25	12.893	-340	39	-1.489	-1.272	-1.796	-1.495
90	0,15	0,25	16.600	1.703	1.957	1.746	1.059	2.457	1.607
90	0,20	0,25	19.034	3.148	3.139	4.416	2.973	5.078	4.844
90	0,30	0,25	26.024	5.570	5.402	8.752	7.389	11.313	10.809
90	0,40	0,25	32.076	6.717	7.188	11.523	12.288	17.975	15.832
30	0,10	0,50	5.980	866	1.301	1.821	1.475	1.732	1.397
30	0,15	0,50	6.537	2.016	2.565	4.230	5.048	6.501	5.562
30	0,20	0,50	9.279	4.645	4.226	6.613	6.875	9.911	9.359
30	0,30	0,50	13.510	7.216	7.150	11.757	11.521	17.607	16.179
30	0,40	0,50	17.129	9.336	9.561	16.076	14.854	24.383	21.399
60	0,10	0,50	9.375	401	465	1.654	1.025	1.391	2.152
60	0,15	0,50	11.418	1.695	1.930	4.042	4.040	4.764	6.569
60	0,20	0,50	13.529	3.031	3.489	6.531	6.683	8.355	10.056
60	0,30	0,50	18.149	6.465	6.606	11.160	12.244	15.363	14.883
60	0,40	0,50	24.854	8.684	8.935	15.380	16.560	20.889	20.312
90	0,10	0,50	15.822	1.027	1.347	1.190	-104	592	1.121
90	0,15	0,50	15.954	3.044	2.681	2.954	3.506	5.939	4.729
90	0,20	0,50	18.925	4.159	3.766	5.326	5.535	9.634	8.553
90	0,30	0,50	25.421	6.672	5.942	10.466	10.318	15.640	14.603
90	0,40	0,50	35.349	8.295	8.550	14.303	14.958	19.240	18.852

Tablo 6.3: Normal Dağılım ve GKP Çözümü için Kazanılan İhale Sayıları

AT	Rakipler		Kazanılan İhale Sayısı						
AB	KM	GKP-AS	AT	KT1	KT2	OT1	OT2	BT1	BT2
30	0,10	0,25	29,4	47,3	45,3	89,1	78,8	118,2	111,8
30	0,15	0,25	31,6	45,7	45,9	81,0	78,2	123,9	113,7
30	0,20	0,25	34,7	44,7	45,6	83,6	75,5	129,6	106,3
30	0,30	0,25	47,0	43,5	44,2	81,8	73,4	126,2	103,9
30	0,40	0,25	61,6	42,0	42,6	79,6	71,0	122,5	100,7
60	0,10	0,25	40,2	49,0	48,0	73,7	77,0	121,1	111,1
60	0,15	0,25	47,9	48,7	42,9	79,4	78,2	111,3	111,6
60	0,20	0,25	51,5	48,4	42,5	81,1	76,2	110,8	109,6
60	0,30	0,25	67,0	42,3	43,3	76,0	72,4	109,2	109,9
60	0,40	0,25	84,0	40,4	44,7	68,0	75,8	106,3	100,9
90	0,10	0,25	49,6	44,0	43,7	81,8	76,7	116,3	107,8
90	0,15	0,25	59,6	44,5	39,7	77,6	76,7	109,6	112,4
90	0,20	0,25	64,7	42,8	40,7	76,6	79,0	109,8	106,6
90	0,30	0,25	79,3	41,0	39,1	74,4	76,7	106,2	103,3
90	0,40	0,25	91,9	42,5	36,5	67,5	73,4	107,6	100,6
30	0,10	0,50	31,2	51,0	49,0	79,3	83,2	113,8	112,5
30	0,15	0,50	34,6	50,3	47,1	79,5	90,3	114,9	103,4
30	0,20	0,50	42,9	43,1	52,4	75,7	83,0	117,1	105,9
30	0,30	0,50	57,9	44,8	47,4	78,3	76,2	111,8	103,5
30	0,40	0,50	69,1	44,1	44,8	77,8	70,3	111,9	102,0
60	0,10	0,50	41,9	42,5	50,7	81,6	85,2	112,0	106,1
60	0,15	0,50	48,2	42,5	48,5	78,0	81,8	114,0	107,0
60	0,20	0,50	54,5	41,8	48,0	76,9	80,7	112,7	105,5
60	0,30	0,50	68,6	41,9	45,0	76,9	81,2	103,6	102,7
60	0,40	0,50	84,7	40,4	43,2	74,6	78,7	99,6	98,8
90	0,10	0,50	63,3	39,9	40,7	77,6	82,9	108,6	107,0
90	0,15	0,50	65,1	45,4	43,6	73,5	76,4	108,7	107,4
90	0,20	0,50	72,7	44,6	43,3	74,0	71,0	109,8	104,7
90	0,30	0,50	86,8	39,1	41,9	75,1	68,3	105,0	103,8
90	0,40	0,50	105,1	37,2	36,7	74,7	71,1	95,0	100,1

Tablo 6.4: Normal Dağılım ve GKP Çözümü için CPU Zamanları

AT	Rakipler		CPU (Milisaniye)						
AB	KM	GKP-AS	AT	KT1	KT2	OT1	OT2	BT1	BT2
30	0,10	0,25	13.477,0	68,8	66,1	394,8	404,6	1.457,8	1.439,4
30	0,15	0,25	13.772,0	65,2	66,9	382,9	401,8	1.429,7	1.395,7
30	0,20	0,25	14.190,4	60,9	65,8	402,5	404,4	1.463,3	1.444,1
30	0,30	0,25	14.410,4	66,2	58,8	393,1	401,5	1.443,5	1.433,2
30	0,40	0,25	14.386,1	63,7	62,3	390,9	383,7	1.434,4	1.425,1
60	0,10	0,25	52.232,0	63,4	65,0	387,9	377,5	1.411,9	1.429,8
60	0,15	0,25	52.343,1	66,5	65,7	385,1	384,5	1.399,8	1.409,4
60	0,20	0,25	51.526,0	68,0	66,1	363,6	372,6	1.369,4	1.366,6
60	0,30	0,25	53.306,9	64,0	65,9	370,7	387,6	1.396,0	1.417,2
60	0,40	0,25	52.774,5	57,5	66,0	377,4	380,9	1.377,6	1.405,0
90	0,10	0,25	168.666,4	60,9	62,9	376,3	363,2	1.381,8	1.365,5
90	0,15	0,25	166.592,4	69,5	62,3	370,3	370,7	1.384,0	1.372,4
90	0,20	0,25	166.433,6	69,5	60,0	361,9	373,6	1.382,9	1.364,5
90	0,30	0,25	169.425,7	65,4	60,9	379,0	376,4	1.409,6	1.384,1
90	0,40	0,25	170.043,2	65,2	65,3	384,2	383,8	1.427,7	1.419,1
30	0,10	0,50	13.673,0	65,3	63,1	378,0	374,2	1.390,4	1.388,8
30	0,15	0,50	14.010,1	65,8	59,0	398,4	381,1	1.397,8	1.463,3
30	0,20	0,50	14.218,3	64,4	63,7	379,9	375,4	1.443,5	1.440,1
30	0,30	0,50	14.946,9	59,9	61,0	388,1	367,3	1.423,1	1.419,1
30	0,40	0,50	14.452,9	61,9	62,8	372,2	402,8	1.403,5	1.448,8
60	0,10	0,50	52.233,2	61,2	59,3	374,2	380,3	1.403,4	1.364,4
60	0,15	0,50	52.661,8	69,3	65,7	373,5	385,7	1.431,5	1.396,6
60	0,20	0,50	52.056,3	60,7	64,7	375,7	378,9	1.409,9	1.378,9
60	0,30	0,50	52.198,5	59,3	65,9	368,2	384,9	1.409,5	1.380,7
60	0,40	0,50	53.446,1	63,6	58,7	382,0	398,2	1.428,3	1.397,0
90	0,10	0,50	167.296,0	73,1	62,1	365,7	363,4	1.374,2	1.403,9
90	0,15	0,50	165.529,3	60,6	61,9	375,8	367,8	1.384,3	1.327,3
90	0,20	0,50	169.425,5	65,3	64,1	382,3	371,3	1.408,6	1.354,5
90	0,30	0,50	167.879,7	57,9	59,4	380,4	367,8	1.407,2	1.369,6
90	0,40	0,50	168.978,3	67,1	61,5	375,3	367,8	1.393,6	1.380,8

Akıllı Taşıyıcı'nın ağ boyutu arttığında karı ve birim başına karı her zaman artmıştır ancak kazandığı ihale sayısı değişkenlik göstermektedir. Aynı şekilde rakip taşıyıcıların da karı ve kazandığı ihale sayısı, taşıyıcı boyutu arttıkça artmıştır. Büyük boyutlu taşıyıcılar, orta ve küçük boyutlu taşıyıcılara göre daha çok kara sahip olmaktadır. Taşıyıcıların sahip olduğu güzergah ve hakim olduğu bölge sayısı arttıkça, ihaledeki güzergahlar ile ağı arasında sinerji oluşturma şansı artmaktadır. İhaledeki güzergahlarla mevcut ağını birleştirmesi kolaylaşmakta bu yüzden güzergahlar için hesaplanan maliyet azalmaktadır. Maliyetin az olması verilen teklifi etkilemekte ve ihaleleri kazanma şansı arttırmaktadır.

Akıllı Taşıyıcı, rakipler $0,3$ ve $0,4$ kar marjına sahip olduğunda boyutundan bağımsız olarak her zaman en çok kar eden taşıyıcı olmuştur. Düşük rakip kar marjı olduğundaysa, diğerlerine göre karı daha düşük olmuştur. Ancak bütün kar marjları için birim başına karı en yüksek olan taşıyıcı olmuştur. Buna göre, düşük rakip kar marjı için rakip taşıyıcıların daha fazla risk aldığı, Akıllı Taşıyıcı'nın ise sadece istekli olduğu güzergahlara yöneldiği anlaşılmaktadır. Rakip kar marjı arttıkça öğrenme mekanizmasıyla elde edilen ortalama yukarı çekilmekte ve bu durum da Akıllı Taşıyıcı'nın güzergahları kazanma isteğini arttırmaktadır. Rakip kar marjı arttığında, kazandığı ihale sayısı artmaktadır.

Bütün alt kümeler üzerinden hesaplama yapıldığı için teklif vermek için kullanılan en büyük teklif fiyatı hesaplama zamanı (CPU) Akıllı Taşıyıcı'ya aittir. Taşıyıcı boyutları dikkate alındığında mevcut ağ büyüdükçe, güzergah sayısına bağlı olarak alternatif sayısı arttığı için hesaplama zamanı artmaktadır.

Özet olarak; rakipler yüksek kar marjını seçtiğinde, Akıllı Taşıyıcı her taşıyıcı boyutu için en yüksek kara sahip olmaktadır. Ancak, rakip düşük kar marjı uyguladığında Akıllı Taşıyıcı güzergahları kazanmak için çekimser davranmaktadır. Çekimser davranması, birim başına karının rakip taşıyıcılara göre çok daha yüksek olmasından anlaşılmaktadır. Rakip kar marjı düşük olduğunda, güzergahlardan beklediği getiri azalmakta ve bu durum da Akıllı Taşıyıcı'nın güzergahları kazanma isteğini azaltmaktadır.

