

**TEDARİK ZİNCİRLERİNDE YATAY İŞBİRLİĞİ OLMASI HALİNDE
YER SEÇİMİ PROBLEMLERİ**

BEGÜM GİRAY

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**TOBB EKONOMİ VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ARALIK 2015

ANKARA

Fen Bilimleri Enstitü onayı

Prof. Dr. Osman EROĞUL

Müdür

Bu tezin Yüksek Lisans derecesinin tüm gereksinimlerini sağladığını onaylarım.

Prof. Dr. Tahir HANALIOĞLU

Anabilim Dalı Başkanı

Begüm GİRAY tarafından hazırlanan TEDARİK ZİNCİRLERİNDE YATAY İŞBİRLİĞİ OLMASI HALİNDE YER SEÇİMİ PROBLEMLERİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Gültekin KUYZU

Tez Danışmanı

Tez Jüri Üyeleri

Başkan : Yrd. Doç. Dr. M. Alp ERTEM

Üye : Yrd. Doç. Dr. Gültekin KUYZU

Üye : Yrd. Doç. Dr. Eda YÜCEL

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.

Begüm GİRAY

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 – Aralık 2015

Begüm GİRAY

**TEDARİK ZİNCİRLERİNDE YATAY İŞBİRLİĞİ OLMASI HALİNDE
YER SEÇİMİ PROBLEMLERİ**

ÖZET

İşbirliklerinde, işbirliğinin nasıl ve kimlerin arasında kurulması gerektiği, ortaya çıkan maliyet ve oluşan kârların işbirliğine katılanlar arasında nasıl paylaşılacağı önemli sorunlardandır. Bu çalışmada firmaların ortak stratejik amaçlar için bir araya geldiği bir yapı olan yatay işbirliğinin kurulması problemi, iki aşamalı bir tedarik zinciri üzerindeki tesis yer seçimi problemi ile birleştirilerek uygulanmaya çalışılmıştır. Bu yatay işbirliğindeki işbirlikçiler, literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak müşterilerine ürün yollarken kullandıkları tesisleri ortaklaşa kullanabilmektedir. İşbirliği sayesinde, işbirlikçiler tek başlarına katlandıkları tesis maliyetini paylaşmış olacaklar ve bunun yanı sıra dağıtım merkezlerinde yük birleştirme yapılacağı için taşıyıcılara daha az birim maliyet ödeyebileceklerdir. Bu çalışmada işbirlikçiler için optimal işbirliğini kurabilmek, hangi tesislerin hangi kapasite seviyelerinde açılacağına karar vermek ve müşterilere ürün dağıtımını en az maliyet ile gerçekleştirmek, işbirliğinin sürdürülebilirliğini sağlamak adına tesis ve taşıma maliyetlerini işbirlikçiler arasında uygun bir şekilde dağıtabilmek için matematiksel modeller geliştirilmiştir. Literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak bu çalışma bu üç ögeyi bir araya getiren ilk çalışmalardan olduğundan veri üretilmesi yapılmıştır. Matematiksel modellerin çözdürülmesiyle elde edilen sonuçlar analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yatay İşbirliği, Tesis Yer Seçimi, Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı

University : TOBB Economics and Technology University
Institute : Institute of Natural and Applied Sciences
Science Programme : Industrial Engineering
Supervisor : Asst. Prof. Gültekin KUYZU
Degree Awarded and Date : M.Sc. – December 2015

Begüm GİRAY

**COLLABORATIVE DISTRIBUTION CENTER LOCATION WITH
OUTBOUND TRANSPORTATION BY COMMON CARRIERS**

ABSTRACT

Deciding members of the collaboration and allocating the incurred cost and resulting profit between collaborators are major problems in collaborations. In this study, establishment of horizontal collaboration problem, a structure in which firms come together for the common strategic objectives, and facility location problem in a two-echelon supply chain is combined. Apart from other studies in the literature, collaborators in the horizontal collaboration can use the facilities jointly while responding customers' orders. Through collaboration the cost of the facility will be shared which they bear alone before collaboration, moreover unit transportation cost will be reduced with freight consolidation. In this study, mathematical models are developed in order to establish the optimal collaboration for collaborators, to select facility locations with convenient capacities and meet customer demands with minimum cost, facility and transport cost allocation between collaborators. Unlike other studies in the literature, this study is one of the pioneer studies which bring these three elements together thus, data generation is done. The performances of the models are evaluated on test instances.

Keywords: Horizontal Collaboration, Facility Location, Supply Chain Network Design

TEŞEKKÜR

Öncelikle bugüne kadar üstümden emeğini, sevgisini ve desteğini eksik etmeyen anneme ve babama teşekkür ederim. Çalışmamda bana bilgi ve deneyimleriyle yol gösteren danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Gültekin KUYZU'ya değerli katkılarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim. Kıymetli zamanlarını ayırarak tezimi okuyan ve tavsiyelerde bulunan tez jürimin üyeleri Yrd. Doç. Dr. M. Alp Ertem ve Yrd. Doç. Dr. Eda YÜCEL'e teşekkür ederim. Yüksek lisans eğitimimde bana sağladıkları katkı ve emeklerinden dolayı TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine ve yüksek lisans eğitimimde bana sağladıkları burstan dolayı TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi'ne teşekkür ederim. Son olarak da destekleriyle bana güç veren arkadaşlarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
TABLO LİSTESİ.....	ix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	2
2.1. Tedarik Zinciri ve Ağ Tasarımı Çalışmaları	2
2.2. Yer Seçimi Çalışmaları	2
2.3. İşbirliği Çalışmaları	5
3. PROBLEM TANIMI	10
4. GELİŞTİRİLEN ÇÖZÜM YÖNTEMİ.....	14
4.1. İşbirliği Olmayan Tedarik Zinciri Modeli	14
4.1.1. Kümeler:	14
4.1.2. Parametreler:	15
4.1.3. Karar Değişkenleri:	15
4.1.4. Model Formülasyonu:	16
4.1.5. Kısıt Açıklamaları	18
4.2. Yatay İşbirlikli Tedarik Zinciri Modeli	19
4.2.1. Kümeler:	19
4.2.2. Parametreler:	19
4.2.3. Karar Değişkenleri:	20
4.2.4. Model Formülasyonu:	21
4.2.5. Kısıt Açıklamaları:	24
5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	27
6. DEĞERLENDİRME VE GELECEK ÇALIŞMALAR	41
KAYNAKLAR	43
ÖZGEÇMİŞ	45

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1: Problemdeki İki Aşamalı Tedarik Zinciri.....	10
Şekil 3.2: Yatay İşbirliğinin Sağlanması Halinde Örnek Tedarik Zinciri.....	11
Şekil 3.3: Doğrusal Parçalı Maliyet Fonksiyonu	13
Şekil 5.1: Tedarik Zincirinde Örnek Koordinatlar	28

TABLO LİSTESİ

Tablo	Sayfa
Tablo 3.1: LTL Ağırlık Kırılma Noktaları.....	12
Tablo 5.1: Dağıtım Merkezi Kapasiteleri	29
Tablo 5.2: İşbirliğinin Olmadığı Tedarik Zincirleri.....	32
Tablo 5.3: Bütün Fabrikaların Dâhil Olduğu Yatay İşbirliğinde Toplam Tasarruflar	33
Tablo 5.4: Bütün Fabrikaların Dâhil Olduğu Yatay İşbirliğinde Paylaştırılmış Tasarruflar..	34
Tablo 5.5: Üye Seçimli Yatay İşbirlikli Tedarik Zinciri Modeli Toplam Tasarruflar	37
Tablo 5.6: Üye Seçimli Yatay İşbirlikli Tedarik Zinciri Modeli Paylaştırılmış Tasarruflar..	38
Tablo 5.7: Çözümlerin Karşılaştırılması.....	39

1. GİRİŞ

Tedarik zincirlerinde işbirliği, işbirlikli oyun teorisine göre 2'den fazla oyuncusu olan bir oyunda, 2 ve daha fazla oyuncunun uzlaşması ve ortak çıkarları için birlikte karar vermesidir. Günümüz koşullarında işbirliğinin ortaya çıkması için pek çok neden bulunmaktadır. Bu nedenlerden bazıları; oluşan maliyetler ve firmalar arasındaki rekabet, tesis yeri, yakıt gibi kaynak yetersizlikleri, ürünlerin taşınması sırasında ortaya çıkan sera gazı, CO₂ gibi zararlı gazların salınımı sebebiyle oluşan çevresel kaygılar ve bu çevresel kaygılar sebebiyle oluşan yasal kısıtlamalardır.

Literatürde işbirliği dikey ve yatay olmak üzere iki tip olarak incelenmiştir. Dikey işbirliği aynı tedarik zinciri içinde yer alan firmalar arasında gerçekleşirken, yatay işbirliği ise farklı tedarik zincirleri içinde bulunan firmalar arasında gerçekleşmektedir.

Bu çalışmada ise tedarik zincirlerindeki yatay işbirliği ele alınmıştır. Yatay işbirliğinin potansiyel faydaları ürün taşınması sırasında yapılan yük birleştirme ölçek ekonomilerinden faydalanma ve bu sayede taşıma maliyetlerinin büyük ölçüde azaltılması, taşıma sıklıklarının artmasıyla servis seviyesinin artırılması böylece müşteri memnuniyetinin artırılması, yine yük birleştirme sayesinde daha az araç kullanımı sonucunda negatif çevresel etkilerinin azaltılmasıdır.

Bu tez çalışması ile işbirliğinin nasıl kurulması gerektiği, işbirliğine kimlerin dâhil edilmesi gerektiği, potansiyel tesislerden hangilerinin seçileceği, ortaya çıkan maliyetler ve elde edilen kârların işbirlikçiler arasında nasıl paylaşılacağı sorularına cevap aranmaktadır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde dikey tedarik zincirlerinde yapılan işbirlikleri konusu üzerinde oldukça fazla durulmuştur ancak yatay işbirliği konusu son yıllarda ivme kazanmaya başlamıştır. Bu konuda literatürde yapılan çalışmalar üç başlıkta incelenmiştir. Bu başlıklar; tedarik zinciri ve ağ tasarımı çalışmaları, yer seçimi çalışmaları ve işbirliği çalışmalarıdır.

2.1. Tedarik Zinciri ve Ağ Tasarımı Çalışmaları

Vidal vd. [1] literatürdeki stratejik üretim dağıtım modellerinin geniş bir incelemesini yapmıştır. Bölgesel ve uluslararası stratejik üretim-dağıtım modellerinin ayrımı yapılmış ve uluslararası modellerin zorlukları açıklanmıştır. Çalışma dört kısımdan oluşmaktadır bunlar: geçmiş araştırmalar, optimizasyon modelleri, modelleme için ilave (additional) konular, vaka analizleri ve uygulamalarıdır. Bu çalışmadaki en önemli bölüm MIP (karışık tam sayılı programlama) modellerinin, amaç fonksiyonunda göz önüne alınan durumları, kısıtları ve çözüm yöntemlerinin kendine özgü karakteristiklerini içeren ana karakteristiklerinin belirlenmesidir ve incelenen her bir çalışma için bu özellikler açıklanmıştır.

Beamon [2] azalan kaynaklar, kısalan yaşam ömürleri, küreselleşen pazar ekonomileri gibi etkenler nedeniyle maliyetlerin artması tedarik zincirindeki öğelerin ayrı ayrı incelenmesi yerine bir bütün olarak ele alınmaya başlandığını belirtmiştir. Bu makalede literatürdeki modeller dört kategoride incelenmiştir. Bunlar; değişkenlerin bilindiği deterministik analitik modeller, en az bir değişkeninin bilinmediği ve belli bir olasılık dağılımına uyduğu stokastik analitik modeller, ekonomik modeller ve simülasyon modelleridir. Her bir kategorideki ilgili çalışmalar özetlenmiştir.

2.2. Yer Seçimi Çalışmaları

Ağ yer seçimi problemleri ağa yeni tesisler eklenmesi gerektiğinde ortaya çıkmaktadır. Tansel vd. [3] literatürdeki p-merkez ve p-medyan problemlerinin farklı

ağlar üzerindeki çalışmalarının özetleri sunulmuştur, buna ek olarak p-merkez ve p-medyan problemlerinin çözüm yöntemleri incelenmiş ve bu problemlerin stokastik versiyonlarıyla ilgili çalışmalar yapıldığından da bahsedilmiştir.

Tansel vd. [4] karşılıklı iletişim halindeki minimaks ve minitoplam yer seçimi problemlerini, çoklu amaç fonksiyonuna sahip yer seçimi problemlerini, rotaların yerini içeren problemleri içermektedir. Bunun yanında ağ yer seçimi problemlerindeki konveksite durumları da incelenmiştir. Bu çalışma bütün ağ yapılarının ağaç yapısında olduğu varsayımı altında yapılmıştır.

Kırk yılı aşkın süredir kesikli ve sürekli tesis yerleşimi (siting) optimizasyonu pek çok araştırmaya konu olmuştur. Araştırmacılar bankalar, fabrikalar, perakende satış tesisleri gibi özel sektör ve ambulanslar, klinikler gibi kamu sektörüne ait konularda algoritmalar ve formülasyonlar üzerine yoğunlaşmıştır. ReVelle ve Eiselt'in [5] çalışmasında merkez, medyan, capture gibi problemler incelenmiş ve farklı amaç fonksiyonları açıklanmıştır. Bunun yanında literatürde ele alınan ağ üzerindeki yer seçimi problemleri özetlenmiştir. Makalede, doğrusal olmayan modeller ve 0-1 değişkenlerinin kullanılmasının yarattığı zorluklar neticesinde bu alanın pek çok araştırmacı için gelişmekte olan bir alan haline geldiği anlatılmış ve geçmiş tesis yer seçimi modelleri özetlenmiştir. Ancak benzer alanların aksine bu alanda belirgin uygulama eksiklerinin olduğu saptanmıştır.

