

Bulanık Hizmet Düzeyini Dikkate Alan Çok Kademeli Çok Ürünlü Bir Tedarik Zinciri
Ağı Tasarımı

Bilal ŞİŞMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz 2011

Supply Chain Network Design With Multi Echelon Multi Products Considering Fuzzy
Service Level

Bilal ŞİŞMAN

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Industrial Engineering

July 2011

Bulanık Hizmet Düzeyini Dikkate Alan Çok Kademeli Çok Ürünlü Bir Tedarik Zinciri Ağı
Tasarımı

Bilal Şişman

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Endüstri Mühendisliği Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Yrd. Doç. Dr. İnci Sarıçiçek

Temmuz 2011

ONAY

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Bilal Şişman'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Bulanık Hizmet Düzeyini Dikkate Alan Çok Kademeli Çok Ürünlü Bir Tedarik Zinciri Ağı Tasarımı” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. İnci Sarıçiçek

İkinci Danışman : -----

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Yrd. Doç. Dr. İnci Sarıçiçek

Üye : Prof. Dr. Emin Kahya

Üye : Doç. Dr. Aydın Sipahioğlu

Üye : Yrd. Doç. Dr. Aykut Arapoğlu

Üye : Yrd. Doç. Dr. İzzettin Temiz

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Nimetullah BURNAK

Enstitü Müdürü

ÖZET

Tedarik zinciri ağı, malzeme ve ürün akışını gerçekleştiren tedarikçiler, depolar, dağıtım merkezleri ve perakendecilerden oluşmaktadır. Tesis ve depo yerlerinin, uygun depo sayısının, hangi müşterinin hangi depodan ürün alacağını ve depo büyüklüklerinin belirlenmesi stratejik kararlardır. Bir tedarik zinciri ağı tasarımının amacı, yıllık üretim tesisi işletim maliyetlerini ve üretim, satın alma, stok tutma ve dağıtım maliyetlerini hizmet düzeyi değişkenliğini dikkate alarak en küçükmektir.

Rekabetin yoğun olarak yaşandığı iş dünyasında firmaların, müşteri istek ve ihtiyaçlarına hızlı ve etkin şekilde cevap verebilmek için hizmet düzeylerini arttırmaları gerekmektedir. Bu yüzden çalışmanın amacı, yüksek, orta ve düşük hizmet düzeylerinde işletim, taşıma, stok tutma ve dağıtım maliyetlerini en küçükleyerek depoların uygun yerlere açılmasını sağlamaktır. Çalışmada müşteriler ile açılan depolar arasındaki hizmet düzeyi dikkate alınarak küme kapsama modeli ile çok kademeli bir lojistik ağı tasarlanmıştır. Model, tedarikçiler, tesisler, depolar ve müşteriler olmak üzere üç kademedan oluşmuş bir tedarik zincirini ele alan çok ürünlü karma tamsayılı matematiksel bir yapı içermektedir. Çalışmada GAMS 23.5 programının CPLEX 12.2 çözücüsü kullanılmıştır

Çalışmanın izleyen kısmında hizmet düzeyinin belirsiz olduğu ve kesin olmadığı düşünülerek bulanık doğrusal programlama modeli kullanılmış ve böylece hizmet düzeyi bulanıklaştırılmıştır. Üyelik (tatmin) derecesi en büyük olacak şekilde modelin bulanık amaç fonksiyonu ve kısıtları tekrar düzenlenmiştir. Sonuçta hizmet düzeyinin bulanık olduğu üç farklı durumda toplam maliyetin alt ve üst sınır değerleri hesaplanıp karar vericiye sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Tedarik Zinciri Ağı Tasarımı, Çok Kademeli Tedarik Zinciri, Çok Ürünlü Tedarik Zinciri, Hizmet Düzeyi, Bulanık Doğrusal Model

SUMMARY

The supply chain network consists of suppliers, warehouses, distribution centers, and retail outlets which provide the flow of material and products. Determining the location of the facilities and warehouses, determining the appropriate number of warehouses, determining which products will be received by which customers and determining the size of each warehouse are strategic decisions. The objective of a design of supply chain network is to minimize annual production facility operation costs and production, purchasing, inventory holding and distribution costs by taking into account the variability of service level.

Due the high competition in businesses, corporations have to enhance their service level to be able to respond their customers' needs and wants quickly and effectively. For this reason, the aim of the study is to make warehouses open in appropriate locations at high, medium and low service level by minimizing operation, transportation, inventory holding and distribution costs. Multi-echelon logistics network are designed via set covering model by taking into account the service level between customers and warehouses in the study. This model, which tackled a supply chain composed of the three stages on the brink of suppliers, facilities, warehouses and customers, includes a mathematical structure with multi products and mixed integer programming. CPLEX 12.2 solver of GAMS 23.5. program is used in this study.