6.4.2 Düzgün Dağılımlı Yaklaşım

En düşük rakip teklifinin Düzgün Dağılım'a sahip olduğu durum için iki farklı maliyet hesaplama yöntemine göre koşturumlar yapılıp sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 6.5: Normal Dağılım ve Boşluğa Ekleme Çözümü için Birim Başına Kar Değerleri

AT	Rakipler	Birim Başına Kar						
AB	KM	AT	KT1	KT2	OT1	OT2	BT1	BT2
30	0,10	0,184	0,074	0,069	0,066	0,061	0,061	0,059
30	0,15	0,222	0,143	0,132	0,130	0,123	0,123	0,120
30	0,20	0,254	0,212	0,196	0,197	0,195	0,189	0,186
30	0,30	0,320	0,320	0,319	0,319	0,316	0,314	0,317
30	0,40	0,376	0,447	0,442	0,442	0,441	0,443	0,438
60	0,10	0,205	0,096	0,077	0,069	0,066	0,061	0,054
60	0,15	0,242	0,157	0,142	0,134	0,121	0,126	0,125
60	0,20	0,265	0,221	0,209	0,196	0,194	0,191	0,187
60	0,30	0,324	0,327	0,322	0,316	0,317	0,310	0,309
60	0,40	0,390	0,440	0,448	0,438	0,436	0,435	0,432
90	0,10	0,226	0,105	0,082	0,076	0,065	0,065	0,057
90	0,15	0,260	0,171	0,150	0,135	0,130	0,127	0,123
90	0,20	0,287	0,230	0,213	0,202	0,189	0,193	0,183
90	0,30	0,333	0,327	0,324	0,317	0,316	0,317	0,308
90	0,40	0,392	0,445	0,437	0,438	0,441	0,436	0,431

Tablo 6.6: Normal Dağılım ve Boşluğa Ekleme Çözümü için Kar Değerleri

AT	Rakipler	Kar						
AB	KM	AT	KT1	KT2	OT1	OT2	BT1	BT2
30	0,10	3.100	4.132	3.943	4.344	3.861	4.495	4.180
30	0,15	5.110	8.571	7.401	8.032	7.589	8.625	8.427
30	0,20	9.008	11.733	10.580	12.613	12.310	12.953	12.035
30	0,30	23.445	16.348	15.737	17.291	17.462	19.256	19.043
30	0,40	41.459	19.368	19.479	20.921	22.670	23.261	23.082
60	0,10	3.211	5.622	4.451	4.401	4.188	4.467	3.753
60	0,15	6.058	9.053	8.066	8.664	7.789	8.855	8.203
60	0,20	10.416	12.209	11.296	11.751	12.001	13.049	12.748
60	0,30	28.677	17.061	14.719	16.556	16.245	18.407	16.694
60	0,40	50.063	18.599	17.716	20.277	20.208	21.759	21.407
90	0,10	3.514	6.141	4.700	4.792	4.022	4.967	4.180
90	0,15	6.610	9.749	8.360	8.719	8.203	9.149	8.688
90	0,20	11.556	12.977	11.459	12.665	11.243	12.559	11.997
90	0,30	33.525	15.953	14.388	15.776	15.396	17.363	17.271
90	0,40	61.290	15.559	16.299	18.861	18.030	19.908	19.094

Tablo 6.7: Normal Dağılım ve Boşluğa Ekleme Çözümü için Kazanılan İhale Sayıları

AT	Rakipler	Kazanılan İhale Sayısı						
AB	KM	AT	KT1	KT2	OT1	OT2	BT1	BT2
30	0,10	40,8	69,1	67,3	82,0	77,3	94,7	88,9
30	0,15	50,1	69,1	65,7	77,4	77,2	90,9	89,7
30	0,20	63,6	64,1	64,0	78,1	77,5	88,8	84,0
30	0,30	101,4	60,9	58,2	68,3	69,8	81,1	80,3
30	0,40	141,5	52,9	53,4	62,6	65,3	72,2	72,1
60	0,10	36,4	69,0	69,2	80,6	80,6	96,2	88,1
60	0,15	50,3	68,4	65,6	80,6	80,1	91,1	84,0
60	0,20	65,8	64,9	63,2	73,5	76,7	89,5	86,3
60	0,30	117,5	61,5	54,9	67,3	65,8	78,5	74,5
60	0,40	161,1	51,7	48,5	59,8	60,9	69,4	68,7
90	0,10	34,7	68,9	67,2	80,4	78,7	99,1	91,0
90	0,15	48,2	66,2	65,3	80,2	78,9	92,3	88,9
90	0,20	67,0	65,4	62,5	77,7	75,3	86,8	85,4
90	0,30	131,2	59,0	52,9	64,0	63,1	74,7	75,1
90	0,40	188,7	44,4	46,6	57,3	55,3	64,9	62,9

Tablo 6.8: Normal Dağılım ve Boşluğa Ekleme Çözümü için CPU Zamanları

AT	Rakipler	CPU (Milisaniye)						
AB	KM	AT	KT1	KT2	OT1	OT2	BT1	BT2
30	0,10	7.392,71	2,50	2,19	4,65	4,65	6,24	5,00
30	0,15	7.033,27	2,98	2,18	3,62	4,67	4,38	4,86
30	0,20	6.800,53	2,06	1,43	2,65	5,00	4,06	5,78
30	0,30	6.569,80	1,73	2,81	3,89	3,60	4,82	4,83
30	0,40	6.015,84	2,94	2,96	3,44	3,09	4,95	4,71
60	0,10	8.112,42	3,79	2,04	2,82	4,05	4,08	7,05
60	0,15	8.332,07	1,86	2,19	4,81	3,59	5,54	4,89
60	0,20	9.007,72	3,12	1,72	3,58	4,50	2,82	5,91
60	0,30	8.702,30	2,18	3,14	4,34	4,17	6,58	5,61
60	0,40	6.830,80	2,19	2,20	3,14	4,07	6,53	4,66
90	0,10	9.143,59	2,79	1,26	4,33	3,74	4,68	6,75
90	0,15	9.483,22	3,41	2,49	4,99	4,66	4,20	5,12
90	0,20	10.103,75	2,49	3,73	4,22	4,33	6,10	4,96
90	0,30	10.075,14	2,19	2,20	4,36	3,61	5,01	5,31
90	0,40	8.489,73	2,32	1,41	3,27	3,55	4,83	4,53

6.4.2.1 Maliyetin Güzergah Kaplama Sezgiseli ile Hesaplandığı Uygulama

Bu yöntem için elde edilen sonuçlar Tablo 6.9, 6.10, 6.11 ve 6.12'de yer almaktadır.

Rakip taşıyıcıların kar marjı arttığında, tüm taşıyıcıların karları ve birim başına karları artmıştır. Akıllı Taşıyıcı, herhangi bir kar marjı hedeflemeden rakip taşıyıcıların geçmiş tekliflerini dikkate alarak teklif verdiği için rakiplerin kar marjındaki artış Akıllı Taşıyıcı'yı da olumlu etkilemektedir ve Akıllı Taşıyıcı'nın birim başına karı ile karı artmaktadır. Rakip taşıyıcıların kar marjı arttıkça, Akıllı Taşıyıcı'nın kazandığı ihale sayısı artmıştır. Rakiplerin kar marjı arttığında herhangi bir güzergah için verdikleri teklif daha yüksek olduğundan kaybetme riskleri artmaktadır ve bu durum da Akıllı Taşıyıcı ile rekabet etme güçlerini azaltmaktadır. Dolayısıyla, Akıllı Taşıyıcı'nın ihaleleri kazanma şansı artmaktadır.

Akıllı Taşıyıcı'nın ağ boyutu arttığında karı, birim başına karı ve kazandığı ihale sayısı artmıştır. Taşıyıcının sahip olduğu güzergah ve hakim olduğu bölge sayısı arttıkça, ihaledeki güzergahlar ile mevcut taşıma ağı arasında sinerji oluşturma şansı artmaktadır. İhaledeki güzergahlarla mevcut ağını birleştirmesi kolaylaşmakta bu yüzden güzergahlar için hesaplanan maliyet azalmaktadır. Maliyetin az olması verilen teklifi etkilemekte ve kazanma şansını arttırmaktadır. Akıllı Taşıyıcı, orta ve büyük boyuta sahip olduğunda her zaman en çok kar eden taşıyıcı olmuştur. Küçük boyutlu olduğundaysa, rakipler düşük kar marjı uyguladığında yine en çok kar eden olmuştur. Rakiplerinin kar marjı $0,2$'nin üstüne çıktığında en çok kar eden olamamıştır ancak büyük boyutlu rakiplerinin karına çok yaklaşmıştır. Akıllı Taşıyıcı küçük boyutlu taşıyıcı olduğunda, küçük ve orta boyutlu rakiplerine göre daha çok kar etmiştir. Teklif verme algoritması, taşıyıcının fırsatları daha iyi değerlendirmesini sağlamıştır.

Rakip taşıyıcıların sezgisel için kullandıkları alt sınır arttığında, karları ve birim başına karları artmıştır. Alt sınır 0,25 iken rakip taşıyıcılar zarara girebilmektedir ancak 0,5'e çekildiğinde her zaman kar durumuna geçilmiştir. Bunun sebebi, güzergahların aynı anda kazanılma durumunun rakipler tarafından dikkate alınmamasıdır. Akıllı Taşıyıcı, teklif verirken bütün durumların gerçekleşme olasılığını hesaba katmaktadır. Bu yüzden, geliri hiçbir zaman negatife düşmemektedir. Alt sınır değişiminin, Akıllı Taşıyıcı'nın karı ve tüm taşıyıcıların kazandığı ihale sayısı üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Alt sınır arttığında, Akıllı Taşıyıcı'nın karının arttığı ve azaldığı durumlar mevcuttur ancak kazandığı ihale sayısı artmış ve birim başına karı azalmıştır. Rakipler alt sınırını yüksek tuttuğunda, herhangi bir güzergah için Akıllı Taşıyıcı çok istekli olmasa da ihaleyi kazanma şansı artmakta ve bu sebeple daha fazla güzergah kazanmaktadır. Ancak kazandığı güzergahlar kazanmak için çok istekli

olmadığı güzergahlar olduğu için birim başına karı azalmaktadır.

Bütün alt kümeler üzerinden hesaplama yapıldığı için teklif vermek için kullanılan en büyük teklif fiyatı hesaplama zamanı Akıllı Taşıyıcı'ya aittir. Taşıyıcı boyutları dikkate alındığında mevcut ağ büyüdükçe, güzergah sayısına bağlı olarak alternatif sayısı arttığı için hesaplama zamanı artmaktadır.

Özetle, Akıllı Taşıyıcı'nın kullanmış olduğu teklif verme algoritması CPU açısından diğer teklifçilere göre daha uzun zaman gerektirmesine rağmen karı olumlu etkilemektedir. Ayrıca, Akıllı Taşıyıcı'nın teklif vermek için kullandığı zaman makul seviyededir. Akıllı Taşıyıcı, genel olarak tüm rakiplerinden daha iyi karlar elde etmektedir. Sahip olduğu taşıma ağının avantajlarını, rakiplerinden daha iyi kullanmaktadır. Kar açısından ise çok sayıda ihale kazanmanın değil mevcut ağ ile etkileşimi yüksek olan ihale güzergahlarının kazanılmasının önemli olduğu anlaşılmaktadır. Aynı boyutta olduğu rakip taşıyıcılardan daha az ihale kazanmasına rağmen daha fazla karlar elde etmektedir.

6.4.2.2 Maliyetin Mevcut Ağdaki Boşluklara Yeni Güzergah Eklenmesi ile Hesaplandığı Uygulama

Bu yöntem için elde edilen sonuçlar Tablo 6.13, 6.14, 6.15 ve 6.16'da yer almaktadır.

Rakip taşıyıcıların kar marjı arttığında, tüm taşıyıcıların karları ve birim başına karları artmıştır. Akıllı Taşıyıcı, herhangi bir kar marjı hedeflemeden rakip taşıyıcıların geçmiş tekliflerini dikkate alarak teklif verdiği için rakiplerin kar marjındaki artış Akıllı Taşıyıcı'yı da olumlu etkilemektedir ve Akıllı Taşıyıcı'nın birim başına karı ile karı artmaktadır. Rakip taşıyıcıların kar marjı arttıkça, Akıllı Taşıyıcı'nın kazandığı ihale sayısı artmıştır. Rakiplerin kar marjı arttığında herhangi bir güzergah için verdikleri teklif daha yüksek olduğundan kaybetme riskleri artmaktadır ve bu durum da Akıllı Taşıyıcı ile rekabet etme güçlerini azaltmaktadır. Dolayısıyla, Akıllı Taşıyıcı'nın ihaleleri kazanma şansı artmaktadır.