Ana dağıtım üssü yer seçimi problemi, orijin ve varış noktası arasındaki trafiğin rotalanması için ana dağıtım üssü tesislerinin yerlerini bulup, bu tesislerden hizmet alacak talep noktalarının ana dağıtım üssü tesislerine tahsis edilmesidir. Alumur ve Kara'nın [6] makalesinde tek atamalı ve çok atamalı p-ana dağıtım üssü medyan problemleri ve bunların çözüm yöntemleri incelenmiş ve gruplandırılmıştır. Ayrıca literatürde yer alan sabit maliyetli ana dağıtım üssü yer seçimi problemleri, p-ana dağıtım üssü merkez problemleri ve ana dağıtım üssü kapsama problemlerinin de özetleri ve sınıflandırılmaları sunulmuştur. Bunun yanı sıra gelecekte ana dağıtım üssü yer seçimi konusundaki trendler ve ana dağıtım üssü yer seçimi konusunun geliştirilmesi gereken yönleri verilmiştir.

Tesis yer seçimi kararları stratejik tedarik zinciri ağ tasarımı konusunda kritik bir rol oynamaktadır. Stratejik tedarik zinciri ağ tasarımı konusunda cevaplanması gereken temel sorular; hangi tesisin kullanılacağı/açılacağı ve toplam maliyeti minimize etmek için hangi müşteriye hangi tesisten hizmet verileceği sorularıdır. Melo vd. [7] tedarik zinciri yönetimi çerçevesinde çeşitli tesis yer seçimi modelleri özetlemiştir. Geçmişten günümüze kesikli tesis yer seçimi problemleri tek periyotlu ve çok periyotlu olarak incelenmiş ve bu problemler de deterministik ve stokastik modeller olarak ayrıştırılmıştır. Makalede özellikle stratejik tedarik zinciri planlaması üzerinde durulmuş ve çok çeşitli karar değişkenlerine göre literatürdeki çalışmalar analiz edilmiştir. Ayrıca finansal konular, risk yönetimi ve BOM (Bill of Materials-Ürün Ağacı) kısıtlarını içeren, çok periyotlu problemler gibi diğer hususlardaki çalışmalar incelenmiştir. Bunun yanı sıra literatürdeki problemlerde yer alan tedarik zinciri performans ölçütleri ve optimizasyon teknikleri analiz edilmiş ve son olarak da çeşitli üretim endüstrilerindeki tesis yer seçimi modelleri bir özeti sunulmuştur.

Campbell ve O'Kelly'nin [8] çalışmasının amacı geçmişte yapılmış taşıma tabanlı ana dağıtım üssü yer seçimi araştırmalarının temellerini sunmak, ana dağıtım üssü yer seçimi araştırmalarının güncel durumlarını yorumlamak ve gelecek 25 yılda gerçekleşecek ana dağıtım üssü yer seçimi araştırmalarına önerilerde bulunmaktır. Makalede ana dağıtım üssü yer seçimi problemleri açıklanmış ve ana dağıtım üssü yer seçimi problemleri ile ağ tasarımı problemleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Ana dağıtım üssü ağlarının bileşenleri açıklanmış, taşıma ve telekomünikasyon alanlarındaki ağlar incelenmiştir. Literatürde ele alınmış olan temel ana dağıtım üssü yer seçimi problemleri ve bunların çözüm yöntemleri ile dinamik ana dağıtım üssü yer seçimi, rekabetçi ana dağıtım üssü yer seçimi gibi güncel ana dağıtım üssü yer seçimi çalışmalarındaki farklılıklar sunulmuştur.

Harks ve Falkenhausen'nin [9] makalesinde işbirlikçi tesis yer seçimi oyunlarında maliyet paylaşımını yapabilmek için literatürde daha önce tanımlanmış olan protokollerden yararlanılmıştır. Bu protokolleri sağlayabilmek için Nash dengesi kullanılarak oyuncular arasındaki maliyet dağıtım dengesi sağlanmaya çalışılmıştır. Oyuncuların katlanması gereken maliyetler olarak yükleme kaynaklı maliyetler, oyuncu spesifik gecikmelerden dolayı oluşan maliyetler ve tesis açma maliyetleri göz

önünde bulundurulmuştur. Kullanılan model kapasiteli tesis yer seçimi problemlerinin oyuncuların tesis maliyetine ortak olarak katlandıkları özel bir durumu olarak ifade edilmiştir. Çalışmada maliyet dağıtımını sağlayabilmek için iki algoritma geliştirilmiştir.

2.3. İşbirliği Çalışmaları

Pal ve Tardos [10] bir tesisi ortak olarak açmak ve kullanmak isteyen firmaların maliyet paylaşımı problemini ele almıştır. Maliyet paylaşımından beklenen adil bir paylaşımın yapılabilmesidir. Buradaki varsayım, her potansiyel kullanıcının bu koalisyonda kalmak için bir fayda değerinin olmasıdır. Eğer kullanıcıdan elde edeceği faydadan daha fazla bir maliyete katlanması beklenirse, bu durumda o kullanıcı koalisyonu terk edecektir.

Groothedde vd. [11] işbirlikli ana dağıtım üssü ağlarının birleştirilen akışlar sayesinde artan lojistik maliyetlerinin azaltılmasına ve servis seviyelerinin iyileştirilmesine katkı sağlayabileceği ve bu sayede ölçek ekonomilerinin elde edilebileceğinden bahsetmiştir. İşbirliği ile bir intermodal (birden fazla taşıma modu içeren ancak modlar arasında elleçleme yapılmayan) ana dağıtım üssü ağında, pahalı ancak hızlı ve esnek taşıma yollarıyla, yavaş ancak esnek olmayan taşıma yollarının senkronizasyonu sağlanabilecektir. Bu çalışmada intermodal ana dağıtım üssü ağlarının oluşturulmasının faydalarından ve yapısından bahsedilmiş ve bir örnek olay çalışması sunulmuştur. Artan rekabet nedeniyle eş zamanlı maliyet kontrolleri yapma ve servis seviyesini artırma zorunluğu, küçük bir kısım tedarikçinin piyasadaki üstünlüğü kurması Hollanda'daki tedarikçilerin karşılaştığı bazı zorluklardandır. Yüksek hacimli ve sık taşımalar nedeniyle ana dağıtım üssü ağı için çok elverişli olması ayrıca tedarikçi sayısının sınırlı olması sebebiyle akışların kolayca birleştirilebilmesi nedeniyle Hollanda'nın işbirlikli ana dağıtım üssü ağına başlamada büyük bir potansiyele sahip olduğundan bahsedilmiştir. Bu nedenle Hollanda'daki tedarikçileri içeren bir örnek olay çalışması yapılmıştır. Örnek olayın maliyet fonksiyonu olarak O'Kelly ve Bryan'ın inter-hub akışları için önerdiği maliyet fonksiyonları kullanılmış ek olarak da akışların birleştirilmesiyle oluşan ölçek ekonomileri de maliyet hesabına katılmıştır. Hollanda'nın dışında Hollanda ile

Almanya ve Belçika arasındaki akışları sağlayan uluslararası ana dağıtım üslerinin yer seçimi de göz önüne alınmıştır. Ana dağıtım üssü ağını tasarlamak için de bir sezgisel algoritmadan yararlanılmıştır.

Daha önceki akademik çalışmalarda tedarikçiler, üreticiler, dağıtım merkezleri, müşteriler ve lojistik servis sağlayıcıları (LSP'ler) arasındaki dikey işbirliği ağının yararları genişçe yer almıştır. Bunun yanında daha güncel araştırmalarda yatay işbirliği ile ilgili çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Bu araştırmalarda simülasyon çalışmalarıyla potansiyel maliyet tasarrufları ve sınırlı sayıdaki başarılı durumun raporlanması yapılmıştır. Cruijsen vd.'nin [12] makalesinin özelliği yatay işbirliğinin potansiyel faydalarının yanında lojistik işbirliğinin başlatılması ve sürdürülmesinin başlıca zorluklarını geniş ölçekli bir çalışma ile ele alan ilk makale olma özelliği taşımaktadır. Bu makalede işbirliği seçimi, kârın paylaşılması, işbirlikçiler arasındaki bilgi-iletişim teknolojisi ve yapısal eşitsizlikler ile ilgili önermeler geliştirilmiştir. 16 önerme içeren bir anket hazırlanmış ve bu anket 1537 Flaman lojistik servis sağlayıcısına gönderilmiş ve pilot görüşmeler yapılmıştır. Hem avantaj hem de dezavantaj olarak bakıldığında anketi yanıtlayanların bütün önermelere katılma oranlarının katılmama oranlarına göre belirgin derecede yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca lojistik servis sağlayıcıların en çok dezavantaj olarak gördükleri önermelerin; herkesi tatmin edecek şekilde güvenilir bir koalisyon oluşturmak ve adil bir maliyet-tasarruf mekanizmasının oluşturulması olduğu ortaya çıkmıştır. Bunun yanında en çok avantaj olarak görülen önerme ise yatay işbirliğinin firmaların temel faaliyetlerindeki verimliliği arttıracığıdır.

Verstrepen vd.'nin [13] makalesinde literatürdeki çalışmalardan ve Belçika'nın Flandre bölgesi ve Hollanda'da gerçekleştirilen güncel araştırmalardan yararlanarak lojistikteki yatay işbirliğini sınıflandırabilmek için bir çerçeve sunulmuştur. Literatürün yatay işbirliği konusunda oldukça noksan yönleri olduğuna işaret edilmiştir. Yapılan bu iki güncel araştırmadaki görüşmelerden elde edilen başarı ve başarısızlık faktörleri ile yatay işbirliği sağlamanın ve işbirliğini yönetmenin kontrol edilebilecek bir süreç olduğu belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada lojistikte yatay işbirliğinin oluşturulması ve yönetilmesi için aşamalı olarak yapılması gerekenler ve her bir aşamada bir sonrakine devam edip etmeme kararının alındığı açıklanmıştır.

Bu aşamalar stratejik pozisyon alma, tasarım, uygulama ve değerlendirme aşamalarıdır. Son olarak da aşamalı olarak açıklanan bu sürecin Flandre bölgesindeki dört şirket için başarılı bir işbirliği sağlayarak doğrulandığı belirtilmiştir.

Mutlu ve Çetinkaya'nın [14] çalışmasında ortak taşıyıcı kullanımının ekonomik olacağı dış taşımalar için bu karma politikaları bulabilmek amacıyla analitik modeller geliştirilmiştir. Ayrıca optimal politika parametreleri için algoritmik yaklaşımlar önerilmiştir. Makalede birincisi zaman tabanlı taşıma birleştirme politikası ve ikincisi de miktar bazlı taşıma birleştirme politikası olmak üzere iki adet karma politika sunulmuştur. Ele alınan model için bazı varsayımlarda bulunulmuş ve ortak taşıyıcı maliyet fonksiyonunun yapısı bizim çalışmamızda yaptığımız gibi taşınan miktara bağlı olarak parçalı fonksiyon olarak verilmiştir.

Tedarik zincirlerindeki taşımaların CO₂ emisyonuna büyük bir etki yaptığı bilinmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda taşıma verimliliği ile CO₂ emisyonu arasında güçlü bir korelasyon olduğu bulunmuştur. Bu nedenle yük taşıma verimliliğinin artırılması CO₂ emisyonunun ana sebeplerinden birinin azalmasına yardımcı olacaktır. Bu sebeple Ballot ve Fontane'in [15] makalesinde sadece taşıma nedeniyle oluşan emisyon odaklanılmaktadır. Bu araştırmanın amacı olabilecek durumları gözlemleyerek Fransa'daki perakende zincirinde belirgin bir emisyon azaltılmasını; firmalar arasında yatay lojistik işbirliği ile tedarik ağını birleştirerek göstermektir. Bu problemde kullanılan veriler Fransa'daki iki ana perakendeciden elde edilmiş olup 2006 yılının ilk 20 haftasının verilerini içermektedir. Bu veriler kullanılarak iki adet senaryo geliştirilmiştir. Senaryoların uygulamaya konulabilmesi için her bir paydaş açısından maliyet verimliliği ve emisyon verimliliğinin bulunması gerekmektedir. Ayrıca düşük ve yüksek hacimli paydaşlarının işbirliği sonucunda düşük hacimli tedarikçilerin taşıma açısından gelişme sağlayarak bundan avantaj elde edeceği ancak, yüksek hacimli tedarikçilerin zaten kamyon doluluğunu sağlayabildikleri için bundan elde edecekleri faydanın ne olduğunun, bunun yanı sıra farklı ortaklar için işbirliğinin olurluluğunun araştırılmasının gerektiğini belirtmişlerdir.

Küresel ekonomi ve çetin rekabet koşulları nedeniyle firmalar müşterilerinin taleplerini karşılayabilmek için taşıma faaliyetini yoğun olarak kullanmaktadır. Ancak küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının büyük bir çoğunluğu taşıma sektöründeki faaliyetlere dayanması, taşıma verimliliğinin arttırılmaya çalışılmasına neden olan sebeplerden birisidir. Taşıma verimliliğinin arttırılması da yük birleştirme ile mümkündür. Bu sayede daha az maliyet, daha az envanter kullanmak ve servis seviyesini arttırmak sağlanabilecek sonuçlardandır. Pan vd.'nin [16] çalışmasında amaçlanan sürdürülebilir gelişme için sera gazları emisyonunu, özellikle de CO₂ emisyonunu, yük birleştirme ile azaltmanın etkilerini değerlendirmektir. Fransa'da yapılan bu çalışmada kullanılan veriler, bir Fransız firmasından temin edilmiş olup, 2 tedarik zinciri ile 106 ortak tedarikçinin akışlarından oluşmaktadır. CO₂ emisyonunun azaltılması farklı tedarik zincirlerindeki farklı akışları birleştirerek kamyonların doluluk oranlarının arttırılmasıyla mümkündür. Bu açıdan amaç fonksiyonunda maliyetin yanı sıra CO₂ emisyonu kriterinin de eklenmesi gerekir bunun için bir emisyon fonksiyonu daha önceki araştırmalardan yararlanılarak oluşturulmuştur. Emisyon fonksiyonu oluşturulurken kara ve demir yolu taşımacılığı ele alınmıştır.