In the following part of the study, fuzzy linear programming model is used by thinking that service level is uncertain and indefinite. So, service level is fuzzied. The fuzzy objective function and constraints are reorganized to make membership degree maximum. As a result, lower and upper bound of total cost are calculated and presented to the decision maker in three different service levels that is fuzzy.

Key Words: Supply Chain Network Design, Multi Echelon Supply Chain, Multi Product Supply Chain, Service Level, Fuzzy Linear Model.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince değerli zamanımı benden esirgemeyen, bilgi ve tecrübesi ile her konuda bana yol gösteren, beni yönlendiren, kendisinden çok şey öğrendiğim değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. İnci Sarıçiçek'e, çeşitli konularda kıymetli fikirleri ile desteklerini esirgemeyen Afyon Kocatepe Üniversitesi İ.İ.B.F İşletme Bölümü hocalarıma ve özel yaşantımda bana manevi destek olan başta ailem olmak üzere tüm dost ve yakınlarıma; tüm sıkıntılarımı benimle paylaşan, bana sürekli moral ve motivasyon desteği sağlayan herkese teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

| | |
|--|------------|
| ÖZET | v |
| SUMMARY | vi |
| TEŞEKKÜR | vii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | xi |
| ÇİZELGELER DİZİNİ..... | xii |
| | |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| | |
| 2. TEDARİK ZİNCİRİ TASARIMINA İLİŞKİN ÇALIŞMALAR..... | 5 |
| | |
| 3. TEDARİK ZİNCİRİ AĞI TASARIMI..... | 16 |
| 3.1 Tedarik Zinciri Nedir? | 16 |
| 3.2 Tedarik Zincirine İlişkin Sınıflandırmalar | 18 |
| 3.2.1 Kademeye göre sınıflandırma | 18 |
| 3.2.1.1 Tek kademeli tedarik zinciri | 18 |
| 3.2.1.2 Çok kademeli tedarik zinciri..... | 19 |
| 3.2.2 Ürün çeşidine göre sınıflandırma..... | 20 |
| 3.2.2.1 Standart ürünler..... | 21 |
| 3.2.2.2 Yenilikçi ürünler | 21 |
| 3.2.2.3 Hibrid ürünler | 21 |
| 3.3 Tedarik Zinciri Yönetimi | 22 |
| 3.4 Tedarik Zinciri Ağı Tasarımı ve Önemi | 23 |
| 3.5 Tedarik Zinciri Ağı Tasarımında Çelişen Amaçlar ve Hizmet Düzeyi | 25 |
| 3.5.1 Çelişen amaçlar | 26 |
| 3.5.2 Müşteri hizmet düzeyi ve toplam maliyet..... | 26 |
| 3.6 Tedarik Zinciri Ağı Tasarım Kararları..... | 27 |
| 3.6.1 Stratejik planlama seviyesi kararları..... | 28 |
| 3.6.2 Taktiksel planlama seviyesi kararları | 29 |

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

| | |
|---|-----------|
| 3.6.3 Operasyonel planlama seviyesi kararları | 29 |
| 3.7 Tedarik Zinciri Ağı Tasarım Maliyetleri | 30 |
| 3.8 Tedarik Zinciri Ağı Tasarımında Dağıtım Stratejileri | 32 |
| 3.8.1 Doğrudan dağıtım | 33 |
| 3.8.2 Depolama | 33 |
| 3.8.3 Çapraz yükleme | 34 |
| 3.8.4 Döngüsel sefer | 35 |
| 3.9 Tedarik Zinciri Ağı Tasarımında Çözüm Teknikleri | 35 |
| 3.9.1 Matematiksel modeller | 35 |
| 3.9.2 Benzetim modelleri | 37 |
| 3.10 Küme Kapsama Modelleri | 37 |
| 3.10.1 Maksimum küme kapsama modeli ile yerleşim yeri belirleme | 40 |
| 3.10.2 P-merkez problemleri | 42 |
| 4. BULANIK HİZMET DÜZEYİNİ DİKKATE ALAN ÇOK KADEMELİ ÇOK | |
| ÜRÜNLÜ BİR TEDARİK ZİNCİRİ AĞI TASARIMI | 44 |
| 4.1 Tedarik Zinciri Ağı Tasarım Probleminin Tanımlanması | 45 |
| 4.2 Modelin Varsayımları | 46 |
| 4.3 Terim ve Notasyonlar | 46 |
| 4.4 Model | 47 |
| 4.5 Farklı Hizmet Düzeyleri İçin Modelin Sonuçlarının Değerlendirilmesi | 50 |
| 4.6 Bulanık Mantık | 56 |
| 4.6.1 Zimmerman yaklaşımı | 58 |
| 4.6.2 Hizmet düzeyinin belirsiz olduğu durum için modelin çözümü | 60 |
| 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER | 66 |
| 7. KAYNAKLAR DİZİNİ | 69 |