Akıllı Taşıyıcı'nın ağ boyutu arttığında karı, birim başına karı ve kazandığı ihale sayısı her zaman artmıştır. Taşıyıcının sahip olduğu güzergah ve hakim olduğu bölge sayısı arttıkça, ihaledeki güzergahlar ile ağı arasında sinerji oluşturma şansı artmaktadır. İhaledeki güzergahlarla mevcut ağını birleştirmesi kolaylaşmakta bu yüzden güzergahlar için hesaplanan maliyet azalmaktadır. Maliyetin az olması verilen teklifi etkilemekte ve ihaleleri kazanma şansını arttırmaktadır.

Akıllı Taşıyıcı, kar konusunda $0,4$ rakip kar marjı dışında başarılı olamamıştır. GKP Sezgiseli kullanılan yöntemde kar durumu iyi olmasına rağmen Boşluğa Ekleme

Tablo 6.9: Düzgün Dağılım ve GKP Çözümü için Birim Başına Kar Değerleri

AT	Rakipler		Birim Başına Kar						
AB	KM	GKP-AS	AT	KT1	KT2	OT1	OT2	BT1	BT2
30	0,10	0,25	0,079	0,035	0,043	0,015	0,010	0,003	0,005
30	0,15	0,25	0,133	0,080	0,088	0,059	0,053	0,044	0,047
30	0,20	0,25	0,181	0,125	0,131	0,101	0,095	0,084	0,088
30	0,30	0,25	0,256	0,211	0,214	0,184	0,177	0,163	0,168
30	0,40	0,25	0,320	0,294	0,296	0,265	0,256	0,239	0,245
60	0,10	0,25	0,162	0,033	0,025	0,013	0,012	-0,003	-0,016
60	0,15	0,25	0,217	0,077	0,067	0,055	0,054	0,037	0,024
60	0,20	0,25	0,261	0,121	0,110	0,096	0,095	0,076	0,065
60	0,30	0,25	0,338	0,206	0,193	0,177	0,176	0,153	0,142
60	0,40	0,25	0,404	0,289	0,275	0,255	0,254	0,227	0,217
90	0,10	0,25	0,267	0,033	0,023	0,004	0,009	-0,015	-0,004
90	0,15	0,25	0,311	0,076	0,065	0,046	0,051	0,024	0,036
90	0,20	0,25	0,351	0,118	0,106	0,086	0,092	0,063	0,075
90	0,30	0,25	0,418	0,200	0,189	0,165	0,171	0,138	0,151
90	0,40	0,25	0,483	0,279	0,267	0,242	0,248	0,210	0,226
30	0,10	0,50	0,025	0,053	0,049	0,040	0,039	0,032	0,027
30	0,15	0,50	0,088	0,098	0,094	0,083	0,083	0,074	0,070
30	0,20	0,50	0,140	0,143	0,139	0,125	0,127	0,116	0,113
30	0,30	0,50	0,222	0,229	0,227	0,209	0,211	0,198	0,196
30	0,40	0,50	0,284	0,313	0,309	0,290	0,294	0,276	0,276
60	0,10	0,50	0,101	0,041	0,067	0,036	0,036	0,023	0,032
60	0,15	0,50	0,155	0,085	0,109	0,078	0,078	0,064	0,074
60	0,20	0,50	0,203	0,129	0,153	0,119	0,121	0,106	0,115
60	0,30	0,50	0,306	0,229	0,218	0,204	0,201	0,202	0,190
60	0,40	0,50	0,375	0,313	0,308	0,279	0,295	0,267	0,275
90	0,10	0,50	0,203	0,069	0,060	0,041	0,025	0,029	0,021
90	0,15	0,50	0,279	0,107	0,096	0,088	0,072	0,073	0,055
90	0,20	0,50	0,315	0,144	0,134	0,129	0,114	0,109	0,101
90	0,30	0,50	0,386	0,229	0,222	0,211	0,196	0,191	0,181
90	0,40	0,50	0,451	0,311	0,304	0,291	0,277	0,270	0,260

Tablo 6.10: Düzgün Dağılım ve GKP Çözümü için Kar Değerleri

AT	Rakipler		Kar						
AB	KM	GKP-AS	AT	KT1	KT2	OT1	OT2	BT1	BT2
30	0,10	0,25	2.749	224	529	-1.277	-1.504	-501	-812
30	0,15	0,25	4.329	1.725	2.000	1.438	955	3.474	2.855
30	0,20	0,25	6.032	3.168	3.401	4.038	3.345	7.370	6.431
30	0,30	0,25	10.138	5.766	6.030	8.966	7.802	14.685	13.022
30	0,40	0,25	15.535	8.157	8.498	13.471	11.902	21.296	19.048
60	0,10	0,25	7.198	384	-98	-316	-1.031	-2.084	-4.042
60	0,15	0,25	9.473	1.846	1.494	2.209	1.364	1.350	-429
60	0,20	0,25	11.945	3.250	3.006	4.621	3.658	4.680	3.101
60	0,30	0,25	17.518	5.856	5.867	9.198	7.978	11.071	9.728
60	0,40	0,25	24.036	8.207	8.543	13.398	11.949	16.818	15.722
90	0,10	0,25	10.830	294	-103	-1.115	-782	-3.108	-1.977
90	0,15	0,25	13.404	1.828	1.272	1.342	1.660	386	1.293
90	0,20	0,25	16.396	3.319	2.607	3.672	3.978	3.781	4.458
90	0,30	0,25	22.808	6.072	5.110	8.031	8.294	10.129	10.488
90	0,40	0,25	30.468	8.569	7.400	11.975	12.222	15.937	16.027
30	0,10	0,50	1.741	783	735	1.183	1.093	2.219	1.359
30	0,15	0,50	3.601	2.348	2.367	3.889	3.611	6.245	5.010
30	0,20	0,50	5.507	3.870	3.928	6.495	6.056	10.155	8.524
30	0,30	0,50	9.902	6.654	6.848	11.466	10.574	17.441	15.130
30	0,40	0,50	15.389	9.149	9.332	15.877	14.648	24.093	21.145
60	0,10	0,50	5.101	99	926	1.167	1.204	873	1.778
60	0,15	0,50	7.287	1.796	2.340	3.892	3.748	4.479	5.210
60	0,20	0,50	9.634	3.428	3.733	6.514	6.224	8.006	8.495
60	0,30	0,50	16.824	6.730	5.955	11.082	10.398	14.963	14.408
60	0,40	0,50	24.292	8.503	8.405	15.634	15.352	20.309	21.004
90	0,10	0,50	9.894	1.297	1.156	1.525	-497	1.176	561
90	0,15	0,50	14.458	2.594	2.075	3.993	2.263	4.771	3.526
90	0,20	0,50	16.290	3.327	3.435	6.057	5.008	7.301	7.409
90	0,30	0,50	23.214	5.816	6.168	10.421	9.721	13.685	13.928
90	0,40	0,50	30.950	8.054	8.657	14.437	14.129	19.495	19.971

Tablo 6.11: Düzgün Dağılım ve GKP Çözümü için Kazanılan İhale Sayıları

AT	Rakipler		Kazanılan İhale Sayısı						
AB	KM	GKP-AS	AT	KT1	KT2	OT1	OT2	BT1	BT2
30	0,10	0,25	39,0	45,4	44,8	81,4	75,2	124,0	110,2
30	0,15	0,25	42,1	45,1	44,5	80,9	74,7	123,2	109,7
30	0,20	0,25	45,4	44,6	44,1	80,3	74,2	122,5	108,9
30	0,30	0,25	54,9	43,4	43,2	78,7	72,6	120,4	106,8
30	0,40	0,25	65,9	42,3	42,2	77,0	70,9	117,5	104,2
60	0,10	0,25	50,0	44,7	48,6	78,3	74,3	110,8	113,2
60	0,15	0,25	53,3	44,5	48,1	77,7	73,8	110,2	112,5
60	0,20	0,25	57,5	44,0	47,4	77,0	73,2	109,4	111,7
60	0,30	0,25	66,7	42,9	46,3	75,4	71,6	107,5	109,6
60	0,40	0,25	77,1	41,7	45,3	73,8	70,1	105,1	107,1
90	0,10	0,25	58,2	47,3	44,2	76,6	75,7	113,5	104,6
90	0,15	0,25	61,6	46,9	43,7	76,1	74,9	112,8	103,9
90	0,20	0,25	66,1	46,4	43,2	75,5	74,1	111,8	102,9
90	0,30	0,25	75,4	45,2	42,2	73,8	72,3	109,7	101,3
90	0,40	0,25	85,8	44,1	41,1	72,0	70,4	107,4	99,3
30	0,10	0,50	44,5	46,8	47,5	82,0	74,5	117,8	107,1
30	0,15	0,50	47,2	46,5	47,2	81,4	73,9	117,1	106,6
30	0,20	0,50	50,8	46,1	46,9	80,9	73,4	116,2	105,7
30	0,30	0,50	60,4	45,1	45,8	79,4	71,7	113,9	103,7
30	0,40	0,50	72,5	43,8	44,3	77,1	69,8	111,2	101,2
60	0,10	0,50	53,1	50,3	44,1	83,4	76,9	108,9	103,2
60	0,15	0,50	56,5	49,9	43,8	82,9	76,4	107,9	102,6
60	0,20	0,50	60,5	49,4	43,4	82,1	75,8	107,0	101,9
60	0,30	0,50	73,2	45,2	45,4	78,1	72,3	99,2	106,7
60	0,40	0,50	84,4	42,7	42,2	77,6	70,6	102,3	100,3
90	0,10	0,50	63,2	36,7	44,9	76,1	80,9	110,5	107,7
90	0,15	0,50	70,0	39,6	43,7	75,8	76,1	108,5	106,4
90	0,20	0,50	71,9	41,8	46,0	73,2	76,9	104,5	105,8
90	0,30	0,50	81,9	40,6	44,5	71,7	75,0	102,8	103,5
90	0,40	0,50	92,3	39,4	43,2	70,1	73,5	100,4	101,1

Tablo 6.12: Düzgün Dağılım ve GKP Çözümü için CPU Zamanları

AT	Rakipler		CPU (Milisaniye)						
AB	KM	GKP-AS	AT	KT1	KT2	OT1	OT2	BT1	BT2
30	0,10	0,25	12.688,8	89,9	88,9	559,0	567,3	2.034,0	1.975,6
30	0,15	0,25	10.072,3	62,7	66,7	397,4	404,0	1.468,9	1.408,5
30	0,20	0,25	10.059,5	66,0	55,6	400,1	399,4	1.467,0	1.411,2
30	0,30	0,25	10.755,9	69,3	71,8	449,6	446,2	1.627,6	1.585,7
30	0,40	0,25	11.535,2	80,0	73,6	460,9	470,3	1.674,6	1.615,8
60	0,10	0,25	57.046,0	77,7	74,6	444,6	441,2	1.631,5	1.670,0
60	0,15	0,25	52.891,6	70,3	68,4	406,2	418,4	1.524,2	1.562,6
60	0,20	0,25	54.074,2	67,4	74,4	414,5	413,3	1.550,4	1.590,0
60	0,30	0,25	50.606,4	68,3	65,1	394,9	392,1	1.464,2	1.473,6
60	0,40	0,25	49.285,3	63,7	66,5	386,1	387,4	1.419,6	1.455,8
90	0,10	0,25	169.659,4	63,8	68,9	416,6	407,2	1.464,1	1.459,3
90	0,15	0,25	170.104,5	70,8	73,5	400,5	410,4	1.471,4	1.473,9
90	0,20	0,25	171.390,0	69,8	70,7	420,6	409,7	1.478,5	1.479,8
90	0,30	0,25	170.766,6	68,6	64,7	419,1	398,3	1.480,1	1.471,5
90	0,40	0,25	176.835,8	65,1	66,6	437,2	418,8	1.535,2	1.531,9
30	0,10	0,50	9.585,4	64,7	70,2	387,7	395,8	1.436,1	1.458,8
30	0,15	0,50	9.654,3	68,5	63,9	391,2	396,3	1.436,4	1.463,0
30	0,20	0,50	9.889,6	63,5	70,2	392,6	406,3	1.458,3	1.487,7
30	0,30	0,50	10.674,0	71,9	70,9	428,4	422,1	1.581,1	1.603,2
30	0,40	0,50	11.521,6	75,6	85,7	458,7	460,1	1.685,4	1.709,6
60	0,10	0,50	55.584,8	72,1	67,9	445,9	443,7	1.588,9	1.579,0
60	0,15	0,50	48.626,4	66,9	61,3	391,0	391,3	1.395,0	1.384,1
60	0,20	0,50	57.333,1	74,4	74,2	461,0	445,7	1.625,9	1.631,9
60	0,30	0,50	51.668,0	73,4	65,8	421,7	395,2	1.485,9	1.452,4
60	0,40	0,50	52.202,7	66,0	66,1	415,1	407,9	1.481,0	1.479,1
90	0,10	0,50	169.017,4	65,9	67,5	408,1	404,8	1.463,0	1.461,5
90	0,15	0,50	170.979,6	63,9	74,8	387,1	386,1	1.467,2	1.440,4
90	0,20	0,50	168.955,5	72,4	61,0	403,6	392,0	1.500,5	1.457,9
90	0,30	0,50	167.206,7	62,3	66,2	397,0	388,3	1.469,9	1.442,1
90	0,40	0,50	176.766,4	77,2	68,4	427,3	418,7	1.547,9	1.535,6

Sezgiseli'nde kar durumunun iyi olmama sebebi, bu yöntemde güzergahlar arası sinerjiden diğer yönteme göre daha az faydalanılmasıdır.