Audy vd.'nin [17] makalesinde lojistik işbirliğinin sağlanması iki aşamada değerlendirilmiştir. Birinci aşamada işbirliğinin oluşturulması için yapılacak faaliyetler açıklanmıştır bunlar; işbirliğinin amaçlarının, lojistik faaliyetler ve işbirliğinin seviyesinin, işbirliğinin formunun (yatay, dikey ya da yatay ve dikey) belirlenmesi ve partner seçiminin yapılmasıdır. İkinci aşama ise işbirliğinin yönetilmesidir. Bu aşamada yapılacak faaliyetler de sorumlulukların kararlaştırılması, işbirliğinin liderinin bulunması, işbirliğinin faydalarının (nitel ve nicel) bulunması olarak açıklanmıştır. Makalede 5 adet koordinasyon mekanizması ile bilgi paylaşımının ve lojistik faaliyetlerin koordinasyonunun nasıl sağlanacağı, kârın nasıl paylaşılacağı sorularının cevaplarına katkı sağlanmıştır. Ayrıca farklı ülkelerdeki örnek olay incelemeleri ile çalışmanın faydası sunulmuştur.

Vanovermeire ve Sörensen [18], makalede işbirliğinin sağladığı yararları saptamak ve bunları dağıtmak üzerine bir çalışma yapılmış ve bunu sağlamak için maliyet dağıtım metodları kullanılmıştır. Partnerlerin ürünlerin dağıtımını konusunda ne kadar

esnek olduğu, teslim zamanı esnekliği, sipariş bölme kuralları vb., önem taşımaktadır çünkü esneklik yk birleştirmeleri arttıracadından toplam maliyeti de azaltacaktır. Bu nedenle daha esnek olan partnerin ödüllendirilerek daha az maliyete katlanması gerektiği ifade edilmiştir. Literatürde ortaya konmuş olan maliyet paylaşım yöntemleri incelenmiş, karşılaştırılmış ve partnerlerin dağıtım esnekliği olması ve olmaması durumlarında bu yöntemler ayrı ayrı incelenmiştir. Ancak iki partnerden oluşan koalisyonlarda incelenen metodların doğru sonuç vermediği ortaya konmuş ve bu durum için başka bir yaklaşım önerilmiştir.

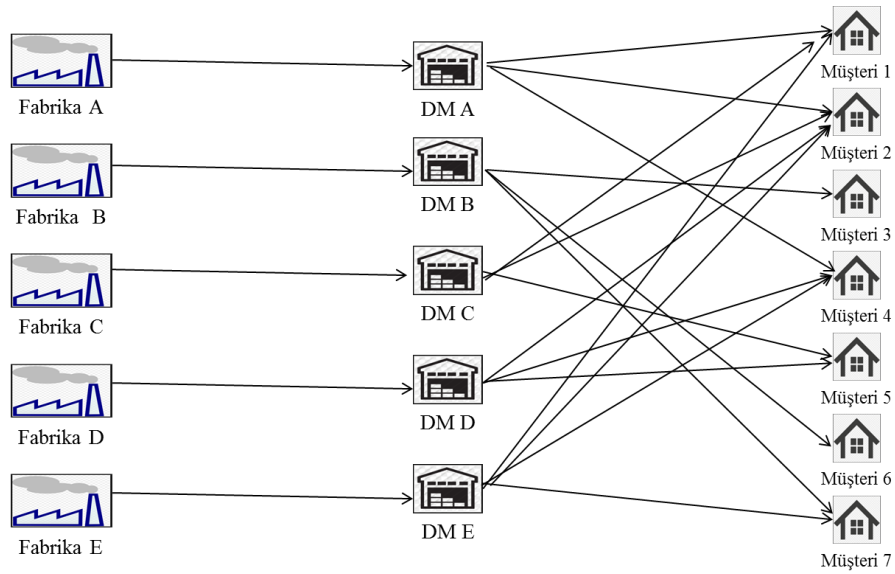
Literatürde daha önce ele alınan çalışmalarda yatay işbirliği denildiğinde lojistik işbirliği yani üçüncü parti lojistiklerde yk birleştirilmesiyle elde edilen maliyet azaltmalarından bahsedilmiştir. Ayrıca işbirliğinin kurulması ve sürdürülmesi için, partner seçim kriterleri, işbirliğinin yönetiminin nasıl yapılması gerektiği üzerine de çalışmalar yapılmıştır. Son yıllarda ise işbirliğinin ortak tesis kullanımı olarak da yapılabileceğini gösteren çalışmalar yapılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmanın amacı literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak, işbirliğinin sürdürülebilir olması için hangi firmaların işbirliğine dâhil edileceğine karar veren, her bir işbirlikçi için işbirliği sonucunda elde edilecek kârların en az işbirliğine katılmadan önceki kadar olacağını garanti eden, işbirliği için en uygun tesis yerlerini ve en uygun tesis kapasitelerini seçen, ortaya çıkan tesis maliyetlerini işbirlikçiler arasında dağıtan ve lojistik maliyetlerini de yk birleştirme ile azaltan yatay işbirliğini tedarik zinciri içinde oluşturmaktır.

3. PROBLEM TANIMI

Bu tez çalışmasında iki aşamalı bir tedarik zinciri bulunmaktadır. Tedarik zincirinde tedarikçiler ürünlerini dağıtım merkezlerine göndermekte daha sonra ürünler dağıtım merkezlerinden müşterilere gönderilmektedir. Ürünlerin talebi çok yüksek olmadığı için ürünler dağıtım merkezlerinin kapasitesini düşük oranda doldurabilmekte ve dağıtım merkezlerinden de müşterilere ürün dağıtılması sırasında az miktarda ürün gönderildiğinden yüksek maliyetle taşıma yapılmaktadır. Bu iki aşamalı tedarik zincirinde üç adet maliyet kalemi bulunmaktadır. Bunlar, tedarikçilerden dağıtım merkezlerine tam kamyon taşıma (Full Truck Load) ile ürün taşımının maliyeti, farklı kapasite seviyelerindeki dağıtım merkezini açma ve işletmenin sabit maliyeti ve dağıtım merkezlerinden müşterilere tam kamyon taşıma ve/veya bir kamyonundan az taşıma (Less Than Truck Load) ile ürün taşımının maliyetidir.

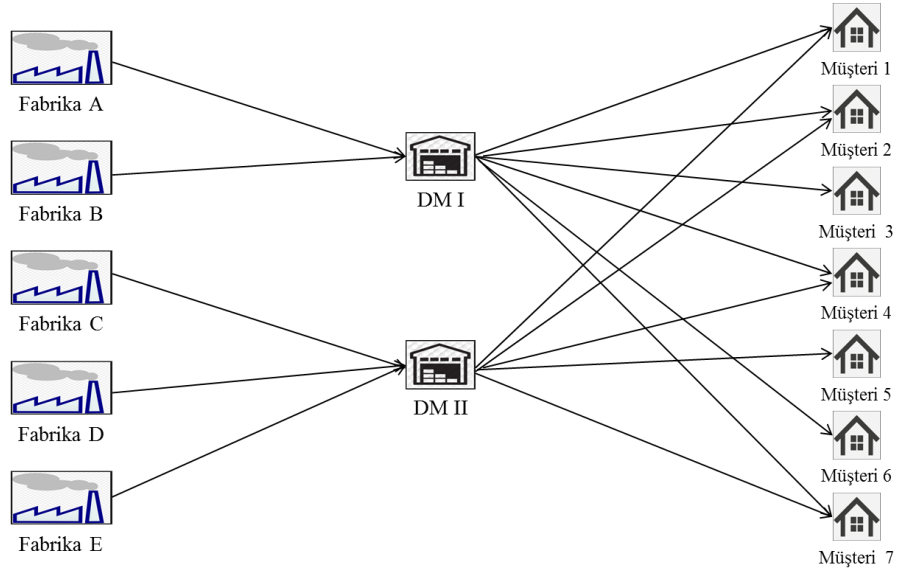
Problemi daha iyi ifade edebilmek için Şekil 3.1’de tedarik zinciri verilmiştir. Bu şekilden de görülebileceği gibi tedarik zincirinde tedarikçi sayısı kadar dağıtım merkezi bulunmakta ve dağıtım merkezlerinden müşterilere olan akışlarda çoğunlukla tam kamyon doldurulamadığından bir kamyonundan az taşıma ile ürünler ulaştırılmaktadır.



Şekil 3.1: Problemdaki İki Aşamalı Tedarik Zinciri

Bu tedarik zincirinde bir yatay işbirliğinin kurulması halinde yukarıda belirtilen yüksek maliyet kalemleri azaltılabilecektir. Bu çalışmada önerilen, dağıtım merkezlerinin işbirlikçiler arasında ortak olarak kullanıldığı, bu sayede yapılacak yük birleştirme ile taşıma maliyetlerinin de azaltıldığı bir tedarik zinciridir. Dağıtım merkezlerinin ortak olarak açılması ve kullanılması tedarikçiler açısından oldukça kârlı olacaktır çünkü tek başlarına kapasite olarak da dolduramadıkları dağıtım merkezleri için tesis açma maliyetlerine tek başlarına katlanmış olmayacaklardır. Ayrıca bir kamyonun az taşıyacağı kullanılan parçalı maliyet fonksiyonu gereğince ne kadar çok yük taşınırsa birim taşıma maliyeti azaltılacağından tedarikçiler için ikinci aşamadaki taşıma maliyetleri de azaltılmış olacaktır. Bunun yanı sıra bir kamyonun az taşımaya göre daha az maliyetli olan tam kamyon taşıma ile ürün taşınmasına da daha çok olanak sağlanabilecektir.

Şekil 3.2’de ise yatay işbirliğinin sağlanması halinde oluşacak örnek bir tedarik zinciri verilmiştir. Bu örnek tedarik zincirinde fabrikalar ürünlerini yatay işbirliğinde ortak olan açılan dağıtım merkezlerine tam kamyon taşıma ile göndermekte daha sonra dağıtım merkezlerinde birleştirilen yükler müşterilere tam kamyon taşıma ve/veya bir kamyonun az taşıma ile taşınmaktadır.



Şekil 3.2: Yatay İşbirliğinin Sağlanması Halinde Örnek Tedarik Zinciri

Bu çalışmada bazı varsayımlar yapılmıştır. Bu varsayımlar aşağıdaki gibidir;

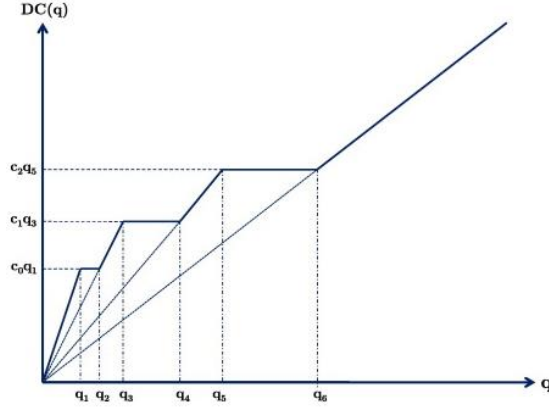
- İşbirliği kurulduktan sonra yeni bir firma eklenemez.
- İşbirliğine dâhil edilen firmaların müşteri talepleri karşılanmalıdır.
- Dağıtım merkezlerindeki elleçleme maliyetleri ihmal edilmiştir.
- İki nokta arasındaki uzaklık Öklid uzaklığı olarak alınmıştır.

Bu çalışma ile amaçlanan, işbirlikçilere en yüksek kârı sağlayan yatay işbirliğini bulmak, işbirliği için en uygun kapasitelere sahip en uygun tesis yerlerini seçmek ve işbirliğindeki maliyet dağıtımını işbirliğinin sürdürülebilir olması açısından adil bir şekilde yapmaktır.

Problemdaki bir kamyonun az taşıma (LTL) maliyetleri için literatürde bulunan sınıflardan ve ağırlık kırılma noktalarından yararlanılmıştır ve altı adet ağırlık kırılma noktası kullanılmıştır. 500'den az, 1000'den az, 1000'den fazla, 2000'den fazla, 5000'den fazla, 10000'den fazla ve 20000'den fazla olan bu ağırlık kırılma noktaları ve birim fiyatlar Tablo 3.1'de verilmiştir. Ağırlıklar kilogram cinsinden olup, oluşan LTL maliyetlerini hesaplayabilmek için ise doğrusal parçalı maliyet fonksiyonundan yararlanılmıştır. Doğrusal parçalı maliyet fonksiyonu ise Şekil 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.1: LTL Ağırlık Kırılma Noktaları

Ağırlık Kırılma Noktaları (Kg)	L5C	L1M	M1M	M2M	M5M	M10M	M20M
Birim Fiyatlar	184,96	146,72	113,02	92,84	76,39	61,01	51,87



Şekil 3.3: Doğrusal Parçalı Maliyet Fonksiyonu (Mutlu F. ve Çetinkaya S., [14])

LTL maliyetleri hesaplanırken taşınacak ürün ağırlığının hangi ağırlık kırılma noktaları arasına düştüğü bulunur. Her aralık için Tablo 3.1'deki gibi birim ağırlık başına maliyet değerleri bulunmaktadır. Bu maliyet değerleri ile gönderi ağırlığı çarpılarak taşıma maliyetleri elde edilmektedir.

LTL maliyetleri bir parçalı maliyet fonksiyonu olduğundan maliyetler taşınan ürün ağırlığıyla doğrusal olarak artmamaktadır. Şekil 3.3'te görüldüğü gibi fonksiyonda bazı ağırlıklar için maliyet değerleri taşınan ürün miktarı ile orantılı olurken, bazı aralıklar için taşınan ürün miktarıyla orantılı olmayıp grafiğin yatay olduğu aralıklar bulunmaktadır. Bu aralıklara düşen gönderiler için bir sonraki ağırlık aralığının alt sınırına karşılık gelen fiyat uygulanmaktadır.

Birim LTL maliyetleri, gönderi ağırlığı arttıkça parçalı maliyet fonksiyonu grafiğindeki eğimlerin azalması sebebiyle düşmektedir. Yatay işbirliğinin kurulduğu durumda işbirlikçiler için yük birleştirilmesi yapılacağından, gönderilen ağırlık artacak böylece daha düşük birim maliyetli LTL aralıklarına denk gelinecek ve birim taşıma maliyetleri azaltılacaktır. Bunun yanı sıra, yük birleştirme sayesinde tam kamyon taşıma olanağı da artacak ve yine taşıma maliyetlerinde azalma sağlanacaktır.