İÇİNDEKİLER (devam)**EKLER****EK.1** Müşteri Talep Verileri**EK.2** Modelin Gams Kodları

ŞEKİLLER DİZİNİ

| <u>Sekil</u> | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| 3.1. Tek kademeli tedarik zinciri | 18 |
| 3.2. Çok kademeli tedarik zinciri..... | 20 |
| 3.3. İki kademeli, üç depolu ve üç müşterili bir tedarik zinciri ağı | 24 |
| 3.4. Tedarik zinciri hizmet düzeyi | 30 |
| 3.5. Toplam maliyet fonksiyonu | 31 |
| 3.6. Küme kapsama, maksimum küme kapsama ve p-merkez problemleri arasındaki ilişki | 40 |
| 4.1. Çok ürünlü çok kademeli ağ modeli | 45 |
| 4.2. Hizmet düzeyine bağlı olarak değişen toplam maliyet değerleri..... | 52 |
| 4.3. 200 km mesafe kısıtı altında açılan depoların yerleri ve hizmet noktaları | 53 |
| 4.4. 300 km mesafe kısıtı altında açılan depoların yerleri ve hizmet noktaları | 53 |
| 4.5. 400 km mesafe kısıtı altında açılan depoların yerleri ve hizmet noktaları | 54 |
| 4.6. Üçgensel bulanık sayıların fonksiyonları | 57 |
| 4.7. Maliyet yapıları amaç fonksiyonu için bulanık üyelik fonksiyonu gösterimi | 59 |
| 4.8. Kısıtlara ilişkin üyelik fonksiyonu gösterimi..... | 59 |
| 4.9. Farklı hizmet düzeylerinde amaç için üyelik fonksiyonları..... | 61 |
| 4.10. Modeldeki üçgensel bulanık sayıların üyelik fonksiyonları | 62 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| <u>Cizelge</u> | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| 2.1. Küme kapsama problemleri ile ilgili çalışmalar | 6 |
| 2.2. Tek kademeli tedarik zinciri ağı tasarımına sahip çalışmalar | 9 |
| 2.3. Çok kademedeki ve çok üründen oluşan tedarik zinciri ağı tasarımı ile ilgili çalışmalar..... | 10 |
| 2.4. Tedarik zinciri ağı modellerinde sezgisel yöntemler kullanılarak yapılan çalışmalar..... | 11 |
| 2.5. Tedarik zinciri ağı tasarımında bulanık programlama kullanan çalışmalar | 13 |
| 4.1. Mesafeye bağlı hizmet düzeyi | 50 |
| 4.2. Hizmet düzeyine göre maliyetler | 51 |
| 4.3. 200 km mesafe kısıtı altında model zorlanarak açılan depo sayıları ve oluşan maliyetler..... | 55 |
| 4.4. Hizmet düzeyi bulanıklaştırılarak elde edilen sonuçlar | 64 |

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Artan rekabet fırsatları içerisinde karlılıklarını korumak ve devamlılıklarını sağlamak isteyen firmalar için maliyetlerin en aza indirilmesi kaçınılmaz bir zorunluluktur. Firmaların toplam maliyetleri içerisindeki önemli kalemlerinden biri olan dağıtım maliyetlerinin enküçüklenmesi bu açıdan özel önem arz etmektedir. Bununla birlikte, dağıtım maliyetlerinin enküçüklenmesi, çok farklı boyutlar içermesi ve haliyle birçok belirsizliği içerisinde taşıyor olması sebebiyle çözümü oldukça karmaşık bir konudur. İyi tasarlanmış bir tedarik zinciri ile firmalar ürünlerini daha etkin ve verimli bir şekilde dağıtabilmektedir.