Bütün alt kümeler üzerinden hesaplama yapıldığı için teklif vermek için kullanılan en büyük teklif fiyatı hesaplama zamanı (CPU) Akıllı Taşıyıcı'ya aittir. Taşıyıcı boyutları dikkate alındığında mevcut ağ büyüdükçe, güzergah sayısına bağlı olarak alternatif sayısı arttığı için hesaplama zamanı artmaktadır.

Özet olarak; Düzgün Dağılım ve Boşluğa Ekleme Sezgiseli yaklaşımıyla iyi sonuçlar elde edilememiştir.

Tablo 6.13: Düzgün Dağılım ve Boşluğa Ekleme Çözümü için Birim Başına Kar Değerleri

AT	Rakipler	Birim Başına Kar						
AB	KM	AT	KT1	KT2	OT1	OT2	BT1	BT2
30	0,10	0,047	0,087	0,072	0,066	0,060	0,059	0,059
30	0,15	0,123	0,148	0,134	0,126	0,119	0,121	0,125
30	0,30	0,192	0,214	0,200	0,191	0,183	0,186	0,190
30	0,30	0,330	0,343	0,331	0,326	0,321	0,319	0,316
30	0,40	0,450	0,463	0,455	0,450	0,448	0,448	0,442
60	0,10	0,083	0,094	0,079	0,066	0,060	0,060	0,055
60	0,15	0,164	0,163	0,144	0,132	0,122	0,127	0,121
60	0,20	0,227	0,227	0,209	0,200	0,189	0,191	0,186
60	0,30	0,342	0,352	0,335	0,328	0,319	0,319	0,312
60	0,40	0,455	0,467	0,453	0,453	0,445	0,445	0,440
90	0,10	0,102	0,106	0,084	0,073	0,064	0,063	0,056
90	0,15	0,198	0,170	0,146	0,134	0,128	0,127	0,124
90	0,20	0,257	0,234	0,209	0,202	0,195	0,194	0,189
90	0,30	0,364	0,352	0,334	0,330	0,324	0,323	0,316
90	0,40	0,467	0,461	0,455	0,452	0,446	0,451	0,444

6.4.3 Ampirik Dağılımlı Yaklaşım

En düşük rakip teklifinin Ampirik Dağılım Fonksiyonu ile hesaplandığı durum için iki farklı maliyet hesaplama yöntemine göre koşturumlar yapılıp sonuçlar elde edilmiştir.

6.4.3.1 Maliyetin Güzergah Kaplama Sezgiseli ile Hesaplandığı Uygulama

Bu yöntem için elde edilen sonuçlar Tablo 6.17, 6.18, 6.19 ve 6.20'de yer almaktadır.

Rakip taşıyıcıların kar marjı arttığında, tüm taşıyıcıların karları ve birim başına karları artmıştır. Akıllı Taşıyıcı, herhangi bir kar marjı hedeflemeden rakip taşıyıcıların

Tablo 6.14: Düzgün Dağılım ve Boşluğa Ekleme Çözümü için Kar Değerleri

AT	Rakipler	Kar						
AB	KM	AT	KT1	KT2	OT1	OT2	BT1	BT2
30	0,10	931	4.678	4.000	4.457	3.951	4.156	4.258
30	0,15	2.248	8.293	7.965	8.398	7.878	8.569	8.368
30	0,30	3.857	11.963	12.060	12.675	12.004	13.201	12.435
30	0,30	11.625	18.456	19.208	20.799	19.633	21.335	21.158
30	0,40	27.768	23.073	24.367	25.712	25.803	27.353	27.982
60	0,10	1.500	5.591	4.505	4.429	3.733	4.411	3.809
60	0,15	2.920	9.757	9.169	8.756	7.398	9.041	8.026
60	0,20	4.779	13.645	13.097	13.106	11.713	13.383	12.029
60	0,30	12.881	20.125	20.592	20.582	18.714	21.181	19.308
60	0,40	32.455	25.452	24.520	24.836	23.682	26.205	25.331
90	0,10	1.716	6.341	4.872	4.862	4.037	4.643	4.078
90	0,15	3.873	10.520	8.225	8.531	8.075	9.393	8.814
90	0,20	5.988	14.205	11.861	12.766	11.998	14.242	13.160
90	0,30	16.341	20.868	17.486	20.062	18.376	22.289	20.629
90	0,40	39.933	24.331	21.193	24.410	22.329	27.565	25.643

Tablo 6.15: Düzgün Dağılım ve Boşluğa Ekleme Çözümü için Kazanılan İhale Sayıları

AT	Rakipler	Kazanılan İhale Sayısı						
AB	KM	AT	KT1	KT2	OT1	OT2	BT1	BT2
30	0,10	46,7	64,1	68,2	81,4	79,9	89,0	90,8
30	0,15	48,6	63,8	69,4	81,0	79,8	90,7	86,8
30	0,30	51,4	63,3	70,0	80,2	79,2	90,9	85,1
30	0,30	66,2	61,9	67,2	77,8	74,4	85,9	86,6
30	0,40	92,4	57,9	63,1	71,2	71,6	80,9	83,0
60	0,10	46,3	68,0	67,0	82,2	75,8	92,6	88,2
60	0,15	48,8	67,7	72,0	81,0	75,5	90,4	84,7
60	0,20	52,4	68,1	71,4	79,7	76,4	88,9	83,1
60	0,30	69,3	65,5	69,9	76,9	72,7	85,4	80,3
60	0,40	102,2	63,2	63,5	68,8	68,0	78,1	76,2
90	0,10	46,0	68,2	66,7	79,9	75,6	94,1	89,5
90	0,15	50,1	68,6	64,2	77,4	76,2	93,3	90,2
90	0,20	55,2	67,5	64,5	76,9	75,1	93,0	87,8
90	0,30	78,0	66,0	60,4	73,9	70,5	88,1	83,2
90	0,40	118,1	60,3	55,1	67,3	63,9	79,9	75,6

Tablo 6.16: Düzgün Dağılım ve Boşluğa Ekleme Çözümü için CPU Zamanları

AT	Rakipler	CPU (Milisaniye)						
AB	KM	AT	KT1	KT2	OT1	OT2	BT1	BT2
30	0,10	1.954,96	2,97	2,95	4,69	4,65	6,20	5,81
30	0,15	1.985,54	3,42	2,36	4,87	4,52	7,79	5,02
30	0,20	1.952,27	2,67	2,35	4,12	4,56	5,26	9,06
30	0,30	1.792,05	1,88	2,66	4,50	4,97	6,27	6,58
30	0,40	1.666,24	2,81	2,03	5,11	5,14	5,94	5,26
60	0,10	2.734,94	1,42	2,37	5,14	3,78	4,79	6,88
60	0,15	2.846,17	3,75	3,24	4,08	3,59	6,69	6,97
60	0,20	2.886,62	3,11	2,98	4,21	3,78	8,16	7,22
60	0,30	2.740,04	3,43	1,56	4,22	5,64	6,21	7,62
60	0,40	2.489,20	2,17	3,14	6,09	4,77	7,05	6,20
90	0,10	3.440,39	3,10	2,68	3,74	5,01	6,73	7,07
90	0,15	3.597,34	3,14	4,02	3,93	4,13	4,57	6,27
90	0,20	3.687,64	4,79	3,28	6,13	4,38	6,82	6,53
90	0,30	3.487,28	1,71	2,82	6,09	4,65	5,77	5,77
90	0,40	3.214,03	2,62	3,13	3,58	5,32	6,67	7,66

geçmiş tekliflerini dikkate alarak teklif verdiği için rakiplerin kar marjındaki artış Akıllı Taşıyıcı'yı da olumlu etkilemektedir ve Akıllı Taşıyıcı'nın birim başına karı ile karı artmaktadır. Rakip taşıyıcıların kar marjı arttıkça, Akıllı Taşıyıcı'nın kazandığı ihale sayısı artmıştır. Rakiplerin kar marjı arttığında herhangi bir güzergah için verdikleri teklif daha yüksek olduğundan kaybetme riskleri artmaktadır ve bu durum da Akıllı Taşıyıcı ile rekabet etme güçlerini azaltmaktadır. Dolayısıyla, Akıllı Taşıyıcı'nın ihaleleri kazanma şansı artmaktadır.

Akıllı Taşıyıcı'nın ağ boyutu arttığında karı, birim başına karı ve kazandığı ihale sayısı artmıştır. Aynı şekilde rakip taşıyıcıların da karı ve kazandığı ihale sayısı, taşıyıcı boyutu arttıkça artmıştır. Büyük boyutlu taşıyıcılar, orta ve küçük boyutlu taşıyıcılara göre daha çok kara sahip olmaktadır. Taşıyıcıların sahip olduğu güzergah ve hakim olduğu bölge sayısı arttıkça, ihaledeki güzergahlar ile ağı arasında sinerji oluşturma şansı artmaktadır. İhaledeki güzergahlarla mevcut ağını birleştirmesi kolaylaşmakta bu yüzden güzergahlar için hesaplanan maliyet azalmaktadır. Maliyetin az olması verilen teklifi etkilemekte ve kazanma şansını arttırmaktadır. Akıllı Taşıyıcı, sahip olduğu bütün ağ boyutları için her zaman en çok kar eden taşıyıcı olmuştur.

Rakip taşıyıcıların sezgisel için kullandıkları alt sınır arttığında, karları ve birim başına karları artmıştır. Alt sınır 0,25 iken rakip taşıyıcılar zarara girebilmektedir ancak 0,5'e çekildiğinde her zaman kar durumuna geçilmiştir. Bunun sebebi, güzergahların aynı anda kazanılma durumunun rakipler tarafından dikkate alınmamasıdır. Akıllı

Taşıyıcı, teklif verirken bütün durumların gerçekleşme olasılığını hesaba katmaktadır. Bu yüzden, geliri hiçbir zaman negatife düşmemektedir. Alt sınır değişiminin, Akıllı Taşıyıcı'nın karı ve tüm taşıyıcıların kazandığı ihale sayısı üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Alt sınır arttığında, Akıllı Taşıyıcı'nın karının arttığı ve azaldığı durumlar mevcuttur ancak kazandığı ihale sayısı artmış ve birim başına karı azalmıştır. Rakipler alt sınırını yüksek tuttuğunda, herhangi bir güzergah için Akıllı Taşıyıcı çok istekli olmasa da kazanma şansı artmakta ve bu sebeple daha fazla güzergah kazanmaktadır. Ancak kazandığı güzergahlar kazanmak için çok istekli olmadığı güzergahlar olduğu için birim başına karı azalmaktadır.