4. GELİŞTİRİLEN ÇÖZÜM YÖNTEMİ

Çözüm yöntemi olarak iki adet matematiksel model kurulmuştur. Birinci model ile, İşbirliği Olmayan Tedarik Zinciri Modeli, amaçlanan her bir fabrika için ayrı ayrı maliyet en küçükleme yapmaktır, yani eğer fabrikalar bu tedarik zincirini tek başlarına kurmuş olsalardı en az ne kadar bir maliyete katlanmaları gerekecekti sorusuna cevap aranmaktadır. İkinci model ise, Yatay İşbirlikli Tedarik Zinciri Modeli, fabrikalar arasında işbirliğinin sağlanması halinde işbirlikçilere ilk duruma göre en fazla ne kadar kâr sağlanabilir sorusuna cevap vermektedir. Birinci modelden elde edilen çıktılar ikinci model için girdi olarak kullanılmıştır, bu sayede işbirliğinden önceki durum ve işbirliğinden sonraki durum arasında kıyaslama yapılabilmektedir. Modeller ILOG-Cplex-Opl’de kodlanmış ve Intel i5-2550K işlemcisi, 8 GB belleği ve Linux işletim sistemi olan bir bilgisayarda çözdürülmüştür.

Matematiksel modellerdeki tesisler, yani dağıtım merkezleri talep yoğunluğuna göre farklı kapasite seviyelerinde açılabilir. Tesisler için farklı kapasite seviyelerinin kullanılmasına literatürde sıklıkla rastlanmamıştır.

4.1. İşbirliği Olmayan Tedarik Zinciri Modeli

Bu model ile işbirliğine aday olan her firmanın, işbirliğine katılmadığı durumda ürünlerini önce fabrikadan dağıtım merkezine, buradan da müşterilerine yollarken katlanması gereken toplam maliyetin enazlanması amaçlanmaktadır.

4.1.1. Kümeler:

- DC Potansiyel dağıtım merkezleri kümesi
- C Müşteriler kümesi
- R Dağıtım merkezleri kapasite seviyeleri kümesi
- BL Ağırlık kırılma noktaları kümesi

4.1.2. Parametreler:

F_j^r : $r \in R$ kapasite seviyeli potansiyel $j \in DC$ dağıtım merkezini açmanın ve işletmenin sabit maliyeti

K_j^r : $r \in R$ kapasite seviyeli potansiyel $j \in DC$ dağıtım merkezinin kapasitesi

d_k : $k \in C$ müşterisinin kilogram cinsinden talebi

q_b^{jk} : $j \in DC$ dağıtım merkezinden $k \in C$ müşterisine olan güzergahta LTL tarifesindeki b . ağırlık kırılma noktası

$c_{jk}(q)$: $j \in DC$ dağıtım merkezinden $k \in C$ müşterisine LTL taşıyıcısıyla q ağırlıkta yük göndermenin maliyeti

Q^{FTL} : FTL taşıması yapan kamyonların kapasitesi

t_j : Fabrikadan $j \in DC$ dağıtım merkezine FTL ile ürün gönderirken oluşan birim kamyon maliyeti

u_{jk} : $j \in DC$ dağıtım merkezinden $k \in C$ müşterisine FTL ile ürün gönderirken oluşan birim kamyon maliyeti

4.1.3. Karar Değişkenleri:

z_j = Fabrikadan $j \in DC$ dağıtım merkezine gönderilecek kilogram cinsinden ürün miktarı

$y_j^r = \begin{cases} 1, & \text{eğer } r \in R \text{ kapasite seviyeli } j \in DC \text{ dağıtım merkezi açıldıysa} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$

x_{jk}^{LTL} = $j \in DC$ dağıtım merkezinden $k \in C$ müşterisine LTL ile gönderilecek kilogram cinsinden ürün miktarı

x_{jk}^{FTL} = $j \in DC$ dağıtım merkezinden $k \in C$ müşterisine FTL ile gönderilecek kilogram cinsinden ürün miktarı

m_j^{FTL} = Fabrikadan $j \in DC$ dağıtım merkezine FTL ile ürün gönderirken kullanılan kamyon sayısı

n_{jk}^{FTL} = $j \in DC$ dağıtım merkezinden $k \in C$ müşterisine FTL ile ürün gönderirken kullanılan kamyon sayısı

f_j = Fabrikanın $j \in DC$ dağıtım merkezine ürün yollarken katlanacağı maliyet

C_{jk}^{FTL} = $j \in DC$ dağıtım merkezinden $k \in C$ müşterisine gönderilecek kilogram cinsinden ürünü tam kamyon taşıma (FTL) ile taşımanın maliyeti

C_{jk}^{LTL} = $j \in DC$ dağıtım merkezinden $k \in C$ müşterisine gönderilecek kilogram cinsinden ürünü bir kamyonun az taşıma (LTL) ile taşımanın maliyeti

$e_b^{jk} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } j \in DC \text{ dağıtım merkezinden } k \in C \text{ müşterisine gönderilen ağırlık} \\ & b \text{ ile } b+1 \text{ ağırlık kırılma noktaları arasında ise} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$

$a_b^{jk} = j \in DC$ dağıtım merkezinden $k \in C$ müşterisine bir kamyonun az ürün gönderilirken parçalı doğrusal maliyet hesabında b kırılma noktasına verilen ağırlık

4.1.4. Model Formülasyonu:

$$\text{Minimize} \quad \sum_{j \in DC} f_j + \sum_{j \in DC} \sum_{r \in R} F_j^r \cdot y_j^r + \sum_{j \in DC} \sum_{k \in C} (C_{jk}^{LTL} + C_{jk}^{FTL})$$

$$\text{subject to} \quad \sum_{r \in R} y_j^r \leq 1 \quad \forall j \in DC \quad (1)$$

$$\sum_{j \in DC} (x_{jk}^{LTL} + x_{jk}^{FTL}) = d_k \quad \forall k \in C \quad (2)$$

$$z_j = \sum_{k \in C} (x_{jk}^{LTL} + x_{jk}^{FTL}) \quad \forall j \in DC \quad (3)$$

$$z_j \leq \sum_{r \in R} K_j^r \cdot y_j^r \quad \forall j \in DC \quad (4)$$

$$z_j \leq Q^{FTL} * m_j^{FTL} \quad \forall j \in DC \quad (5)$$

$$f_j = t_j * m_j^{FTL} \quad \forall j \in DC \quad (6)$$

$$x_{jk}^{FTL} \leq Q^{FTL} * n_{jk}^{FTL} \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (7)$$

$$C_{jk}^{FTL} = u_{jk} * n_{jk}^{FTL} \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (8)$$

$$x_{jk}^{LTL} = \sum_{b \in BL} a_b^{jk} q_b^{jk} \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (9)$$

$$C_{jk}^{LTL} = \sum_{b \in BL} a_b^{jk} c(q_b^{jk}) \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (10)$$

$$\sum_{b \in BL: b < |BL|} e_b^{jk} = 1 \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (11)$$

$$a_0^{jk} \leq e_0^{jk} \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (12)$$

$$a_b^{jk} \leq e_{b-1}^{jk} + e_b^{jk} \quad \forall b \in BL: b > 1, \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (13)$$

$$a_b^{jk} \leq e_{b-1}^{jk} \quad b = |BL|, \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (14)$$

$$\sum_{b \in BL} a_b^{jk} = 1 \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (15)$$

$$x_{jk}^{LTL} \geq 0 \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (16)$$

$$x_{jk}^{FTL} \geq 0 \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (17)$$

$$y_j^r \in \{0,1\} \quad \forall j \in DC, \forall r \in R \quad (18)$$

$$z_j \geq 0 \quad \forall j \in DC \quad (19)$$

$$C_{jk}^{LTL} \geq 0 \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (20)$$

$$C_{jk}^{FTL} \geq 0 \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (21)$$

$$m_{jk}^{FTL} \in \mathbb{Z} \geq 0 \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (22)$$

$$n_{jk}^{FTL} \in \mathbb{Z} \geq 0 \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (23)$$

$$e_b^{jk} \in \{0,1\} \quad \forall b \in BL, \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (24)$$

$$a_b^{jk} \geq 0 \quad \forall b \in BL, \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (25)$$

$$f_j \geq 0 \quad \forall j \in DC \quad (26)$$

4.1.5. Kısıt Açıklamaları

- (1) Her dağıtım merkezi sadece bir kapasite seviyesinde açılabilir.
- (2) Her müşterinin talebi karşılanmalıdır.
- (3) Her bir dağıtım merkezine fabrikadan gönderilen ürün miktarı ile dağıtım merkezinden müşterilere gönderilecek olan ürün miktarı eşit olmalıdır. Bu kısıt akış dengesinin sağlamaktadır.
- (4) Dağıtım merkezlerine kapasitelerinin üstünde ürün gönderilemez.
- (5) Fabrikadan dağıtım merkezlerine gönderilen ürün miktarı toplam araç kapasitesinin üstünde olamaz.
- (6) Fabrikadan dağıtım merkezlerine ürün gönderme maliyeti kullanılan araç sayısı ile birim kamyon maliyetinin çarpımına eşittir.
- (7) Dağıtım merkezlerinden müşterilere FTL ile gönderilen ürün miktarı toplam araç kapasitesinin üstünde olamaz.
- (8) Dağıtım merkezlerinden müşterilere FTL ile ürün gönderme maliyeti kullanılan araç sayısı ile birim kamyon maliyetinin çarpımına eşittir.

(9), (10), (11), (12), (13), (14), (15) numaralı kısıtlar parçalı maliyet hesabını ifade etmektedir. Bu kısıtlar ile dağıtım merkezlerinden müşterilere bir kamyonun az taşıma ile gönderilen ürünlerin maliyeti hesaplanmaktadır. Bunun için öncelikle dağıtım merkezinden müşterilere gönderilen ürünlerin ağırlıklarının hangi ağırlık kırılma noktaları arasına düştüğü bulunur. Ağırlık kırılma noktaları bulunduğundan sonra ise doğrusal parçalı maliyet fonksiyonunda bu ağırlık kırılma noktalarına karşılık gelen maliyetler bulunur. Bu maliyetlerden küçük olanı bir kamyonun az taşıma maliyetine karşılık gelir.

(16), (17), (18), (19), (20), (21), (22), (23), (24), (25), (26) numaralı kısıtlar ise işaret kısıtlarıdır.

4.2. Yatay İşbirlikli Tedarik Zinciri Modeli

Yatay İşbirlikli Tedarik Zinciri Modeli ile amaçlanan, İşbirliği Olmayan Tedarik Zinciri Modeli'ndeki fabrikaların hem ürün taşınması yaparken de dağıtım merkezini açarken ve kullanırken bir araya gelerek maliyet paylaşımı yaptıkları bir işbirliğinin kurulması durumunda her bir fabrika için en fazla ne kadar kâr elde edilebileceğinin bulunmasıdır. Bu model ile hangi fabrikaların işbirliğine dâhil edileceğine de karar verilmektedir bu sayede işbirliği için en yüksek kârın sağlanması amaçlanmaktadır. İşbirliği için olabilecek en yüksek kârın elde edilmesi işbirliğinin sürdürülebilmesi açısından önemlidir. Bu model sayesinde işbirliğine dâhil edilen fabrikalar için taşımalar ve tesis açma maliyetleri paylaşılacağından, işbirlikçiler için büyük oranda maliyet azaltılması sağlanacaktır.

İki modelin karşılaştırılmasının yapılabilmesi için İşbirliği Olmayan Tedarik Zinciri Modeli'nden elde edilen optimal maliyet çıktıları Yatay İşbirlikli Tedarik Zinciri Modeli için girdi olarak kullanılmıştır. Bu sayede fabrikalar için yatay işbirliğine katılmadan önce ve sonraki durumları için tasarruf değerlerinin kıyaslaması yapılabilmektedir.

4.2.1. Kümeler:

- S Fabrikalar kümesi
- DC Potansiyel dağıtım merkezleri kümesi
- C Müşteriler kümesi
- R Dağıtım merkezleri kapasite seviyeleri kümesi
- BL Ağırlık kırılma noktaları kümesi

4.2.2. Parametreler:

- F_j^r : $r \in R$ kapasite seviyeli potansiyel $j \in DC$ dağıtım merkezini açmanın ve işletmenin sabit maliyeti
- K_j^r : $r \in R$ kapasite seviyeli potansiyel $j \in DC$ dağıtım merkezinin kapasitesi

- d_{sk} : $k \in C$ müşterisinin $s \in S$ fabrikasının ürettiği ürün için kilogram cinsinden talebi
- q_b^{jk} : $j \in DC$ dağıtım merkezinden $k \in C$ müşterisine olan güzergahta LTL tarifesindeki b . ağırlık kırılma noktası
- $c_{jk}(q)$: $j \in DC$ dağıtım merkezinden $k \in C$ müşterisine LTL taşıyıcısıyla q ağırlıkta yük b . ağırlık kırılma noktası göndermenin maliyeti
- I_s : $s \in S$ fabrikasının tek başına toplam optimal maliyeti
- I_s^{IB} : $s \in S$ fabrikasının tek başına gelen akış maliyeti
- I_s^{FDC} : $s \in S$ fabrikasının tek başına tesis açma maliyeti
- I_s^{OB} : $s \in S$ fabrikasının tek başına çıkan akış maliyeti
- Q^{FTL} : FTL taşınması yapan kamyonların kapasitesi
- t_{sj} : $s \in S$ fabrikasından $j \in DC$ dağıtım merkezine FTL ile ürün gönderirken oluşan birim kamyon maliyeti
- u_{jk} : $j \in DC$ dağıtım merkezinden $k \in C$ müşterisine FTL ile ürün gönderirken oluşan birim kamyon maliyeti

4.2.3. Karar Değişkenleri:

- z_{sj} = $s \in S$ fabrikasından $j \in DC$ dağıtım merkezine gönderilecek kilogram cinsinden ürün miktarı
- $y_j^r = \begin{cases} 1, & \text{eğer } r \in R \text{ kapasite seviyeli } j \in DC \text{ dağıtım merkezi açıldıysa} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$
- x_{jk}^{LTL} = $j \in DC$ dağıtım merkezinden $k \in C$ müşterisine LTL ile gönderilecek kilogram cinsinden ürün miktarı
- x_{jk}^{FTL} = $j \in DC$ dağıtım merkezinden $k \in C$ müşterisine FTL ile gönderilecek kilogram cinsinden ürün miktarı
- x_{sjk} = $s \in S$ fabrikasından $j \in DC$ dağıtım merkezi kanalı ile $k \in C$ müşterisine gönderilecek kilogram cinsinden ürün miktarı
- m_{sj}^{FTL} = $s \in S$ fabrikasından $j \in DC$ dağıtım merkezine FTL ile ürün gönderirken kullanılan kamyon sayısı

n_{jk}^{FTL} = $j \in DC$ dağıtım merkezinden $k \in C$ müşterisine FTL ile ürün gönderirken kullanılan kamyon sayısı