Tedarik zinciri müşteri istek ve ihtiyaçlarını karşılamak için ürün tedarikini, üretimini ve dağıtımını en etkin şekilde düzenleyen faaliyetler bütünüdür. Tedarik zinciri yönetimi (TZY) ise bu üç sisteme ek olarak satın alma, pazarlama-satış, lojistik, planlama ve finans gibi sistemleri de içine alan daha geniş faaliyetler bütünüdür.

TZY’de önceleri başta stok olmak üzere planlama, taşıma süreleri, koordinasyon eksiklikleri vb. birçok maliyet artırıcı unsurlarda artış görülmekteydi. Bunun yanında bilgi ve teknolojiye hızlı gelişmeler, yönetim, bilişim, üretim, pazarlama, lojistik gibi alanlardaki yeni yöntem ve uygulamalar, sistemlerin birlikte ve bir uyum içerisinde çalışmaları gerektiğini ortaya çıkartmıştır.

TZY’de temel amaç yüksek hizmet düzeyi ve daha düşük maliyetlerle müşterinin taleplerini karşılamaktır. Bütünleşik bir yaklaşım ile bir şirket tedarik zinciri ağını tekrar tasarlayarak hizmet düzeyini arttırmakla beraber lojistik ve üretim maliyetlerini de azaltabilmektedir (Bachlaus et al., 2008).

İşletmeler arasında “rekabet benim işletmem ile rakip işletme arasında değil, benim tedarik zincirim ile rakip işletmelerin tedarik zinciri arasındadır” görüşü yaygınlaşmaktadır (Christopher, 1992; Güleş vd., 2009). Birçok işletme etkin tedarik zinciri yönetiminin maliyetleri düşürmede ve pazar payı ile kârı arttırmada büyük fırsatlar getireceğini keşfetmişlerdir. Rekabet koşullarının güçleşmesi nedeniyle artık büyük işletmelerin tedarik zinciri stratejilerini tekrar gözden geçirmeleri gerekmektedir. Bu koşullarda firmalar rekabet edebilmek için tedarik zincirlerini etkin olarak yönetebilmelidir.

Son 20 yılda birçok şirket üretim maliyetlerini olabildiğince düşürmüştür. Bu şirketlerin çoğu kârını ve pazar payını arttırmak için söz edilen stratejilerin bir sonraki adımı olan etkin tedarik zinciri yönetimini öncelikleri haline getirmeye başlamışlardır. TZY sisteminin etkin bir şekilde işletilmesi tarihte önemini gittikçe attırmaktadır. Çünkü önceden şirket yönetiminde daha kritik olduğu düşünülen pazarlama, satış ve finans gibi temel işletme fonksiyonlarının, bir firmanın müşterileri ve tedarikçileri birbirlerinin planlarını biliyorlarsa artık ikinci plana atılmakta ve bilgi sistemi daha çok ön plana çıkmaktadır. Dolayısıyla TZY firmaların tedarik zincirindeki rollerinden bağımsız olarak değil, pazardaki toplam kârı diğer paydaşları ile eşgüdümlü olarak hareket etmesi ve bilgi paylaşımında bulunması ile belirsizlikleri azaltması, kâr pastasını büyütmesi, esnekliği, hızı ve kaliteyi arttırması yönünde önem arz etmektedir (Simchi-Levi et al., 2003).

Bütünleşik bir yapı içerisinde tedarik zinciri yönetimi oldukça karmaşık gözükebilir. Ürünler ve hizmetler müşterinin tüketmek istediği zaman ve yerde yerine getirilmezse hiçbir değer ifade etmez. Bununla birlikte, müşteriler ürün ve hizmet için ellerinde bulunanlardan daha fazlasını ödemek istediklerinde değer katlanarak artar. Dünya üzerindeki pekçok firma için tedarik zinciri ağı birçok nedenden dolayı artarak değerlendirilen bir öneme sahiptir (Ballou, 2004). İşletmeler, iyi tasarlanmış bir tedarik zinciri ağı ile ürünlerini daha etkin şekilde sunabilmekte ve sahip oldukları müşteri hizmet düzeylerini yükseltmektedir.

Araştırmacılar hız, kalite, zaman ve esnekliğin tedarik zinciri rekabetçiliğinde bir itici güç olacağı konusunda hemfikirdirler. Bununla birlikte, işbirliği ve üretim planlamasının erken safhalarındaki yenilikçilik ve müşteriyle uyumluluk da rekabetçilikte oldukça önemlidir. Tedarik zinciri entegrasyonu bilgi teknolojilerinin, karmaşık müşteri gereksinimlerinin, yoğun küresel rekabetin ve yeni ürünler ile pazarda ilk olma arzusunun avantajlarını içerir (Yusuf vd., 2004). Bir şirketin etkin tedarik zinciri tasarımı ve yönetimi, bir malzemenin işlenerek müşteriye bitmiş ürün olarak teslim edilmesine kadar devam eden bir süreçtir. Bu durum tedarik zinciri rekabetçiliğinde anahtar olacaktır (Ross and Jayaraman, 2008).