Bütün alt kümeler üzerinden hesaplama yapıldığı için teklif vermek için kullanılan en büyük teklif fiyatı hesaplama zamanı Akıllı Taşıyıcı'ya aittir. Taşıyıcı boyutları dikkate alındığında mevcut ağ büyüdükçe, güzergah sayısına bağlı olarak alternatif sayısı arttığı için hesaplama zamanı artmaktadır.

Özetle, Akıllı Taşıyıcı'nın kullanmış olduğu teklif verme algoritması CPU açısından diğer teklifçilere göre daha uzun zaman gerektirmesine rağmen karı olumlu etkilemektedir. Ayrıca, Akıllı Taşıyıcı'nın teklif vermek için kullandığı zaman makul seviyededir. Akıllı Taşıyıcı, genel olarak tüm rakiplerinden daha iyi karlar elde etmektedir. Sahip olduğu taşıma ağının avantajlarını, rakiplerinden daha iyi kullanmaktadır. Kar açısından ise çok sayıda ihale kazanmanın değil mevcut ağ ile etkileşimi yüksek olan ihale güzergahlarının kazanılmasının önemli olduğu anlaşılmaktadır. Aynı boyutta olduğu rakip taşıyıcılardan daha az ihale kazanmasına rağmen daha fazla karlar elde etmektedir.

6.4.3.2 Maliyetin Mevcut Ağdaki Boşluklara Yeni Güzergah Eklenmesi ile Hesaplandığı Uygulama

Bu yöntem için elde edilen sonuçlar Tablo 6.21, 6.22, 6.23 ve 6.24'te yer almaktadır.

Rakip taşıyıcıların kar marjı arttığında, tüm taşıyıcıların karları ve birim başına karları artmıştır. Akıllı Taşıyıcı, herhangi bir kar marjı hedeflemeden rakip taşıyıcıların geçmiş tekliflerini dikkate alarak teklif verdiği için rakiplerin kar marjındaki artış Akıllı Taşıyıcı'yı da olumlu etkilemektedir ve Akıllı Taşıyıcı'nın birim başına karı ile karı artmaktadır. Rakip taşıyıcıların kar marjı arttıkça, Akıllı Taşıyıcı'nın kazandığı ihale sayısı artmıştır. Rakiplerin kar marjı arttığında herhangi bir güzergah için verdikleri teklif daha yüksek olduğundan kaybetme riskleri artmaktadır ve bu durum da Akıllı Taşıyıcı ile rekabet etme güçlerini azaltmaktadır. Dolayısıyla, Akıllı Taşıyıcı'nın ihaleleri kazanma şansı artmaktadır.

Tablo 6.17: Ampirik Dağılım ve GKP Çözümü için Birim Başına Kar Değerleri

AT	Rakipler		Birim Başına Kar						
AB	KM	GKP-AS	AT	KT1	KT2	OT1	OT2	BT1	BT2
30	0,10	0,25	0,316	0,026	0,050	0,004	0,032	0,003	0,001
30	0,15	0,25	0,357	0,078	0,088	0,047	0,075	0,055	0,039
30	0,20	0,25	0,367	0,125	0,133	0,091	0,102	0,090	0,090
30	0,30	0,25	0,384	0,212	0,222	0,173	0,186	0,163	0,182
30	0,40	0,25	0,403	0,296	0,305	0,254	0,266	0,237	0,262
60	0,10	0,25	0,372	0,031	0,028	0,013	0,022	0,009	-0,004
60	0,15	0,25	0,399	0,086	0,080	0,060	0,070	0,052	0,042
60	0,20	0,25	0,411	0,124	0,119	0,094	0,109	0,088	0,086
60	0,30	0,25	0,436	0,211	0,201	0,174	0,202	0,172	0,160
60	0,40	0,25	0,464	0,297	0,281	0,251	0,282	0,248	0,237
90	0,10	0,25	0,392	0,032	0,038	0,015	-0,005	0,006	-0,003
90	0,15	0,25	0,423	0,078	0,076	0,051	0,047	0,030	0,038
90	0,20	0,25	0,433	0,122	0,125	0,091	0,077	0,068	0,085
90	0,30	0,25	0,481	0,203	0,198	0,176	0,170	0,149	0,152
90	0,40	0,25	0,511	0,283	0,278	0,253	0,245	0,222	0,225
30	0,10	0,50	0,325	0,056	0,054	0,041	0,040	0,036	0,039
30	0,15	0,50	0,362	0,092	0,105	0,083	0,092	0,081	0,070
30	0,20	0,50	0,355	0,153	0,137	0,125	0,132	0,120	0,114
30	0,30	0,50	0,383	0,239	0,232	0,208	0,224	0,204	0,196
30	0,40	0,50	0,407	0,322	0,319	0,300	0,304	0,287	0,285
60	0,10	0,50	0,354	0,054	0,039	0,038	0,040	0,044	0,042
60	0,15	0,50	0,392	0,101	0,097	0,080	0,090	0,080	0,086
60	0,20	0,50	0,401	0,148	0,140	0,128	0,132	0,124	0,127
60	0,30	0,50	0,442	0,236	0,228	0,207	0,221	0,209	0,209
60	0,40	0,50	0,472	0,321	0,312	0,290	0,306	0,289	0,288
90	0,10	0,50	0,388	0,056	0,058	0,038	0,040	0,024	0,033
90	0,15	0,50	0,416	0,105	0,100	0,077	0,095	0,071	0,069
90	0,20	0,50	0,437	0,155	0,154	0,116	0,127	0,121	0,126
90	0,30	0,50	0,478	0,239	0,242	0,203	0,214	0,212	0,202
90	0,40	0,50	0,506	0,326	0,323	0,283	0,293	0,285	0,275

Tablo 6.18: Ampirik Dağılım ve GKP Çözümü için Kar Değerleri

AT	Rakipler		Kar						
AB	KM	GKP-AS	AT	KT1	KT2	OT1	OT2	BT1	BT2
30	0,10	0,25	5.648	-70	1.002	-941	745	-1.164	-2.131
30	0,15	0,25	5.993	1.859	2.146	1.841	2.982	3.417	2.119
30	0,20	0,25	7.177	2.888	3.744	3.830	4.826	7.569	6.236
30	0,30	0,25	10.741	5.818	6.603	9.023	9.428	14.194	13.986
30	0,40	0,25	15.572	8.475	8.981	13.780	13.557	20.605	19.790
60	0,10	0,25	9.922	209	-124	-312	-67	-1.101	-2.607
60	0,15	0,25	11.590	2.127	1.689	2.555	2.844	2.675	1.686
60	0,20	0,25	14.434	3.419	3.134	4.786	4.882	5.316	5.242
60	0,30	0,25	19.436	6.183	5.980	9.256	9.080	12.219	11.601
60	0,40	0,25	26.295	8.515	8.497	13.476	12.688	17.798	17.649
90	0,10	0,25	13.736	157	401	-412	-1.887	-1.187	-2.722
90	0,15	0,25	15.705	1.682	1.514	1.771	1.242	896	2.132
90	0,20	0,25	18.777	2.949	3.011	3.213	3.561	3.839	4.921
90	0,30	0,25	25.072	6.219	5.267	7.921	8.803	10.846	10.884
90	0,40	0,25	32.698	8.604	7.447	11.564	12.612	16.413	16.465
30	0,10	0,50	5.522	848	883	1.503	2.119	2.612	1.961
30	0,15	0,50	6.523	2.335	2.549	3.964	4.994	6.440	5.270
30	0,20	0,50	7.492	4.151	3.976	6.328	7.035	10.518	8.589
30	0,30	0,50	11.228	7.030	6.986	11.729	11.619	18.126	15.457
30	0,40	0,50	16.281	9.697	10.000	16.858	15.680	25.607	22.502
60	0,10	0,50	9.187	1.211	-110	1.382	1.190	2.671	2.386
60	0,15	0,50	12.341	2.612	2.049	4.003	4.276	6.199	5.834
60	0,20	0,50	12.741	4.498	3.400	6.887	6.699	9.778	9.566
60	0,30	0,50	18.533	7.477	6.251	11.671	12.016	17.054	15.853
60	0,40	0,50	25.231	10.178	8.557	16.343	16.510	23.121	21.477
90	0,10	0,50	14.899	932	1.020	1.328	1.216	1.106	2.052
90	0,15	0,50	16.172	2.686	3.300	3.390	4.274	5.694	4.573
90	0,20	0,50	21.673	3.712	4.210	6.635	6.591	8.998	9.199
90	0,30	0,50	27.967	6.524	6.897	12.232	11.446	15.291	15.204
90	0,40	0,50	36.117	8.806	8.679	16.519	14.974	21.108	20.773

Tablo 6.19: Ampirik Dağılım ve GKP Çözümü için Kazanılan İhale Sayıları

AT	Rakipler		Kazanılan İhale Sayısı						
AB	KM	GKP-AS	AT	KT1	KT2	OT1	OT2	BT1	BT2
30	0,10	0,25	28,3	48,4	45,2	87,8	78,3	119,6	112,5
30	0,15	0,25	28,5	46,0	46,0	86,4	76,1	113,5	123,5
30	0,20	0,25	31,7	48,7	47,2	87,3	78,0	121,1	106,1
30	0,30	0,25	42,1	47,4	45,9	83,0	75,4	123,0	103,3
30	0,40	0,25	55,1	46,3	44,4	81,1	73,2	119,6	100,2
60	0,10	0,25	39,5	48,7	49,0	81,3	78,9	109,9	112,9
60	0,15	0,25	42,5	46,7	44,8	80,5	78,4	111,3	115,9
60	0,20	0,25	49,6	47,9	48,2	82,0	75,7	106,3	110,2
60	0,30	0,25	61,1	44,7	48,2	79,1	69,0	105,5	112,3
60	0,40	0,25	75,6	43,2	46,8	76,9	66,6	102,1	109,0
90	0,10	0,25	49,2	48,8	41,0	74,0	82,7	108,2	116,2
90	0,15	0,25	52,2	46,0	43,8	80,7	75,2	115,6	106,5
90	0,20	0,25	59,0	42,4	41,2	77,0	80,0	116,5	103,8
90	0,30	0,25	71,5	45,7	42,1	71,1	75,5	108,6	105,5
90	0,40	0,25	84,9	44,1	40,7	69,0	72,8	105,3	103,0
30	0,10	0,50	27,8	49,9	46,7	79,2	92,0	118,2	106,2
30	0,15	0,50	28,3	50,7	46,8	79,0	82,9	118,6	113,7
30	0,20	0,50	33,1	46,5	50,4	84,2	79,6	118,6	107,7
30	0,30	0,50	43,1	46,6	48,3	83,4	74,1	117,4	107,0
30	0,40	0,50	55,7	45,2	46,1	80,0	72,5	115,4	105,0
60	0,10	0,50	38,7	50,1	51,5	85,4	83,2	109,9	101,3
60	0,15	0,50	43,9	48,4	47,3	86,0	82,5	112,2	99,7
60	0,20	0,50	45,4	50,0	46,6	82,6	80,3	111,7	103,4
60	0,30	0,50	57,8	48,5	44,7	81,0	79,0	109,3	99,8
60	0,40	0,50	71,6	47,1	43,0	79,0	76,6	105,8	97,0
90	0,10	0,50	53,4	47,0	41,0	75,2	75,2	117,3	110,9
90	0,15	0,50	54,0	42,0	51,4	78,3	72,6	115,0	106,6
90	0,20	0,50	66,3	42,5	43,1	86,5	75,7	104,9	101,1
90	0,30	0,50	77,4	42,0	42,4	83,4	74,3	98,2	102,3
90	0,40	0,50	91,4	39,3	40,7	80,2	69,2	98,5	100,7