C_{jk}^{LTL} = $j \in DC$ dağıtım merkezinden $k \in C$ müşterisine gönderilecek kilogram cinsinden ürünü bir kamyonun az taşıma (LTL) ile taşımanın maliyeti

C_{jk}^{FTL} = $j \in DC$ dağıtım merkezinden $k \in C$ müşterisine gönderilecek kilogram cinsinden ürünü tam kamyonun taşıma (FTL) ile taşımanın maliyeti

$$e_b^{jk} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } j \in DC \text{ dağıtım merkezinden } k \in C \text{ müşterisine gönderilen ağırlık} \\ & b \text{ ile } b+1 \text{ ağırlık kırılma noktaları arasında ise} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

a_b^{jk} = $j \in DC$ dağıtım merkezinden $k \in C$ müşterisine bir kamyonun az ürün gönderilirken parçalı doğrusal maliyet hesabında b . kırılma noktasına verilen ağırlık

π = Minimum toplam tasarruf oranı

π_{IB} = Minimum gelen akış tasarruf oranı

π_{FDC} = Minimum dağıtım merkezi tasarruf oranı

π_{OB} = Minimum çıkan akış tasarruf oranı

f_{sj} = $s \in S$ fabrikasının $j \in DC$ dağıtım merkezine ürün yollarken katlanacağı maliyet

g_{sj} = $s \in S$ fabrikasının $j \in DC$ dağıtım merkezini açmak için katlanacağı maliyet

h_{sjk} = $s \in S$ fabrikasının $j \in DC$ dağıtım merkezinden $k \in C$ müşterisine ürün yollarken katlanacağı maliyet

$$P_s = \begin{cases} 1, & \text{eğer } s \in S \text{ fabrikası işbirliğine dahil edildiyse} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

4.2.4. Model Formülasyonu:

Maximize

$$\pi + (0,01 * \pi_{IB}) + (0,01 * \pi_{FDC}) + (0,01 * \pi_{OB})$$

subject to

$$\pi \leq 1 - \frac{\sum_{j \in DC} f_{sj} + \sum_{j \in DC} g_{sj} + \sum_{j \in DC} \sum_{k \in C} h_{sjk}}{I_s} \quad \forall s \in S \quad (27)$$

$$+M(1 - P_s)$$

$$\pi \leq 1 \quad (28)$$

$$I_s^{IB} * \pi_{IB} + \sum_{j \in DC} f_{sj} + I_s^{IB} * P_s \leq 2 * I_s^{IB} \quad \forall s \in S \quad (29)$$

$$I_s^{FDC} * \pi_{FDC} + \sum_{j \in DC} g_{sj} + I_s^{FDC} * P_s \leq 2 * I_s^{FDC} \quad \forall s \in S \quad (30)$$

$$I_s^{OB} * \pi_{OB} + \sum_{j \in DC} \sum_{k \in C} h_{sjk} + I_s^{OB} * P_s \leq 2 * I_s^{OB} \quad \forall s \in S \quad (31)$$

$$\sum_{s \in S} P_s \geq 2 \quad (32)$$

$$g_{sj} \leq I_s * P_s \quad \forall j \in DC, \forall s \in S \quad (33)$$

$$h_{sjk} \leq I_s * P_s \quad \forall j \in DC, \forall k \in C, \forall s \in S \quad (34)$$

$$f_{sj} = t_{sj} * m_{sj}^{FTL} \quad \forall j \in DC, \forall s \in S \quad (35)$$

$$\sum_{s \in S} g_{sj} = \sum_{r \in R} F_j^r * y_j^r \quad \forall j \in DC \quad (36)$$

$$\sum_{s \in S} h_{sjk} = C_{jk}^{LTL} + C_{jk}^{FTL} \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (37)$$

$$\sum_{r \in R} y_j^r \leq 1 \quad \forall j \in DC \quad (38)$$

$$\sum_{j \in DC} x_{sjk} = d_{sk} * P_s \quad \forall k \in C, \forall s \in S \quad (39)$$

$$\sum_{j \in DC} z_{sj} \leq P_s * \sum_{k \in C} d_{sk} \quad \forall s \in S \quad (40)$$

$$z_{sj} \leq Q^{FTL} * m_{sj}^{FTL} \quad \forall j \in DC, \forall s \in S \quad (41)$$

$$x_{jk}^{LTL} + x_{jk}^{FTL} = \sum_{s \in S} x_{sjk} \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (42)$$

$$x_{jk}^{FTL} \leq Q^{FTL} * n_{jk}^{FTL} \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (43)$$

$$z_{sj} = \sum_{k \in C} x_{sjk} \quad \forall j \in DC, \forall s \in S \quad (44)$$

$$\sum_{s \in S} z_{sj} \leq \sum_{r \in R} K_j^r * y_j^r \quad \forall j \in DC \quad (45)$$

$$C_{jk}^{FTL} = n_{jk}^{FTL} * u_{jk} \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (46)$$

$$x_{jk}^{LTL} = \sum_{b \in BL} a_b^{jk} * q_b^{jk} \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (47)$$

$$C_{jk}^{LTL} = \sum_{b \in BL} a_b^{jk} * c(q_b^{jk}) \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (48)$$

$$\sum_{b \in BL: b < |BL|} e_b^{jk} = 1 \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (49)$$

$$a_0^{jk} \leq e_0^{jk} \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (50)$$

$$a_b^{jk} \leq e_{b-1}^{jk} + e_b^{jk} \quad \forall b \in BL: b > 1, \quad (51)$$

$$\forall j \in DC, \forall k \in C$$

$$a_b^{jk} \leq e_{b-1}^{jk} \quad b = |BL|, \quad (52)$$

$$\forall j \in DC, \forall k \in C$$

$$\sum_{b \in BL} a_b^{jk} = 1 \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (53)$$

$$x_{jk}^{LTL} \geq 0 \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (54)$$

$$x_{jk}^{FTL} \geq 0 \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (55)$$

$$x_{sjk} \geq 0 \quad \forall j \in DC, \forall s \in S, \quad (56)$$

$$\forall s \in S$$

$$y_j^r \in \{0,1\} \quad \forall r \in R, \forall j \in DC \quad (57)$$

$$z_{sj} \geq 0 \quad \forall j \in DC, \forall s \in S \quad (58)$$

$$C_{jk}^{FTL} \geq 0 \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (59)$$

$$C_{jk}^{LTL} \geq 0 \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (60)$$

$$e_b^{jk} \in \{0,1\} \quad \forall b \in BL, \forall j \in DC, \quad (61)$$

$$\forall k \in C$$

$$a_b^{jk} \geq 0 \quad \forall b \in BL, \quad (62)$$

$$\forall j \in DC, \forall k \in C$$

$$f_{sj} \geq 0 \quad \forall j \in DC, \forall s \in S \quad (63)$$

$$g_{sj} \geq 0 \quad \forall j \in DC, \forall s \in S \quad (64)$$

$$h_{sjk} \geq 0 \quad \forall j \in DC, \forall k \in C, \quad (65)$$

$$\forall s \in S$$

$$m_{jk}^{FTL} \in \mathbb{Z} \geq 0 \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (66)$$

$$n_{jk}^{FTL} \in \mathbb{Z} \geq 0 \quad \forall j \in DC, \forall k \in C \quad (67)$$

$$\pi \geq 0 \quad (68)$$

$$\pi_{IB} \geq 0 \quad (69)$$

$$\pi_{FDC} \geq 0 \quad (70)$$

$$\pi_{OB} \geq 0 \quad (71)$$

$$P_s \in \{0,1\} \quad \forall s \in S \quad (72)$$

4.2.5. Kısıt Açıklamaları:

- (27) s fabrikasının işbirliğine dâhil edilmesi durumunda işbirliği içindeki fabrikaların kâr oranlarının en az işbirliğine katılmadan önceki kadar olacağını ifade eder.
- (28) Kâr oranı 1'den büyük olamaz.
- (29) Fabrikalardan dağıtım merkezine ürün taşınması yapılırken ortaya çıkan maliyetin fabrikalar arasında adil olarak paylaşılmasını sağlar.
- (30) Dağıtım merkezi açma maliyetinin fabrikalar arasında adil olarak paylaşılmasını sağlar.
- (31) Dağıtım merkezlerinden müşterilere ürün taşınması yapılırken ortaya çıkan maliyetin fabrikalar arasında adil olarak paylaşılmasını sağlar.
- (32) İşbirliğinde en az iki fabrika bulunmalıdır.
- (33) Eğer bir fabrika işbirliğine dâhil edilmediyse o fabrikaya dağıtım merkezi açmak için maliyet atanmamalıdır.
- (34) Eğer bir fabrika işbirliğine dâhil edilmediyse o fabrikaya dağıtım merkezinden müşterilere ürün yollarken katlanılan taşıma maliyeti atanmamalıdır.

- (35) s fabrikasından dağıtım merkezlerine ürün gönderme maliyeti kullanılan araç sayısı ile birim kamyon maliyetinin çarpımına eşittir.
- (36) Açılan her tesisin sabit maliyetinin tamamı işbirliğindeki firmalara dağıtılmalıdır.
- (37) Dağıtım merkezlerinden müşterilere ürün gönderirken oluşan LTL ve FTL maliyetleri işbirliğindeki firmalara dağıtılmalıdır.
- (38) Her dağıtım merkezi sadece bir kapasite seviyesinde açılabilir.
- (39) Eğer bir fabrika koalisyona dâhil edildiyse o fabrikanın müşterisinin talebi karşılanmalıdır.
- (40) İşbirliğine dâhil edilen her firmanın açılan tesislere kendi müşteri talebi kadar ürün gönderilmelidir.
- (41) Fabrikalardan dağıtım merkezlerine gönderilen ürün miktarı toplam araç kapasitesinin üstünde olamaz.
- (42) Müşterilere bir kamyonun az taşıma ile gönderilecek ürün miktarı ve tam kamyon taşıma ile gönderilecek ürün miktarı toplamı dağıtım merkezlerinden çıkan ürün miktarına eşit olmalıdır.
- (43) Dağıtım merkezinden müşterilere FTL ile gönderilen ürün miktarı toplam araç kapasitesinin üstünde olamaz.
- (44) Her dağıtım merkezine her bir fabrikadan gönderilen ürün miktarı ile dağıtım merkezinden müşterilere gönderilecek ürün miktarı eşit olmalıdır. Bu kısıt akış dengesinin sağlamaktadır.
- (45) Fabrikalardan dağıtım merkezlerine kapasitelerinin üstünde ürün gönderilemez.
- (46) Dağıtım merkezinden müşterilere FTL ile ürün gönderme maliyeti kullanılan araç sayısı ile birim kamyon maliyetinin çarpımına eşittir.

(47), (48), (49), (50), (51), (52), (53) numaralı kısıtlar parçalı maliyet hesabını ifade etmektedir. Bu kısıtlar ile dağıtım merkezlerinden müşterilere bir kamyonun az taşıma ile gönderilen ürünlerin maliyeti hesaplanmaktadır. Bunun için öncelikle dağıtım merkezinden müşterilere gönderilen ürünlerin ağırlıklarının hangi ağırlık kırılma noktaları arasına düştüğü bulunur. Ağırlık kırılma noktaları bulunduğundan sonra ise doğrusal parçalı maliyet fonksiyonunda bu ağırlık kırılma noktalarına

karşılık gelen maliyetler bulunur. Bu maliyetlerden küçük olanı bir kamyonun taşıma maliyetine karşılık gelir.

(54), (55), (56), (57), (58), (59), (60), (61), (62), (63), (64), (65), (66), (67) (68), (69), (70), (71), (72) numaralı kısıtlar ise işaret kısıtlarıdır.

5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Matematiksel modelde kullanılan veriler tedarik zincirini gerçeğe yakın olmasını sağlamak amacıyla belirli kurallara göre ve rastgele olarak Microsoft Excel’de üretilmiştir. Tedarik zincirini 1500×1000 kilometrekarelik bir alan içerisinde kurulması düşünülmüştür. Bu alan içinde ilk olarak fabrikalar yerleştirilmiştir, fabrikalar 700×1000 kilometrekarelik alan içerisine uniform (tekbiçimli) dağılım ile dağıtılmıştır. Daha sonra müşteri kümeleri de aynı şekilde tekbiçimli dağılım ile dağıtılmıştır. Müşteriler ise, müşteri kümelerinin büyük şehirler olduğu düşünülerek yoğunlukla (%80 olasılıkla) bu müşteri kümelerinin etrafında konumlandırılmıştır. Bu konumlandırma müşteri kümelerinin merkezinden 50 kilometrelik bir yarıçapta tekbiçimli dağılımla atanmıştır. Geri kalan müşteriler de tedarik zinciri alanının içinde belirlenen kısımlara rastgele atanmıştır.

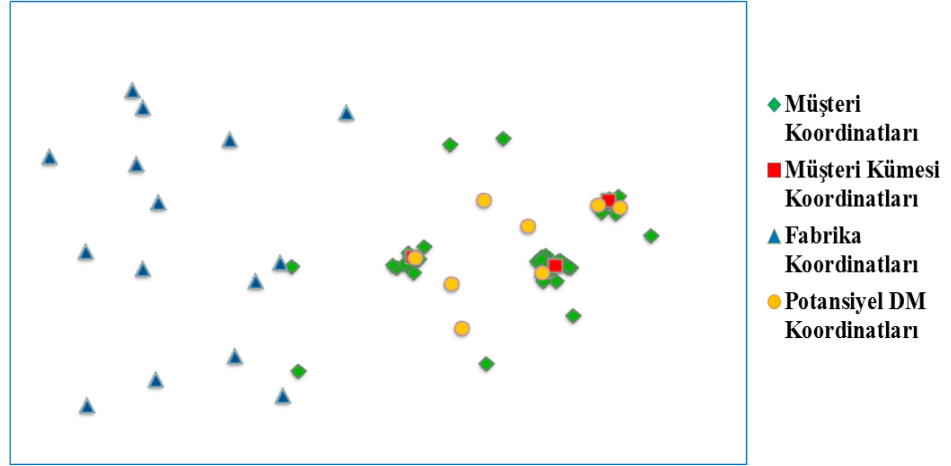
Müşteri talepleri oluşturulurken her bir müşterinin her bir fabrika için talebi %80 olasılıkla pozitif talep, %20 olasılıkla ise sıfır olarak belirlenmiştir. Pozitif talepler en çok 2500 adet olacak şekilde tekbiçimli dağılımla oluşturulmaktadır.

Potansiyel dağıtım merkezi koordinatları belirlenirken ise yukarıda açıklanan her bir koordinat ve talep verisinden yararlanılmıştır. Bu işlem şu şekilde yapılmaktadır, öncelikle her bir fabrika için ayrı ayrı müşteri talep ağırlıkları belirlenmiş ve bu ağırlıklar kullanılarak talebe göre ağırlıklandırılmış x ve y koordinatları elde edilmiştir. Daha sonra fabrikalar ve bu ağırlıklandırılmış koordinatlar arasındaki mesafe hesaplanmıştır. Rastgele olarak bu iki koordinat arasında müşterilere yakın olacak şekilde (1/4 oranında) yeni bir koordinat merkez olarak hesaplanmıştır, merkez koordinat etrafında rastgele hesaplanan yarıçapta potansiyel dağıtım merkezi koordinatları belirlenmiştir.

Dağıtım merkezi koordinatları belirlendikten sonra dağıtım merkezlerinin birbirleriyle uzaklıkları kontrol edilmiştir, burada amaçlanan yakın dağıtım merkezlerini silerek problem boyutunun gereksiz yere büyütülmesinin engellenmesidir. Bunun için dağıtım merkezleri arasındaki mesafeler küçükten

büyüğe doğru sıralanmıştır. Sıralanmış mesafelerden müşteri kümesi sayısı kadar potansiyel dağıtım merkezi noktalarından silinmiştir.

Silme işleminin ardından müşteri kümelerinin çevresine de aynı müşteri koordinatlarının belirlenmesinde olduğu gibi 50 kilometrelik bir yarıçapta birer rastgele dağıtım merkezi koordinatı hesaplanmıştır. Böylece üst üste yerleşmemiş, tedarik zinciri bölgesi içinde yayılmış potansiyel dağıtım merkezi noktaları elde edilmiştir. Şekil 5.1’de tedarik zincirindeki müşteri, müşteri kümesi, fabrika ve potansiyel dağıtım merkezi koordinatlarını içeren örnek bir koordinat dağılımı verilmiştir.



Şekil 5.1: Tedarik Zincirinde Örnek Koordinatlar

Taşıma maliyetleri hesaplanırken bir kamyonun az taşıma için daha önce de belirtildiği gibi literatürdeki ağırlık kırılma noktalarından yararlanılmış, 0’dan 20000’e kadar olan ağırlıklarda 6 adet ağırlık kırılma noktası kullanılmıştır. Bu ağırlık kırılma noktalarındaki maliyetler için ise taşımacılık sektöründe kullanılan gerçek hayat maliyetlerinden yararlanılmış ve her bir ağırlık kırılma noktası için çeşitli rotalardaki birim maliyetleri analiz edilerek bir maksimum ve bir minimum birim maliyet değeri bulunmuştur. Daha sonra, bu iki değer arasında bir rastgele birim maliyet hesaplanarak ağırlık kırılma noktaları için birim maliyetler elde edilmiştir. Tam kamyon taşıma maliyeti ise son ağırlık kırılma noktası olan 20000 kilogram birim maliyet üzerinden %10 indirim yapılması ile bulunmuştur.

Dağıtım merkezi tesisini açma maliyetleri hesaplanırken ise literatürde oldukça az rastlanan, 4 farklı kapasiteden birine sahip tesisin açılmasına olanak sağlayan bir yapı kurulmuştur. Dağıtım merkezleri için farklı kapasite seviyelerinin model içine eklenmesi problemi daha gerçek hayata uygun bir hale getirilmesini sağlamak amacıyla yapılmıştır. Tesis kapasiteleri Tablo 5.1’de verilmiştir.

Tablo 5.1: Dağıtım Merkezi Kapasiteleri

Kapasite 1	Kapasite 2	Kapasite 3	Kapasite 4
10000	20000	32000	50000

Yukarıdaki çalışmaya göre elde edilen veriler, ILOG-Cplex OPL 12.6.2 programında çözdürülerek modellerin çıktılarına ulaşılmıştır. Bu çalışmada 4, 6, 8 ve 10 adet fabrika bulunan her bir tedarik zinciri için; 20, 30, 40 ve 50 müşteri sayıları denenerek aşağıdaki tablolarda yer alan 16 adet sonuca ulaşılmıştır. Problem boyutu büyüdükçe modellerin çözümü oldukça zorlaştığından ve çözüm zamanları uzadığından dolayı 10 adet fabrika ve 50 adet müşterinin üzerindeki örnekler için makul sürelerde sonuca ulaşılammıştır. Tablolardaki çözüm zamanları da saniye biriminde yazılmıştır.

Tablolarda tedarik zincirindeki üç durum incelenmiştir. Bunlardan birincisi fabrikaların tedarik zincirinde tek başlarına hareket ettikleri ve oluşan maliyetlere tek başlarına katlandıkları durumdur. İkinci durum ise bütün firmaların yatay işbirliğine dâhil edilmesiyle oluşturulmuştur. Üçüncü durum da matematiksel modelin belirlediği fabrikaların bir yatay işbirliği oluşturduğu durumdur. Tablolarda ifade edilen 1. aşama maliyetleri ürünlerin fabrikalardan dağıtım merkezlerine gönderilirken ortaya çıkan tam kamyon taşıma maliyetini, DM maliyeti dağıtım merkezini açmanın ve işletmenin sabit maliyetini, 2. aşama maliyetleri ise ürünlerin dağıtım merkezinden müşterilere yollanırken ortaya çıkan bir kamyonun az veya tam kamyon taşıma maliyetlerini göstermektedir.

Tablo 5.2’de fabrikaların tedarik zincirinde tek başlarına hareket ederek müşterilerine hizmet verdikleri durumu içeren veriler bulunmaktadır. Veriler 4.1 bölümünde açıklanan İşbirliği Olmayan Tedarik Zinciri Modeli çözdürülerek elde edilmiştir. Tablodaki açılan dağıtım merkezi adetlerine bakıldığında fabrikaların ürünlerini müşterilerine yollarken oldukça büyük tesis açma ve işletme maliyetlerine katlanacakları görülmektedir. Talep başına düşen maliyet ortalaması ise 0,92 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca incelenen 16 örnek durum için en yüksek talep başına düşen maliyet değeri 1,12 olurken, en düşük talep başına düşen maliyet değeri ise 0,76 olmuştur. Dağıtım merkezi kapasite kullanım oranları incelendiğinde ise en yüksek kapasite kullanım oranı %89,8, en düşük kapasite kullanım oranı %50,3 ve ortalama kapasite kullanım oranı ise %73,8 olarak bulunmuştur. Matematiksel modelin çözüm zamanı en yüksek 10,4 saniye, en düşük 0,5 saniye ve ortalama olarak da 3 saniye olmuştur.

Tablo 5.3’te ve Tablo 5.4’te bulunan veriler ise tedarik zincirindeki bütün fabrikaların yatay işbirliğine katılması durumunda, işbirliği olmayan duruma göre fabrikaların kârlarının ve maliyetlerinin nasıl değişeceği sorusuna cevap vermek üzere oluşturulmuştur. Tablo 5.3’teki veriler toplam tasarrufu Tablo 5.4’teki veriler ise paylaştırılmış tasarruf miktarlarını göstermektedir.

Tablo 5.3’teki tasarruf verileri; tüm fabrikaların yatay işbirliğine katıldığı durumdaki toplam tasarruf, 1. aşama, tesis açma ve işletme, 2. aşama maliyetlerinin Tablo 5.2’deki maliyet verilerine oranlanması sonucunda elde edilmiştir. Bu durumdaki toplam tasarruf ortalama %49,4 olmuştur. Bu azalmada en büyük pay en büyük maliyet kalemi olan dağıtım merkezi açma ve işletmenin sabit maliyetinden kaynaklanmaktadır. Yatay işbirliğinin olduğu durumda öngörüldüğü üzere, dağıtım merkezi açma ve işletme maliyetlerinde her bir örnek için tasarruf sağlanabilmiştir. Bu maliyet kaleminde ortalama olarak ise %49 oranında tasarruf sağlandığı görülmektedir. 1. aşama maliyetlerinde de ortalama %18,5’lik bir azalma sağlanmıştır ancak sadece 13. örnekte bu maliyetin arttığı görülmüştür bunun nedeni, işbirliğinin dağıtım merkezinin tek başına taşıma yaptığı duruma göre daha uzak olmasıdır ancak buna rağmen toplam maliyet olarak %58,9’luk bir tasarruf sağlayabildiği Tablo 5.3’te görülebilir. 2. aşama taşıma maliyetlerinin de büyük

oranda azaltıldığı görülmektedir bu %61'lik tasarrufun iki nedeni olabilir. İlk neden ortak dağıtım merkezlerinde birleştirilen yüklerin tam kamyon taşıma ile taşınabilmesi, ikinci neden ise bir kamyonun az taşıma yapıldığında parçalı maliyet fonksiyonunda daha yüksek bir ağırlık aralığına denk gelmesi böylece birim taşıma maliyetlerinin azaltılmasıdır. Talep başına düşen maliyet ortalaması ise tüm fabrikaların dâhil olduğu durumda 0,46 olarak bulunmuştur, yani işbirliğinin olmadığı duruma göre %50 azaltılmıştır. Ayrıca en yüksek talep başına düşen maliyet değeri 0,70 olurken en düşük talep başına düşen maliyet değeri 0,37 olmuştur. Çözüm zamanlarına bakıldığında da en yüksek çözüm zamanının 306 saniye, en düşük çözüm zamanının 0,2 saniye ve ortalama çözüm zamanının da 20,6 saniye olduğu bulunmuştur.

Tablo 5.4'teki paylaştırılmış tasarruf verileri her bir fabrika için 1. aşama, tesis açma ve işletme, 2. aşama tasarrufları hesaplanarak, bu tasarrufların ortalaması alınarak elde edilmiştir. Toplam tasarruf sütunundaki ortalama ve minimum değerleri de her örnekte fabrikalar için ortaya çıkan ortalama ve minimum tasarrufu ifade etmektedir. Buna göre toplam ortalama tasarruflara bakıldığında ortalama olarak %49'luk, minimum toplam tasarrufa bakıldığında ise ortalama olarak %37,8'lik tasarruf sağlanmıştır. Toplam tasarruflarda ortalama ve minimum olarak farklı değerlerin çıkmasının nedeni, bu işbirliğindeki amacın bütün fabrikaları işbirliğine dâhil etmek olması sebebiyle her bir fabrika için elde edilen tasarruflarının birbirine yakın olmasının sağlanamamasıdır. Örneğin, 5. örnekteki ortalama toplam tasarrufa ve minimum toplam tasarrufa bakıldığında, ortalama toplam tasarrufun %47,2 iken minimum toplam tasarrufun ise %19,1 olduğu görülmüştür. Paylaştırılmış 1. aşama tasarruflarının ortalaması %15,3 olmuş ve yine 13. örnek dışındaki bütün örneklerde pozitif tasarruf elde edilmiştir. Paylaştırılmış dağıtım merkezi açma ve işletme tasarruflarının ortalaması %47,7 olurken, paylaştırılmış 2. aşama tasarruflarının ortalaması ise %59,7 olmuştur. Dağıtım merkezi kapasite kullanım oranları incelendiğinde en yüksek kapasite kullanım oranının %99,8, en düşük kapasite kullanım oranının %73,5 ve ortalama kapasite kullanım oranının ise %92,4 olduğu bulunmuştur.

Tablo 5.2: İşbirliğinin Olmadığı Tedarik Zincirleri

Örnek	Fabrika Sayısı	Müşteri Sayısı	Açılan DM Sayısı	Toplam Maliyet	1. Aşama Maliyeti	DM Açma ve İşletme Maliyeti	2. Aşama Maliyeti	Toplam Talep	Toplam DM Kapasitesi	Maliyet /Talep	DM Kapasite Kullanım Oranı	Çözüm Zamanı (sn)
1	4	20	5	80169,2	10175	50000	19994,1	73465	100000	1,09	%73,5	0,5
2	4	30	6	106445,6	10935	80000	15510,5	108797	180000	0,99	%60,4	0,6
3	4	40	5	125508,6	10723	80000	34785,5	166679	190000	0,76	%87,7	0,6
4	4	50	6	160333,6	14259	100000	46074,6	203918	240000	0,78	%85,0	1,0
5	6	20	9	125453,4	16214	90000	19239,5	119752	180000	1,04	%66,5	1,1
6	6	30	9	182379,0	15904	120000	46474,9	181030	270000	1,02	%67,0	1,4
7	6	40	9	182070,2	17287	130000	34783,1	238891	300000	0,77	%79,6	2,8
8	6	50	10	242987,9	25014	160000	57973,8	308864	380000	0,79	%81,3	2,8
9	8	20	9	186360,2	19195	140000	27165,1	165899	330000	1,12	%50,3	1,9
10	8	30	10	228700,4	22594	160000	46106,4	238913	380000	0,98	%62,9	2,4
11	8	40	11	288124,8	30754	160000	97370,8	306588	370000	0,94	%82,9	3,9
12	8	50	16	317412,5	33450	210000	73962,5	391775	470000	0,81	%83,4	6,3
13	10	20	10	202860,2	20678	130000	52182,4	187227	290000	1,08	%64,6	2,9
14	10	30	11	274735,2	14405	200000	60330,2	283753	490000	0,99	%57,9	4,0
15	10	40	14	321713,8	27635	200000	94078,8	404994	460000	0,79	%88,0	6,4
16	10	50	14	358729,7	37411	220000	101318,6	466766	520000	0,77	%89,8	10,4
Ort.										0,92	%73,8	3,0