Tablo 6.20: Ampirik Dağılım ve GKP Çözümü için CPU Zamanları

AT	Rakipler		CPU (Milisaniye)						
AB	KM	GKP-AS	AT	KT1	KT2	OT1	OT2	BT1	BT2
30	0,10	0,25	15.715,5	87,3	92,7	568,6	576,9	2.076,9	2.033,6
30	0,15	0,25	12.210,9	74,9	69,3	415,9	431,8	1.541,4	1.531,7
30	0,20	0,25	11.682,7	62,6	64,1	412,5	407,9	1.480,3	1.466,0
30	0,30	0,25	11.863,6	71,7	73,0	398,3	397,3	1.510,9	1.468,8
30	0,40	0,25	11.216,1	65,5	65,8	412,6	410,0	1.486,9	1.456,7
60	0,10	0,25	51.705,3	66,5	70,3	396,0	393,1	1.439,6	1.450,3
60	0,15	0,25	65.012,0	85,8	84,6	495,9	510,2	1.846,9	1.853,9
60	0,20	0,25	50.656,3	68,4	65,9	397,3	377,1	1.421,4	1.417,4
60	0,30	0,25	49.848,4	58,8	60,2	394,5	379,9	1.407,7	1.409,7
60	0,40	0,25	51.329,8	64,8	67,0	397,0	394,5	1.441,2	1.448,9
90	0,10	0,25	176.446,9	65,5	69,0	408,4	410,8	1.495,6	1.475,5
90	0,15	0,25	188.845,6	75,7	74,6	457,7	438,5	1.615,4	1.594,3
90	0,20	0,25	205.897,4	77,3	75,0	465,2	464,4	1.703,7	1.690,1
90	0,30	0,25	175.157,0	64,5	60,0	419,3	401,3	1.486,4	1.493,7
90	0,40	0,25	180.788,3	68,1	72,2	436,8	426,9	1.550,7	1.539,9
30	0,10	0,50	16.124,8	87,9	97,8	582,1	574,4	2.016,9	2.105,4
30	0,15	0,50	11.365,7	60,9	69,4	395,0	402,2	1.466,6	1.459,5
30	0,20	0,50	11.839,3	68,1	70,0	387,4	408,0	1.465,1	1.496,0
30	0,30	0,50	11.826,2	69,4	69,1	400,1	411,4	1.506,2	1.526,5
30	0,40	0,50	11.627,2	71,4	67,3	385,5	413,4	1.470,7	1.502,2
60	0,10	0,50	65.305,1	83,6	84,1	495,6	502,9	1.788,4	1.804,2
60	0,15	0,50	53.712,1	67,0	64,8	411,2	414,2	1.491,9	1.499,6
60	0,20	0,50	53.082,5	68,0	63,3	410,7	404,4	1.478,5	1.509,9
60	0,30	0,50	52.646,8	68,5	65,1	407,2	410,3	1.475,9	1.494,8
60	0,40	0,50	56.297,8	77,0	73,5	438,9	430,1	1.575,2	1.580,5
90	0,10	0,50	212.829,6	80,0	79,2	506,9	489,3	1.846,4	1.839,4
90	0,15	0,50	171.965,8	65,7	65,6	409,6	407,9	1.481,0	1.486,8
90	0,20	0,50	176.808,9	72,5	68,2	405,0	404,2	1.507,1	1.498,0
90	0,30	0,50	174.526,9	61,2	68,5	396,0	400,3	1.468,8	1.465,6
90	0,40	0,50	177.002,4	64,6	69,1	413,6	404,4	1.514,0	1.483,6

Akıllı Taşıyıcı'nın ağ boyutu arttığında karı ve birim başına karı her zaman artmıştır ancak kazandığı ihale sayısı değişkenlik göstermektedir. Aynı şekilde rakip taşıyıcıların da karı ve kazandığı ihale sayısı, taşıyıcı boyutu arttıkça genel olarak artmıştır. Büyük boyutlu taşıyıcılar, orta ve küçük boyutlu taşıyıcılara göre daha çok kara sahip olmaktadır. Taşıyıcıların sahip olduğu güzergah ve hakim olduğu bölge sayısı arttıkça, ihaledeki güzergahlar ile ağı arasında sinerji oluşturma şansı artmaktadır. İhaledeki güzergahlarla mevcut ağını birleştirmesi kolaylaşmakta bu yüzden güzergahlar için hesaplanan maliyet azalmaktadır. Maliyetin az olması verilen teklifi etkilemekte ve kazanma şansını arttırmaktadır.

Akıllı Taşıyıcı, tüm rakip kar marjları için boyutundan bağımsız olarak her zaman en çok kar eden taşıyıcı olmuştur. Ancak Akıllı taşıyıcı düşük rakip kar marjı durumunda birim başına karı en yüksek olan taşıyıcı olmasına rağmen rakip kar marjı $0,3$ ve $0,4$ olduğunda birim başına karı en yüksek olan taşıyıcı olamamıştır. Akıllı taşıyıcı, rakip kar marjı yüksek iken pazardaki güzergahların çoğunu kazanmak için çok istekli olmasa dahi rakiplerin rekabet gücü daha zayıf olduğundan kazanmaktadır. Bu nedenle, rakiplerine göre karı çok yüksek olmasına rağmen birim başına karı daha düşük olmaktadır.

Bütün alt kümeler üzerinden hesaplama yapıldığı için teklif vermek için kullanılan en büyük teklif fiyatı hesaplama zamanı (CPU) Akıllı Taşıyıcı'ya aittir. Taşıyıcı boyutları dikkate alındığında mevcut ağ büyüdükçe, güzergah sayısına bağlı olarak alternatif sayısı arttığı için hesaplama zamanı artmaktadır.

Özet olarak; Akıllı Taşıyıcı her boyut ve rakip kar marjı durumunda en yüksek kara sahip olmaktadır. Akıllı taşıyıcı boyutu ve rakip kar marjı arttıkça, Akıllı Taşıyıcı'nın kazandığı güzergah sayısı artmakta ve kar açısından rakipleriyle arası oldukça açılmaktadır.

6.4.4 Yaklaşımların Karşılaştırılması

Yaklaşımların kendi içerisinde değerlendirilmesi yapılmıştır ancak daha iyi çıkarımlar yapabilmek için birbirlerine göre de karşılaştırılması gerekmektedir.

Akıllı Taşıyıcı için birim başına karı en yüksek olan yaklaşım, en düşük rakip teklifinin Ampirik Dağılım'a sahip olduğu maliyetlerin Güzergah Kaplama Problemi Sezgiseli ile hesaplandığı yaklaşım olmuştur. Akıllı Taşıyıcı, güzergahlar arasındaki sinerjiyi en iyi bu yöntemle ortaya çıkarmıştır. Maliyet hesapları için Güzergah Kaplama Problemi Sezgiseli yerine Boşluğa Ekleme Sezgiseli kullanıldığında rakiplerin birim başına karı artmış, Akıllı Taşıyıcı'nın ise azalmıştır. Birim başına kar açısından Akıllı Taşıyıcı

Tablo 6.21: Ampirik Dağılım ve Boşluğa Ekleme Çözümü için Birim Başına Kar Değerleri

AT	Rakipler	Birim Başına Kar						
AB	KM	AT	KT1	KT2	OT1	OT2	BT1	BT2
30	0,10	0,213	0,080	0,069	0,063	0,062	0,055	0,058
30	0,15	0,275	0,143	0,132	0,125	0,125	0,127	0,117
30	0,30	0,214	0,194	0,189	0,185	0,189	0,191	0,184
30	0,30	0,293	0,325	0,316	0,312	0,315	0,311	0,310
30	0,40	0,294	0,446	0,437	0,440	0,445	0,443	0,440
60	0,10	0,243	0,098	0,082	0,072	0,062	0,066	0,053
60	0,15	0,285	0,156	0,145	0,132	0,126	0,126	0,125
60	0,20	0,228	0,202	0,194	0,192	0,186	0,189	0,189
60	0,30	0,285	0,319	0,314	0,315	0,314	0,313	0,308
60	0,40	0,271	0,446	0,444	0,440	0,443	0,439	0,437
90	0,10	0,249	0,102	0,081	0,068	0,064	0,059	0,059
90	0,15	0,288	0,166	0,148	0,137	0,126	0,123	0,124
90	0,20	0,231	0,204	0,197	0,192	0,192	0,187	0,186
90	0,30	0,285	0,316	0,320	0,316	0,319	0,306	0,308
90	0,40	0,266	0,443	0,445	0,445	0,439	0,437	0,434

Tablo 6.22: Ampirik Dağılım ve Boşluğa Ekleme Çözümü için Kar Değerleri

AT	Rakipler	Kar						
AB	KM	AT	KT1	KT2	OT1	OT2	BT1	BT2
30	0,10	4.475	4.365	3.856	3.828	4.111	4.040	4.087
30	0,15	9.539	7.579	7.458	7.562	7.075	9.098	8.074
30	0,30	15.259	9.396	9.333	10.035	10.080	11.514	10.872
30	0,30	31.609	14.006	13.277	15.479	14.963	17.293	16.112
30	0,40	44.132	16.015	16.676	18.552	18.994	19.516	20.483
60	0,10	5.241	5.158	4.735	4.553	4.130	4.837	3.832
60	0,15	10.435	8.321	8.600	7.723	7.706	8.268	8.283
60	0,20	17.345	10.435	9.223	10.256	10.071	10.593	11.271
60	0,30	37.178	12.737	12.396	14.189	14.144	16.726	14.675
60	0,40	51.792	14.977	14.534	15.465	15.128	16.830	15.661
90	0,10	5.065	6.198	4.507	4.647	4.129	4.246	4.044
90	0,15	10.422	8.937	8.100	8.502	7.749	8.338	8.458
90	0,20	20.002	9.731	9.230	10.299	9.691	10.366	10.401
90	0,30	43.949	12.763	11.747	12.879	12.866	14.191	13.403
90	0,40	58.237	12.016	11.918	13.562	12.868	14.613	13.665

Tablo 6.23: Ampirik Dağılım ve Boşluğa Ekleme Çözümü için Kazanılan İhale Sayıları

AT	Rakipler	Kazanılan İhale Sayısı						
AB	KM	AT	KT1	KT2	OT1	OT2	BT1	BT2
30	0,10	49,6	64,7	66,3	75,6	80,9	94,2	88,8
30	0,15	64,3	63,1	66,1	74,5	71,4	92,2	88,3
30	0,30	106,3	58,7	58,5	70,0	68,1	80,2	78,3
30	0,30	142,8	52,7	51,4	64,4	61,6	75,8	71,4
30	0,40	185,8	44,6	47,5	56,1	57,4	62,6	66,0
60	0,10	50,4	62,3	65,2	77,4	79,6	93,9	91,1
60	0,15	66,0	62,1	68,4	74,1	76,3	86,5	86,7
60	0,20	113,4	60,7	56,4	67,7	68,2	75,5	78,1
60	0,30	164,4	49,0	48,5	59,9	59,5	72,8	66,0
60	0,40	230,1	42,6	42,2	48,7	47,8	56,1	52,5
90	0,10	48,6	69,0	65,2	81,3	78,3	91,0	86,6
90	0,15	65,8	64,2	63,6	76,0	76,0	88,6	85,9
90	0,20	125,5	56,7	56,1	68,0	65,4	74,2	74,1
90	0,30	189,3	49,2	45,9	54,2	54,2	65,8	61,4
90	0,40	264,5	35,9	35,6	43,4	42,0	50,6	48,1