Tablo 5.3: Bütün Fabrikaların Dâhil Olduğu Yatay İşbirliğinde Toplam Tasarruflar

Örnek	Fabrika Sayısı	Müşteri Sayısı	Açılan DM Sayısı	Toplam Maliyet	Toplam Tasarruf	1. Aşama Tasarrufu	DM Açma ve İşletme Tasarrufu	2. Aşama Tasarrufu	Toplam Talep	Toplam DM Kapasitesi	Maliyet/Talep	Çözüm Zamanı (sn)
1	4	20	1	50831,6	%36,6	%28,4	%36,0	%42,3	73465	100000	0,70	0,2
2	4	30	2	60023,4	%43,6	%13,8	%47,5	%44,5	108797	120000	0,55	0,3
3	4	40	1	78728,4	%37,3	%13,5	%37,5	%44,1	166679	200000	0,47	0,4
4	4	50	2	99742,6	%37,8	%0,4	%40,0	%44,6	203918	220000	0,49	1,0
5	6	20	2	62051,2	%50,5	%30,9	%53,3	%54,0	119752	120000	0,52	1,0
6	6	30	1	80101,1	%56,1	%36,9	%58,3	%56,8	181030	200000	0,44	0,3
7	6	40	2	99872,5	%45,1	%21,7	%46,2	%53,0	238891	250000	0,42	1,5
8	6	50	3	139402,6	%42,6	%3,3	%42,5	%59,9	308864	320000	0,45	4,3
9	8	20	1	76348,1	%59,0	%25,1	%64,3	%55,9	165899	200000	0,46	0,2
10	8	30	2	101653,5	%55,6	%30,4	%56,3	%65,5	238913	250000	0,44	2,1
11	8	40	3	139231,4	%51,7	%19,8	%42,5	%76,8	306588	320000	0,45	3,2
12	8	50	2	146596,0	%53,8	%30,4	%52,4	%68,5	391775	400000	0,37	2,3
13	10	20	1	83413,0	%58,9	%-0,9	%61,5	%75,9	187227	200000	0,45	0,2
14	10	30	2	111990,7	%59,2	%0,7	%59,0	%74,0	283753	300000	0,40	2,0
15	10	40	3	150569,8	%53,2	%29,3	%45,0	%77,6	404994	420000	0,37	5,1
16	10	50	4	179806,6	%49,9	%12,6	%40,9	%83,1	466766	470000	0,38	306,0
Ort.					%49,4	%18,5	%49,0	%61,0			0,46	20,6

Tablo 5.4: Bütün Fabrikaların Dâhil Olduğu Yatay İşbirliğinde Paylaştırılmış Tasarruflar

Örnek	Fabrika Sayısı	Müşteri Sayısı	Açılan DM Sayısı	Toplam Maliyet	Toplam Tasarruf		1. Aşama Tasarrufu (ort.)	DM Açma ve İşletme Tasarrufu (ort.)	2. Aşama Tasarrufu (ort.)	Toplam Talep	Toplam DM Kapasitesi	DM Kapasite Kullanım Oranı
					Ort.	Min.						
1	4	20	1	50831,6	%34,9	%27,6	%20,1	%32,3	%41,6	73465	100000	%73,5
2	4	30	2	60023,4	%43,8	%30,7	%13,5	%47,5	%44,3	108797	120000	%90,7
3	4	40	1	78728,4	%37,4	%32,5	%12,2	%37,5	%43,2	166679	200000	%83,3
4	4	50	2	99742,6	%37,6	%34,2	%0,6	%39,1	%44,2	203918	220000	%92,7
5	6	20	2	62051,2	%47,2	%19,1	%6,2	%46,8	%46,4	119752	120000	%99,8
6	6	30	1	80101,1	%56,2	%49,5	%30,4	%58,3	%53,7	181030	200000	%90,5
7	6	40	2	99872,5	%45,6	%36,5	%19,0	%46,3	%51,1	238891	250000	%95,6
8	6	50	3	139402,6	%42,3	%29,5	%4,2	%40,6	%58,9	308864	320000	%96,5
9	8	20	1	76348,1	%58,3	%51,3	%24,1	%63,0	%55,1	165899	200000	%82,9
10	8	30	2	101653,5	%55,5	%44,4	%26,8	%56,2	%65,3	238913	250000	%95,6
11	8	40	3	139231,4	%52,1	%39,1	%20,5	%42,5	%76,1	306588	320000	%95,8
12	8	50	2	146596,0	%53,7	%45,5	%26,6	%51,4	%67,6	391775	400000	%97,9
13	10	20	1	83413,0	%57,4	%49,6	%-0,7	%58,7	%76,0	187227	200000	%93,6
14	10	30	2	111990,7	%59,3	%46,2	%2,8	%59,0	%73,8	283753	300000	%94,6
15	10	40	3	150569,8	%53,6	%36,1	%24,3	%45,0	%76,1	404994	420000	%96,4
16	10	50	4	179806,6	%50,0	%33,2	%13,5	%39,7	%81,4	466766	470000	%99,3
Ort.					%49,0	%37,8	%15,3	%47,7	%59,7			%92,4

Bölüm 4.2’de ifade edilen Yatay İşbirlikli Tedarik Zinciri Modeli hangi fabrikaların işbirliğine dâhil olup olamayacağına karar vermiştir. Bunun sonucunda Tablo 5.5 ve Tablo 5.6’daki veriler elde edilmiştir. Tablolarda duruma işbirliği açısından bakılmış ve işbirliğine katılan fabrikalar için elde edilecek tasarruflar bulunmuştur.

Tablo 5.5’te yatay işbirliğine dâhil olan fabrikalar için toplam tasarruflar gösterilmektedir. Bütün fabrikaların işbirliğine katıldığı durumdaki toplam tasarrufları gösteren Tablo 5.3 gibi bu tabloda da 1. aşama, dağıtım merkezi açma ve işletmenin sabit maliyetleri ve 2. aşama taşıma maliyetleri Tablo 5.2’deki verilere oranlanarak toplam tasarruf verileri elde edilmiştir. Yatay İşbirlikli Tedarik Zinciri Modeli’nin çıktılarına göre 16 örnek veri için işbirliğine dâhil edilme oranının ortalama olarak %82,6 olduğu görülmüştür. Elde edilen bu sonuç incelendiğinde 4 adet fabrika bulunan tedarik zinciri örneklerinin her birinde bütün fabrikalar yatay işbirliğine dâhil edilmiştir. Ancak örneklerde fabrika sayıları arttıkça fabrikaların tamamının işbirliğine katılmadığı örnekler artmaktadır. Bunun sebebi daha küçük tedarik zinciri örneklerinde işbirlikçi seçeneğinin çok fazla olmaması ve maliyetleri olabildiğince azaltabilmek için fabrikaların birlikte hareket etmeye yönelmesidir. Daha büyük tedarik zinciri örneklerinde ise işbirlikçi seçeneği arttığından, işbirliğinin tasarruflarını azaltan fabrika işbirliği dışında kalabilmektedir. Yatay işbirliğine katılan fabrikalara ait bu tabloda ortalama toplam tasarruf %48,2 olarak bulunmuştur. 1. aşama maliyetlerindeki toplam ortalama tasarruf %20,2 olurken, dağıtım merkezi açma ve işletme sabit maliyetlerindeki toplam ortalama tasarruf değeri %51,4 olmuştur. 2. aşama maliyetlerindeki toplam ortalama tasarruf oranı ise %48,4 olarak bulunmuştur. Talep başına düşen maliyet ortalaması ise tüm fabrikaların dâhil olduğu durumda 0,48 olarak bulunmuştur, bu değer işbirliğinin olmadığı durumun yaklaşık olarak %50’sidir. Ayrıca en yüksek talep başına düşen maliyet ortalaması 0,69 ve en düşük talep başına düşen maliyet ortalaması da 0,39 olmuştur. Matematiksel modelin çözüm zamanları kıyaslandığında en yüksek çözüm zamanının 2292,9 saniye, en düşük çözüm zamanının 0,5 saniye ve ortalama çözüm zamanının da 408,7 saniye olduğu görülmüştür.

Tablo 5.6’da ise yatay işbirliğine dâhil olan fabrikalar için paylaştırılmış tasarruflar bulunmaktadır. Bu değerler de bütün fabrikaların işbirliğine katıldığı durumdaki

paylaştırılmış tasarrufları gösteren Tablo 5.4 gibi her fabrika için elde edilen maliyet verilerine ait tasarruflar hesaplanıp, bu tasarrufların ortalaması alınarak elde edilmiştir. Bu tabloya göre ortalama paylaştırılmış toplam tasarruf ve minimum paylaştırılmış toplam tasarruf ise %48,2 olmuştur. Bu iki tasarruf oranının aynı olmasının sebebi matematiksel modelin öngörüldüğü üzere işbirliğine katılan bütün fabrikalara birbirine yakın tasarruf oranını sonucunu vereceğini garanti etmesidir. Bu bakış açısının sebebi tasarrufları olabildiğince birbirine yakın tutarak fabrikalar arasındaki adaletin sağlanması bu sayede de işbirliğinin devamlılığın sağlanabilmesidir. Paylaştırılmış 1. aşama tasarruflarının ortalaması %17,6 olmuş ve bütün örnekler için pozitif tasarruf değerleri elde edilmiştir. Bunun sebebi tasarruf oranını negatife çeken fabrikanın diğer fabrikaların ortalama tasarruflarını kötü etkilediğinden işbirliği dışında bırakılmış olmasıdır. Paylaştırılmış dağıtım merkezi açma ve işletme tasarruflarının ortalaması %51,6, paylaştırılmış 2. aşama tasarruflarının ortalaması da %48,4 olarak bulunmuştur. Elde edilen en yüksek dağıtım merkezi kapasite kullanım oranı %99,5 olurken, en düşük dağıtım merkezi kapasite kullanım oranı %73,5 ve ortalama dağıtım merkezi kapasite kullanım oranı da %92,6 olmuştur.

Yatay İşbirlikli Tedarik Zinciri Modeli'nde bütün fabrikaların dâhil olduğu işbirliğinin tersine Tablo 5.5 ve Tablo 5.6'da görülebileceği gibi toplam tasarruflarda ortalama ve minimum toplam tasarruf arasında bir fark bulunmamaktadır. Bunun sebebi Yatay İşbirlikli Tedarik Zinciri Modeli'nde amaçlanan işbirliğine katılan fabrikalardaki en düşük tasarrufun enbüyüklenmesinin sağlanmasıdır. Bu sayede işbirlikçilerin her biri için birbirine olabildiğince yakın tasarruflar elde edilebilecek ve işbirliğinin devamlılığı sağlanabilecektir.

Tablo 5.5: Üye Seçimli Yatay İşbirlikli Tedarik Zinciri Modeli Toplam Tasarruflar

Örnek	İşbirliğine Dâhil Fabrika Sayısı	Müşteri Sayısı	Açılan DM Sayısı	Toplam Maliyet	Toplam Tasarruf	1. Aşama Tasarrufu	DM Açma ve İşletme Tasarrufu	2. Aşama Tasarrufu	Toplam İşbirliği Talebi	Toplam Talep	Toplam DM Kapasitesi	Maliyet /Talep	Çözüm Zamanı (sn)
1	4	20	1	50831,6	%36,6	%28,4	%36,0	%42,3	73465	73465	100000	0,69	0,5
2	4	30	2	60023,4	%41,2	%13,8	%47,5	%28,4	108797	108797	120000	0,59	1,9
3	4	40	1	78728,4	%37,3	%13,5	%37,5	%44,1	166679	166679	200000	0,47	5,7
4	4	50	2	99742,6	%36,3	%0,4	%40,0	%39,5	203918	203918	220000	0,50	7,4
5	5	20	1	50743,1	%49,0	%35,4	%54,3	%37,2	97757	119752	100000	0,52	2,2
6	6	30	1	80101,1	%56,1	%36,9	%58,3	%56,8	181030	181030	200000	0,45	4,0
7	5	40	1	76331,8	%49,5	%28,7	%54,5	%39,3	196220	238891	200000	0,39	16,1
8	4	50	2	100974,0	%41,5	%12,0	%50,0	%26,6	210726	308864	220000	0,48	208,8
9	8	20	1	76348,1	%59,0	%25,1	%64,3	%55,9	165899	165899	200000	0,46	14,0
10	6	30	1	79303,3	%54,0	%17,4	%58,3	%56,7	181877	238913	200000	0,45	126,8
11	5	40	1	95164,9	%47,9	%23,3	%50,0	%52,1	196932	306588	200000	0,49	617,5
12	8	50	2	146596,0	%51,0	%23,7	%52,4	%59,3	391775	391775	400000	0,39	1581,2
13	5	20	1	54438,0	%53,7	%1,2	%60,0	%54,9	97448	187227	100000	0,55	23,5
14	7	30	1	75236,4	%61,1	%4,4	%64,3	%63,8	198729	283753	200000	0,39	135,4
15	5	40	1	83068,9	%47,6	%46,8	%50,0	%42,6	199024	404994	200000	0,42	1501,7
16	8	50	2	146791,0	%49,2	%12,8	%44,4	%75,1	372862	466766	400000	0,39	2292,9
Ort.	%82,6				%48,2	%20,2	%51,4	%48,4				0,48	408,7

Tablo 5.6: Üye Seçimli Yatay İşbirlikli Tedarik Zinciri Modeli Paylaştırılmış Tasarruflar

Örnek	İşbirliğine Dâhil Fabrika Sayısı	Müşteri Sayısı	Açılan DM Sayısı	Toplam Maliyet	Toplam Tasarruf		1. Aşama Tasarrufu (%ort.)	DM Açma ve İşletme Tasarrufu (ort.)	2. Aşama Tasarrufu (ort.)	Toplam İşbirliği Talebi	Toplam DM Kapasitesi	DM Kapasite Kullanım Oranı
					Ort.	Min.						
1	4	20	1	50831,6	%36,6	%36,6	%20,1	%37,1	%42,3	73465	100000	%73,5
2	4	30	2	60023,4	%41,2	%41,2	%12,3	%47,5	%28,4	108797	120000	%90,7
3	4	40	1	78728,4	%37,3	%37,3	%12,2	%37,5	%44,1	166679	200000	%83,3
4	4	50	2	99742,6	%36,3	%36,3	%0,6	%40,3	%39,5	203918	220000	%92,7
5	5	20	1	62051,2	%49,0	%49,0	%23,2	%56,6	%37,2	97757	100000	%97,8
6	6	30	1	80101,1	%56,1	%56,1	%30,4	%58,3	%56,8	181030	200000	%90,5
7	5	40	1	99872,5	%49,5	%49,5	%22,6	%54,4	%39,3	196220	200000	%98,1
8	4	50	2	139402,6	%41,5	%41,5	%14,3	%50,0	%26,6	210726	220000	%95,8
9	8	20	1	76348,1	%59,0	%59,0	%24,1	%64,7	%55,9	165899	200000	%82,9
10	6	30	1	101653,5	%54,0	%54,0	%13,4	%58,3	%56,7	181877	200000	%90,9
11	5	40	1	139231,4	%47,9	%47,9	%24,9	%50,0	%52,1	196932	200000	%98,5
12	8	50	2	146596,0	%51,0	%51,0	%20,3	%52,6	%59,3	391775	400000	%97,9
13	5	20	1	83413,0	%53,7	%53,7	%1,4	%60,6	%54,9	97448	100000	%97,4
14	7	30	1	111990,7	%61,1	%61,1	%7,9	%64,3	%63,8	198729	200000	%99,4
15	5	40	1	150569,8	%47,6	%47,6	%42,5	%50,0	%42,6	199024	200000	%99,5
16	8	50	2	179806,6	%49,2	%49,2	%11,9	%44,0	%75,1	372862	400000	%93,2
Ort.	%82,6				%48,2	%48,2	%17,6	%51,6	%48,4			%92,6

Tablo 5.7: Çözümlerin Karşılaştırılması

	Çözüm Zamanı Ortalaması (sn)	Kapasite Kullanım Oranı Ortalaması	Birim Talep Maliyeti Ortalaması	Toplam Tasarruf Ortalaması	Minimum Tasarruf Ortalaması	Açılan DM Sayısı
İşbirliğinin Olmadığı Tedarik Zinciri	3,0	%73,8	0,92	-	-	154
Bütün Fabrikaların Dâhil Olduğu İşbirliği	20,6	%92,4	0,46	%49,0	%37,8	32
Üye Seçimli Yatay İşbirlikli Tedarik Zinciri	408,7	%92,6	0,48	%48,2	%48,2	21

Yukarıda bulunana Tablo 5.7’de yapılan deneysel çalışmada elde edilen verilerin bir özeti bulunmaktadır. Bu tabloya göre incelenen örneklerdeki çözüm zamanı ortalamaları kıyaslandığında İşbirliğinin Olmadığı Tedarik Zinciri durumunda bu sürenin 3,0 saniye, Bütün Fabrikaların Dâhil Olduğu İşbirliği durumunda 20,6 saniye ve Üye Seçimli Yatay İşbirlikli Tedarik Zinciri durumunda ise 408,7 saniye olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre çözüm zamanının hem problem boyutuna hem de tedarik zincirinin karmaşıklığına göre arttığı söylenebilir.

Kapasite kullanım oranı ortalaması ise İşbirliğinin Olmadığı Tedarik Zinciri durumunda %73,8’ken diğer iki durumda dağıtım merkezleri %92’nin üzerinde doluluğa ulaşmaktadır. Bu sayede her iki durum için de dağıtım merkezlerinin kapasitelerinin ilk duruma göre daha verimli bir biçimde kullanıldığı söylenebilir.

Birim talep maliyeti ortalaması ise İşbirliğinin Olmadığı Tedarik Zinciri durumunda 0,92’dir. Bütün Fabrikaların Dâhil Olduğu İşbirliği durumunda bu ortalamanın 0,46 olduğu görülmektedir. Üye Seçimli Yatay İşbirlikli Tedarik Zinciri durumunda ise birim talep maliyeti ortalaması 0,48’dir. İşbirliğinin sağlandığı her iki durumda da birim talep maliyeti ortalaması büyük oranda azaltılabilmektedir. Ancak, Bütün

Fabrikaların Dâhil Olduğu İşbirliği ve Yatay İşbirlikli Tedarik Zinciri arasında oluşan oran farkının sebebi incelendiğinde bunun dağıtım merkezlerinden müşterilere ürün yollarken ortaya çıkan taşıma maliyetlerinin Bütün Fabrikaların Dâhil Olduğu İşbirliği durumunda daha çok azaltılması olduğu görülmüştür. Çünkü daha önce de ele alındığı gibi bu taşıma maliyeti taşınan ürün miktarı arttığında hem tam kamyon taşıma yönteminden daha çok yararlanılabilmesi hem de parçalı maliyet fonksiyonu gereği fabrikalara daha az birim taşıma maliyeti yaratmaktadır.

Ancak düşük birim maliyet elde edilebilmesine yanı sıra işbirliğinde oluşan maliyetlerin ve elde edilecek tasarrufların adil olması sürdürülebilir bir işbirliğinin kurulması için önemlidir. Bu nedenle toplam tasarruf ortalamaları ve minimum tasarruf ortalamaları kıyaslandığında Bütün Fabrikaların Dâhil Olduğu İşbirliği durumunda toplam tasarruf ortalaması ile minimum tasarruf ortalaması arasında %11,2'lik bir fark bulunurken, Üye Seçimli Yatay İşbirlikli Tedarik Zinciri durumunda bu değerlerin eşit olduğu görülmektedir. Bunun sebebi yatay işbirliğine katılan bütün fabrikalar için aynı tasarruf oranının sağlanabilmiş olmasıdır.

Bu üç durum için açılan dağıtım merkezi sayıları kıyaslandığında ise yatay işbirliğinin sağlandığı durumlar ve yatay işbirliğinin sağlanmadığı durumlar arasında büyük bir fark olduğu görülmektedir. Yatay işbirliğinin sağlanması dağıtım merkezi sayısını ve dolayısıyla oluşacak dağıtım merkezi maliyetlerini azaltmada etkili olmuştur. Bütün Fabrikaların Dâhil Olduğu İşbirliği durumunda toplam açılan dağıtım merkezi sayısı 32 olurken, Üye Seçimli Yatay İşbirlikli Tedarik Zinciri durumunda toplam açılan dağıtım merkezi sayısı 21 olmuştur.

Elde edilen bu sonuçlara göre, yatay işbirliğinin sağlanmasının işbirliğine dâhil olan fabrikalar için büyük tasarruf getirileri olacaktır. Ancak, büyük bir yatırım gerektiren ve stratejik bir karar olan tedarik zincirinin kurulması aşamasında verilecek yatay işbirliğinin nasıl olacağı kararı (üye seçimli ya da bütün fabrikaların katıldığı) işbirliğinin devamlılığı açısından oldukça büyük önem taşımaktadır.

6. DEĞERLENDİRME VE GELECEK ÇALIŞMALAR

Bu tez çalışmasında benzer ürünlerin fabrikalardan dağıtım merkezleri vasıtasıyla müşterilere taşındığı bir tedarik zincirinde, fabrikalar arasında yatay işbirliği konusu ele alınmıştır. Tedarik zincirlerinde yatay işbirliği son zamanlarda popülerleşmekte olan bir kavramdır çünkü hem kaynak yetersizlikleri hem de çevresel kaygılar firmaları yatay işbirliği kurmaya götürmektedir. Literatürde ele alınan diğer çalışmalarda yatay işbirliği kavramı daha çok ürün taşımacılığı yani lojistik faaliyetlerini ifade ederken bu çalışmada hem lojistik hem de ortak tesis kullanımı şeklinde bir yatay işbirliği üzerinde durulmuştur. Bunun sebebi, kaynak yetersizlikleri ve çevresel kaygıların yanı sıra bütün firmaların temel amacı olan maliyetleri azaltıp daha çok kâr elde edebilmektir. Maliyet kalemleri ele alındığında da tesis açma ve işletmenin oranı diğer maliyetlere oranla oldukça büyüktür, bu nedenle bu maliyetlerin azaltılması firmalar açısından yararlı olacaktır.

Bu çalışmada yatay işbirliği öncesi ve sonrası durumları gözlemlemek için iki adet matematiksel model kurulmuştur. İlk model olan İşbirliği Olmayan Tedarik Zinciri modeliyle yatay işbirliği olmayan durumdaki tedarik zinciri incelenmiş ve oluşan maliyetler hesaplanmıştır. Yatay İşbirlikli Tedarik Zinciri adındaki ikinci model ile ise işbirliği durumunda fabrikaların maliyetlerinde ne oranda bir azaltılma yapılabileceği bulunmaya çalışılmıştır. Modelde karar değişkenleri sabitlenerek tüm fabrikaların işbirliğine dâhil olduğu durum da incelenmiş ve daha sonra bütün bu sonuçlar kıyaslanmıştır.

Sonuç olarak, ister bütün fabrikaların dâhil edildiği, ister işbirliğinin sürekliliğinin sağlanması için işbirliği için en yüksek kârların elde edilmesi amacıyla en uygun fabrikaların seçildiği bir yatay işbirliği olsun her iki durumda da fabrikaların tek başlarına ürünlerini müşterilerine gönderdikleri duruma göre büyük tasarrufların sağlandığı yatay işbirlikli bir tedarik zinciri kurulabilir. Bu sayede hem tesis açma ve işletme maliyetlerini paylaşarak kapasite olarak verimli kullanabildikleri ortak dağıtım merkezlerini açabilir ve taşıma maliyetlerini yük birleştirmeler ile azaltarak da birim ürün taşıma maliyetlerini azaltabilirler.

Bu çalışmanın devamında, kullanılan parametreler ile ilgili duyarlılık analizleri yapılarak çalışma genişletilebilir. Parametreler ayrı ayrı ya da grup olarak değiştirilebilir. Örneğin parçalı maliyet fonksiyonunda farklı ağırlık kırılma noktaları kullanılarak tam kamyon taşıma ve bir kamyonun az taşıma için farklı maliyetler elde edilerek bunun matematiksel modelin sonuçlarını nasıl etkilediği incelenebilir. Farklı parametreler ile elde edilen sonuçlar mevcut sonuçlar ile kıyaslanarak ayrıntılı bir çalışma yapılabilir.

Tedarik zincirine bir aşama daha eklenerek problem daha da karmaşık bir hale getirilebilir. Yeni aşamanın problemin boyutunu ne kadar arttırdığını, makul sürelerde sonuca ulaşıp ulaşılamadığını öğrenmek için analizler yapılabilir. Yeni eklenecek aşama için farklı taşıma yöntemleri kullanılabilir.

Önerilen bu çalışmaların yanı sıra, tedarik zinciri tersine lojistik ile birleştirilip çok daha karmaşık bir yatay işbirliği yaratılmaya çalışılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Vidal C.J., Goetschalckx M., Strategic Production-Distribution Models: A Critical Review with Emphasis on Global Supply Chain Models, *European Journal of Operational Research*, 98, 1-18, 1997.
- [2] Beamon B.M., Supply Chain Design and Analysis: Models and Methods, *International Journal of Production Economics*, 55, 281-294, 1998.
- [3] Tansel B.C., Francis R.L., Lowe T.J., State of Art-Location on Networks: A Survey. Part I: The p-Center and p-Median Problems, *Management Science*, 29, 482-497, 1983.
- [4] Tansel B.C., Francis R.L., Lowe T.J., State of Art-Location on Networks: A Survey. Part II: Exploiting Tree Network Structure, *Management Science*, 29, 498-511, 1983.
- [5] ReVelle C.S., Eiselt H.A., Location Analysis: A Synthesis and Survey, *European Journal of Operational Research*, 165, 1-19, 2005.
- [6] Alumur S., Kara B.Y., Network Hub Location Problems: The State of the Art, *European Journal of Operational Research*, 190, 1-21, 2008.
- [7] Melo M.T., Nickel S., Saldanha-da-Gama F., Facility Location and Supply Chain Management- A Review, *European Journal of Operational Research*, 196, 401-412, 2009.
- [8] Campbell J.F., O'Kelly M.E., Twenty-Five Years of Hub Location Research, *Transportation Science*, 46, 153-169, 2012.
- [9] Harks T., Falkenhausen P., Optimal Cost Sharing for Capacitated Facility Location Games, *European Journal of Operational Research*, 239, 187-198, 2014.
- [10] Pal M., Tardos E., Group Strategyproof Mechanisms via Primal-Dual Algorithms, 44th Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science, 584-593, 2003.
- [11] Groothedde B., Ruijgrok C., Tavasszy L., Towards Collaborative, Intermodal Hub Networks A Case Study in the Fast Moving Consumer Goods Market, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 41, 567-583, 2005.
- [12] Cruijssen F., Cools M., Dullaert W., Horizontal Cooperation in Logistics: Opportunities and Impediments, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43, 129-142, 2007.
- [13] Verstrepen S., Cools M., Cruijssen F., Dullaert W., A Dynamic Framework for Managing Horizontal Cooperation in Logistics, *International Journal of Logistics Systems and Management*, 5, 228-248, 2009.

- [14] Mutlu F., Çetinkaya S., An Integrated Model for Stock Replenishment and Shipment Scheduling Under Common Carrier Dispatch Costs, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46, 844-854, 2010.
- [15] Ballot E., Fontane F., Reducing Transportation CO₂ Emission through Pooling of Supply Networks: Perspectives from a Case Study in French Retail Chains, *Production Planning and Control*, 21, 640-650, 2010.
- [16] Pan S., Ballot E., Fontane F., The Reduction of Greenhouse Gas Emissions from Freight Transport by Pooling Supply Chains, *International Journal of Production Economics*, 143, 86-94, 2013.
- [17] Audy J.F., Lehoux N., D'Amours S., Rönnqvist M., A Framework for an Efficient Implementation of Logistics Collaborations, *International Transactions in Operational Research*, 19, 633-657, 2012.
- [18] Vanovermeire C., Sörensen K., Measuring and Rewarding Flexibility in Collaborative Distribution, Including Two-Partner Coalitions, *European Journal of Operational Research*, 239, 157-165, 2014.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : GİRAY, Begüm
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 03.06.1991 Bursa
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 (546) 880 17 71
e-mail : giraybegum@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Uludağ Üniversitesi-Endüstri Mühendisliği	2013

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2013-2015	TOBB ETÜ	Tam Burslu Yüksek Lisans Öğrencisi
2015-	THY A.O.	Uzman

Yabancı Dil

İngilizce

İtalyanca

Yayınlar