Tablo 6.24: Ampirik Dağılım ve Boşluğa Ekleme Çözümü için CPU Zamanları

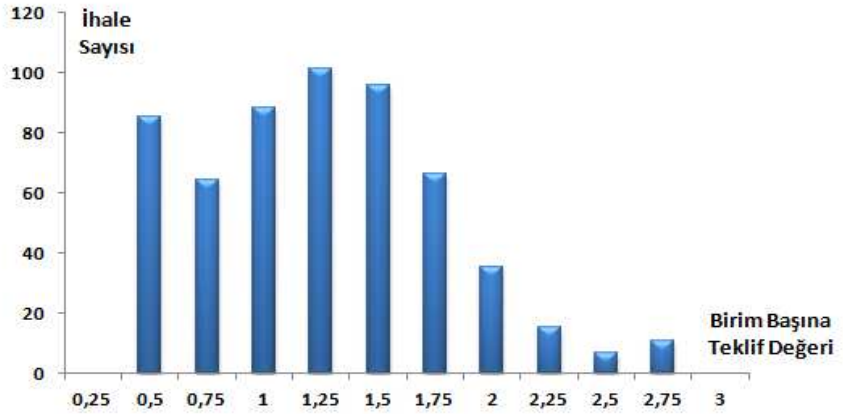
AT	Rakipler	CPU (Milisaniye)						
AB	KM	AT	KT1	KT2	OT1	OT2	BT1	BT2
30	0,10	2.785,26	3,09	2,19	4,21	3,71	5,00	5,90
30	0,15	2.667,79	1,71	2,52	5,44	3,75	6,57	3,56
30	0,20	2.994,20	2,80	1,87	4,04	4,22	3,77	3,57
30	0,30	2.994,65	0,79	2,80	3,91	4,06	3,70	5,44
30	0,40	2.650,20	2,04	1,89	4,20	3,42	4,64	5,15
60	0,10	3.301,99	3,74	2,51	4,70	4,53	5,44	4,70
60	0,15	3.291,68	2,50	1,24	3,45	4,21	5,65	4,83
60	0,20	3.590,25	2,51	1,54	5,12	3,85	7,52	5,00
60	0,30	3.632,31	2,52	3,11	4,69	2,65	5,14	3,89
60	0,40	3.265,48	2,05	1,70	4,44	3,89	5,91	4,18
90	0,10	3.671,04	3,13	2,35	4,05	4,66	6,05	5,49
90	0,15	3.678,26	2,17	1,55	3,90	4,22	4,84	4,63
90	0,20	3.951,34	3,27	2,80	4,65	3,73	4,23	5,27
90	0,30	4.120,02	3,27	2,19	2,16	3,91	6,28	4,85
90	0,40	3.635,36	2,80	1,73	3,14	4,71	6,67	5,12

için Güzergah Kaplama Problemi Sezgiseli'ni kullanmak daha iyidir ancak teklif verme algoritmasını kullanmayan rakip taşıyıcılar için Boşluğa Ekleme Sezgiseli'ni kullanmak daha iyi kar sağlamaktadır.

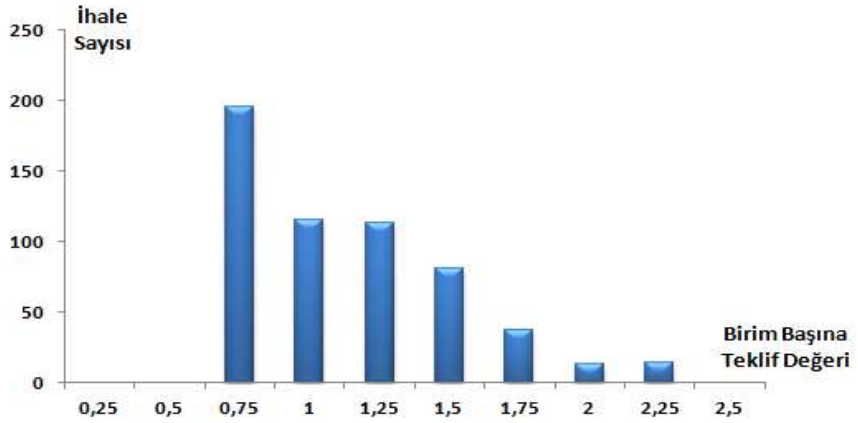
Akıllı Taşıyıcı açısından en düşük rakip teklifi dağılımları karşılaştırıldığında, birim başına kar açısından her zaman Ampirik Dağılım yaklaşımı en iyi sonuca sahip olmuştur. Akıllı Taşıyıcı açısından maliyet hesaplama yöntemleri karşılaştırıldığındaysa, GKP Sezgiseli yaklaşımı daha iyi sonuca sahip olmuştur.

Akıllı Taşıyıcı için karı en yüksek olan yaklaşım, en düşük rakip teklifinin Ampirik Dağılım'a sahip olduğu, rakibin yüksek kar marjı uyguladığı ve maliyetlerin Boşluğa Ekleme Sezgiseli ile hesaplandığı yaklaşım olmuştur. Ancak maliyetin GKP Sezgiseli ile hesaplandığı yaklaşımda en yüksek kar genellikle Normal Dağılım yaklaşımıyla elde edilmiştir.

Maliyet hesaplamalarında GKP Sezgiseli kullanıldığında, tüm dağılımlar için Akıllı Taşıyıcı rakipleriyle rekabet etmeyi başarmış ve daha çok kar elde etmiştir. Ancak Boşluğa Ekleme Sezgiseli kullanıldığında Düzgün ve Normal Dağılım yaklaşımları için sadece yüksek rakip kar marjı söz konusu olduğunda Akıllı Taşıyıcı rakiplerinden daha fazla kar elde edebilmiştir. Ampirik Dağılım yaklaşımı ise her zaman daha fazla kar elde edebilmiştir. Bunun sebebi, en düşük rakip teklifine dair yapılan Düzgün ve Normal Dağılım varsayımlarının bekleneni karşılamamasıdır. Şekil 6.3 ve 6.4'te en düşük rakip tekliflerine dair istatistik örnekleri yer almaktadır. Grafik görüntüsü, Düzgün ve Normal Dağılım'a benzememektedir ancak geçmiş bilgiler üzerinden öğrenme mekanizmasıyla elde edilen ortalama ve varyansa göre hesaplamalar yapıldığı için maliyet GKP Sezgiseli ile daha iyi hesaplandığında Akıllı Taşıyıcı rakiplerinden daha fazla kar elde edebilmiştir.



Şekil 6.3: Normal Dağılımlı ve GKP Çözümlü AB = 60, GKP-AS = 0,25 ve KM = 0,3



Şekil 6.4: Normal Dağılımlı ve GKP Çözümlü AB = 30, GKP-AS = 0,5 ve KM = 0,1

Akıllı Taşıyıcı için kazanılan ihale sayısının en yüksek olduğu yaklaşım, en düşük rakip teklifinin Ampirik Dağılım'a sahip olduğu maliyetlerin Boşluğa Ekleme Sezgiseli ile hesaplandığı yaklaşım olmuştur. Akıllı Taşıyıcı, güzergahları kazanmaya en fazla istekli bu yaklaşımda olmuştur. Bu yaklaşım aynı zamanda Akıllı Taşıyıcı'nın en çok kara sahip olduğu yaklaşımdır.

Akıllı Taşıyıcı rakiplerinden daha az ihale kazansa bile daha fazla kar elde edebilmiştir. Sonuçlardan, çok sayıda ihale kazanmanın değil sinerjisi yüksek ihaleleri kazanmanın önemli olduğu anlaşılmaktadır.

7. DEĞERLENDİRME VE GELECEK ÇALIŞMALAR

Bu tezde, tam kamyon yükü taşıyıcısının eş zamanlı taşımacılık ihalelerinde fiyat teklifi verme problemi ele alınmıştır. Taşıyıcının beklenen kârını maksimize etme amaçlı stokastik fiyat teklifi eniyileme problemi formüle edilmiş ve bu problemin çözümünde farklı en düşük rakip teklifi dağılımları için koordinat arama algoritması geliştirilmiştir. En düşük rakip teklifinin Normal Dağılım'a ve Ampirik Dağılım'a sahip olduğu durumlar için algoritma incelenmiştir.

Spot marketteki göndericiler, yüklerinin taşınması gereken güzergahlar için ihaleler açmaktadır. Taşıyıcıysa, mevcut ağı ile ihaledeki güzergahlar arasındaki ilişkiyi ve rakip taşıyıcıların tekliflerini dikkate alarak güzergahlara teklif vermek zorundadır. Taşıyıcı, ihaleler bitene kadar hizmet hakkını kazandığı güzergahları bilmediği için ağının son durum maliyetini bilememektedir. Bu durum da taşıyıcının ihaledeki güzzergahlara teklif vermesini zorlaştırmaktadır. En düşük rakip teklifinin bağımsız rassal değişken olduğu varsayımı altında modellenmiş problem, en düşük rakip teklifinin Normal ve Ampirik Dağılım'a sahip olduğu durumlar için incelenmiştir. Problemin çözümü için önerilen sezgisel algoritmanın taşıyıcı açısından kullanımının etkisini göstermek amacıyla simülasyon çalışması yapılmıştır. Sezgisel algoritmayı kullanan taşıyıcının rakipleri karşısında genel olarak daha çok kar ettiği gözlemlenmiştir. Ayrıca kilometre başına elde ettiği karı da yüksek olduğu için güzergahlara daha akıllıca teklif verdiği anlaşılmıştır.

Tezde, taşıyıcılar için 2 farklı maliyet hesaplama yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler dışında, 3 farklı maliyet hesaplama yöntemi de önerilmiştir ancak simülasyon çalışmasında rakipler, sezgisel algoritma kullanan taşıyıcıyla rekabet edememiştir. Önerilen yöntemlerde bölgeler arası taşıma miktarına dair bir matris oluşturulmuştur. Bunun sebebi, gerçek hayatta bazı bölgeler arası yoğun yük akışı varken bazı bölgeler arası düşük yük akışı olmasıdır. Bu da talep dengesizliğine yol açmakta ve boş taşıma miktarını etkilemektedir. Dolayısıyla, taşıyıcı bir noktaya yükü ulaştırdıktan sonra fazla boş taşıma yapacaksa bu durum yükün taşıma fiyatını yukarı çekecektir. Bu yüzden, bölgeler arası dolu taşıma miktarı matrisi oluşturularak herhangi bir ihalenin boş taşımada artışa ya da azalmaya sebep olduğunun bulunması hedeflenmiştir. İlk yöntem olan Toplam Boş Taşıma Maliyetini Dağıtma yönteminde iki bölge arası gelen bir güzergahın maliyeti, kendi uzunluğuna güzergah başına düşen iki bölge arasındaki boş taşıma miktarının eklenmesiyle hesaplanmaktadır. Toplam Boş Taşıma Maliyetini Dağıtma yöntemiyle maliyet Denklem 7.1'deki gibi hesaplanmaktadır.

c_l : l güzergahının maliyeti

L_l : l güzergahının uzunluğu

n_{ij} : Taşıyıcının i bölgesinden j bölgesine olan toplam güzergah sayısı

a : dolu taşıma maliyeti

b : boş taşıma maliyeti

$$c_l = \frac{(n_{ij} + n_{ji})a + |n_{ji} - n_{ij}|\, b}{n_{ij} + n_{ji}} * L_l \tag{7.1}$$

İkinci yöntem olan Boş Taşıma Miktarını Bölgeler Arası Orantılı Dağıtma yönteminde ise i'den j'ye olan boş taşıma dağıtımı ile j'den i'ye olan boş taşıma dağıtımı bölgeler arası dolu taşıma miktarlarıyla ilişkilendirilmektedir. Denklem 7.2'de maliyet hesaplarken kullanılacak denklem ve Denklem 7.3'te i bölgesinden j bölgesine olan bir güzergahın kendi uzunluğuna eklenmesi gereken boş taşıma sayısı yer almaktadır.

$$|n_{ij} - n_{ji}|\, b = n_{ij}x + n_{ji}\frac{n_{ji}}{n_{ij}}x \tag{7.2}$$

x : i bölgesinden j bölgesine olan güzergahlara eklenen boş taşıma oranı

$\frac{n_{ji}}{n_{ij}}x$: j bölgesinden i bölgesine olan güzergahlara eklenen boş taşıma oranı

$$x = |n_{ij} - n_{ji}|\, \frac{n_{ij}}{n_{ij}^2 + n_{ji}^2} b \tag{7.3}$$

Denklem 7.4'te ise i bölgesinden j bölgesine olan bir güzergahın maliyeti yer almaktadır.

$$c_l = (a + x)L_l \tag{7.4}$$

Üçüncü yöntem olan Marjinal Maliyet yönteminde ise bir güzergah için maliyet

hesaplarken öncelikle Denklem 7.5 ve 7.6'da yer alan marjinal maliyet katsayıları hesaplanmalıdır.

$$m_{ij} = n_{ij}a + n_{ji}a + |n_{ji} - n_{ij}|\, b - n_{ji}(a+b) \tag{7.5}$$

$$m_{ij} = n_{ji}a + n_{ij}a + |n_{ij} - n_{ji}|\, b - n_{ij}(a+b) \tag{7.6}$$

i bölgesinden j bölgesine olan herhangi bir güzergahın maliyeti Denklem 7.7 ile hesaplanmaktadır. Bu yöntemde, boş taşıma maliyetinin dolu taşıma maliyetinden farklı olma zorunluluğu vardır. Diğer yöntemler için boş ve dolu taşıma maliyetleri birbirine eşit alınabilmektedir.

$$c_l = \frac{m_{ij}}{m_{ij} + m_{ji}} \frac{(n_{ij} + n_{ji})a + |n_{ij} - n_{ji}|}{n_{ij}} b \tag{7.7}$$

Gelecek çalışmalarda, bahsedilen bu 3 maliyet hesaplama tekniği ile uygulamalar yapılabilir. Taşıyıcıların sahip olduğu güzergah sayısı arttığında taşıma matrisindeki bilgiler daha fazla olacağı için teklif verirken daha fazla sinerji ortaya çıkıp taşıyıcı, rekabet seviyesi yüksek teklifler verecektir. Simülasyon yapısı bu şekilde değiştirilerek daha önceden denenmiş bu 3 yöntemin etkinliği arttırılabilir.

Teklif verme algoritmasını kullanan taşıyıcı, bütün alt kümeler üzerinden hesaplama yaparak teklif vermek zorundadır. İhaledeki güzergah sayısı arttıkça problemin karmaşıklığı artmaktadır. Bu sebeple gelecekte, pazardaki ihale sayısı arttırılıp olası alt kümeler üzerinden örnekleme yaparak teklif verme yöntemi kullanılabilir.

Yapılan deneysel çalışmada rakipler marjinal maliyetlerine kar marjı ekleyerek teklif vermektedir. Farklı dağılımlar ve farklı maliyet hesaplama yöntemlerinin kullanıldığı bir pazar oluşturularak deneysel çalışmalar yapılabilir.

Yapılan çalışmada, ihaledeki güzergahlar tek periyotluktur. Bir periyottan fazla devam eden ihalelerin de yer aldığı bir ortam için optimizasyon çalışması yapılabilir. Bu durumda, taşıyıcının teklif verirken güzegahların gelecekteki faydasını da hesaba katması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

[1] *A First Course in Probability.* Sheldon Ross, 1998.

[2] *Operations Research; Applications and Algorithms.* Wayne Winston, 2003.

[3] *Nonlinear Programming Theory and Algorithms.* M S Bazaraa and H D Sherali and C M Shetty, 2006.

[4] N. An, W. Elmaghraby, ve P. Keskinocak. Bidding strategies and their impact on revenues in combinatorial auctions. *Journal of Revenue and Pricing Management*, 2005.

[5] S. Ağralı, B. Tan, ve F. Karaesmen. Modeling and analysis of an acution-based logistics market. *European Journal of Operational Research*, 2008.

[6] ARIBA. Spend Management, Invoice Management, Payment Management, and Contract Managemenet Software. http://ariba.com/, Erişim Tarihi: 21 Temmuz 2012.

[7] R. T. Barrett ve R. E. Pugh. Procurement auctions in e-commerce. *Southern Business Review*, 2003.

[8] M. Benisch, A. Greenwald, I. Grypari, R. Lederman, V. Narodistskiy, ve M. Tschantz. Botticelli: A supply chain management agent. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems.*

[9] BestTransport. The Best Way to Control Freight Cost and Improve Delivery Service Levels. http://besttransport.com/, Erişim Tarihi: 21 Temmuz 2012.

[10] Bizde. Aradığınız Her Şey bizde.com. http://www.bizde.com/, Erişim Tarihi: 21 Temmuz 2012.

[11] T. Candale ve S. Sen. A comparison of bidding strategies for simultaneous auctions. *SIGecom Exchanges*, 2006.

[12] R. L. Chen, S. Ahmadbeygi, A. Cohn, D. R. Beil, ve A. Sinha. Solving truckload procurement auctions over an exponential number of bundles. *Transportation Science*, 2009.

[13] P. Conti, L. Giovanni, ve M. Naldi. A rank and compare algorithm to detect abnormally low bids in procurement auction. *Electronic Commerce Research and Applications*, 2012.

[14] P. Conti ve M. Naldi. Detection of anomalous bids in procurement auctions. *Decision Support Systems*, 2008.

[15] T. G. Crainic ve G. Laporte. Fleet management and logistics. *Center for Transportation Research 25th anniversary series, Norwell, MA, USA: Kluwer Academic Publishers*, 1998.

[16] A. Douma, P. Schuur, ve V. D. Heijden. Applying revenue management to agent-based transportation planning. *Beta Working Paper Series*, 2006.

[17] eBay. Online Shopping. http://www.ebay.com/, Erişim Tarihi: 21 Temmuz 2012.

[18] W. Elmagrabhy. Auctions within e-sourcing events. *Production and Operations Management*, 2007.

[19] O. Ergun, G. Kuyzu, ve M. Savelsbergh. Shipper collaboration. *Computers and Operations Research*, 2007.

[20] M. Figliozzi, P. Jaillet, ve H. Mahmassani. Title: Modeling carrier behavior in sequential auction transportation markets. In *10th International Conference on Travel Behaviour Research.*

[21] M. A. Figliozzi, H. S. Mahmassani, ve P. Jaillet. Quantifying opportunity costs in sequential transportation auctions for trucload acquisition. *Institute of Transport Studies and Logistics Working Paper*, 2006.

[22] GittiGidiyor. Türkiye'nin En İşlek Alışveriş Merkezi. http://www.gittigidiyor.com/, Erişim Tarihi: 21 Temmuz 2012.

[23] A. Greenwald ve J. Boyan. Bidding under uncertainty: Theory and experiments. In *Proceedings of the 20th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence.*

[24] A. Greenwald ve J. Boyan. Bidding algorithms for simultaneous auctions: A case study. *Journal of Autonomous Agents and Multiagent Systems*, 2005.

[25] J. L. Hartley, M. D. Lane, ve Y. Hong. An exploration of the adoption of e-auctions in supply management. *IEEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT*, 2004.

[26] S. D. Jap. Online reverse auctions: Issues, themes, and prospects for the future. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 2002.

[27] V. O. Kayhan, J. A. McCart, ve A. Bhattacherjee. Cross-bidding in simultaneous online auctions: Antecedents and consequences. *Information and Management*, 2010.

[28] P. Klemperer. Auction theory: A guide to the literature. *Journal of Economic Survey*, 1999.

[29] P. Klemperer. Auctions: Theory and practice. *Economics Papers*, 2004.

[30] Y. Kovalchuk. Seller's strategies for predicting winning bid prices in online auctions. *International Conference on Computational Intelligence for Modelling Control Automation*, 2008.

[31] Y. Kovalchuk ve M. Fasli. Adaptive strategies for predicting bidding prices in supply chain management. In *Proceeding ICEC '08 Proceedings of the 10th international conference on Electronic commerce.*

[32] V. Krishna. Auction theory. *Games and Economic Behavior*, 2003.

[33] M. Kumar ve S. Feldman. Internet auctions. *Proceedings of the 3rd conference on USENIX Workshop on Electronic Commerce*, 1998.

[34] G. Kuyzu. *Procurement in Truckload Transportation.* PhD thesis, Georgia Institute of Technology, 2007.

[35] J. J. Laffont. Game theory and empirical economics: The case of auction data. *European Economic Review*, 1997.

[36] LEANLOGISTICS. Transportation Management System Software. http://leanlogistics.com/, Erişim Tarihi: 21 Temmuz 2012.

[37] C. G. Lee, R. H. Kwon, ve Z. Ma. A carrier's optimal bid generation problem in combinatorial auctions for transportation procurement. *The Transportation Research Part E*, 2007.

[38] R. P. McAfee ve J. McMillan. Auctions and bidding,. *Journal of Economic Literature*, 1987.

[39] R. McCaffer ve A. Pettitt. Distribution of bids for buildings and road contracts. *Operational Research Quarterly*, 1976.

[40] NTE. Cloud/Saas or On-Premise Enterprise ResourcePlanning. http://nte.com, Erişim Tarihi: 21 Temmuz 2012.

[41] J. H. Park, J. K. Lee, ve H. C. Lau. Relationship preserving auction for repeated e-procurement. In *Proceedings of the 10th International Conference on Electronic Commerce 2008*.

[42] T. Pin ve W. Scott. Bidding model for refurbishment work. *Journal of Construction and Engineering Management*, 1994.

[43] POSTBIDSHIP. The Transportation Marketplace of the 21st Century. http://www.postbidship.com/, Erişim Tarihi: 21 Temmuz 2012.

[44] J. L. Poutre ve V. Robu. Designing risk-averse bidding strategies in sequential auctions for transpotation orders. *Studies in Computational Intelligence*, 2009.

[45] W. B. Powell, Y. Sheffi, K. S. Nickerson, K. Butterbaugh, ve S. Atherton. Maximizing profits for north american van lines' truckload division: A new framework for pricing and operations. *Franz Edelman Award Papers*, 1988.

[46] M. H. Rothkopf ve R. M. Harstad. Auctions on the internet: What's being auctioned, and how? *Journal of Industrial Economics*, 1994.

[47] S. Shakya, F. Oliveira, ve G. Owusu. An application of eda and ga to dynamic pricing. In *Proceedings of the 9th annual conference on Genetic and evolutionary computation*.

[48] Y. Sheffi. Combinatorial auctions in the procurement of transportation. *Interfaces*, 2004.

[49] R. Skitmore. Identifying non-competitive bids in construction contract auctions. *OMEGA: International Journal of Management Science*, 2002.

[50] J. Song ve A. Regan. Combinatorial auctions for transportation service procurement: The carrier perspective. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2003.

[51] S. Talluri ve G. L. Regatz. Multi-attribute reverse auctions in b2b exchanges: A framework for design and implemantation. *The Journal of Supply chain Management*, 2004.

[52] H. Topaloglu ve W. B. Powell. Sensitivity analysis of a dynamic fleet management model using approximate dynamic programming. *technical report, Cornell University, School of Operations Research and Industrial Engineering, Ithaca, NY, USA,*, 2004.

[53] A. Toptal ve S. O. Bingöl. Transportation pricing of a truckload carrier. *European Journal of Operational Research*, 2011.

[54] P. Toth ve D. Vigo. The vehicle routing problem. *SIAM Monographs on Discrete Mathematics and Applications, Philadelphia, PA, USA: Society for Industrial and Applied Mathematics*, 2002.

[55] uBid. Online Auctions. http://www.ubid.com/, Erişim Tarihi: 21 Temmuz 2012.

[56] uShip. The Online Shipping Marketplace. http://www.uship.com/, Erişim Tarihi: 21 Temmuz 2012.

[57] R. E. Wiggans ve E. Katok. Regret and feedback information in first-price sealed-bid auctions. *Management Science*, 2006.

[58] W. H. Zhou ve C. Y. Lee. Pricing and competition in a transportation market with empty equipment repositioning. *Transportation Research Part B*, 2009.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı	: AKYOL, Çağla Gül
Uyruğu	: T.C.
Doğum tarihi ve yeri	: 22.09.1988 Ordu
Medeni hali	: Bekar
e-mail	: cgakyol@etu.edu.tr

Eğitim

Derece	**Eğitim Birimi**	**Mezuniyet Tarihi**
Y. Lisans	TOBB ETÜ Endüstri Mühendisliği	2012
Lisans	Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği	2010
Lise	Ordu Fen Lisesi	2005

İş Deneyimi

Yıl	**Yer**	**Görev**
20010-2012	TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi	Burslu Yüksek Lisans Öğrencisi

Yabancı Dil

İngilizce (İyi)