Tedarik zinciri ağı planlaması, bir ürünün hangi kaynaktan çıkıp hangi talep noktasına (müşteri) ulaşacağını belirleyen özel bir süreçtir. Bu süreç, tesislerin nereye kurulması gerektiğini, kaç adet olması gerektiğini ve açılan tesislere hangi müşterinin atanması gerektiğini belirlemeye yönelik kararlar içerir (Ballou, 2004). Tedarik zinciri ağı tasarımında tesis yerleşimi ve açılan tesislerin müşteri hizmet düzeyi oldukça önemlidir.

İşletmelerde etkin olarak sunulan müşteri hizmeti, talep oluşturmada ve müşteri sadakatini arttırmada öncelikli olarak önemli bir etkiye sahiptir. Hizmet düzeyi, stok sistemlerinin performansını ölçmek için tedarik zinciri yönetimi ve stok yönetiminde kullanılır. Hizmet düzeyi ile ilgili pratikte olduğu kadar literatürde de birçok tanım mevcuttur. Maliyetler ile müşteri hizmet düzeyi arasında ödünleşme vardır. Müşteri hizmet düzeyini arttırabilmek için bilgiyi ve uygun tedarik zinciri ağlarını kullanmak ve stokları, imalat maliyetlerini ve taşıma maliyetlerini azaltmak gerekir. Müşteri hizmeti, müşteri taleplerini karşılamak için perakendecilerin sahip olduğu yetenek olarak tanımlanır. Yani, perakendecinin yeteneği müşteri taleplerini hızlı bir şekilde karşılamaktır.

Çalışmada hizmet düzeyini dikkate alan bir tesis yerleşim problemi ele alınmıştır. Pirkul and Schilling (1991) ve Berman et al. (2002) talep ağırlıklı toplam mesafeyi azaltmak için tesis yerleşim problemini ele almışlardır. Espajo et al. (2003), Tan and Kara (2007) ve ReVelle et al. (2008) maksimum sayıda talep noktasına hizmet

verebilecek bir sistem tasarlamışlardır. Jayaraman and Pirkul (2001), Ross and Jayaraman (2008) ve Bachlaus et al., (2008) tedarik zinciri ağı tasarımında çok kademedeki ve çok üründen oluşan toplam maliyeti en küçükleyecek bir yapı tasarlamışlar ve sezgisel yöntemler kullanarak süre ve maliyet açısından karşılaştırma yapmışlardır. Tesis yerleşim problemlerinde ürün, talep miktarı veya üretim sürecinde belirsizlik yaşandığı durumlarda Batanovic et al., (2009), Peidro et al., (2010) ve Mula et al., (2010) model içerisindeki amaç fonksiyonu veya kısıtlarda bulanıklaştırma yöntemini kullanarak bulanık doğrusal bir model önermişlerdir.

Bu açıdan bakıldığında çalışmanın literatüre katkısı, tedarik zinciri ağının tasarımında müşteri hizmet düzeyi dikkate alınarak karar vericinin farklı seçenekleri göz önüne alıp karar vermesine yardımcı olacak bir model tasarlamaktır. Modelde açılacak depolar ile müşteriler arasındaki mesafe kısıtı değiştirilerek hizmet düzeyi karşılaştırılması yapılmıştır. Ayrıca model içerisinde yer alan mesafenin belirsiz olduğu durumlar için hizmet düzeyi bulanıklaştırılarak model tekrar çözülmüştür. Bu sayede hangi hizmet düzeyinde ne kadar maliyet değişkenliği olduğu gözlenmiştir.

Çalışmanın izleyen bölümleri şu şekildedir: İkinci bölümde tedarik zinciri ağı tasarımı ile ilgili son 30 yılda yapılan çalışmalar incelenmiş, literatür taraması yapılmış ve kısaca bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde tedarik zinciri ve lojistik yönetimi hakkında bilgi verilerek, kavramlar açıklanmıştır. Ardından, tedarik zinciri ağı tasarımı hakkında bilgi verilmiş, tedarik zinciri ağı tasarımının bir işletme için neden gerekli bir unsur olduğu üzerinde durulmuş, ağ tasarım problemlerinin çözümünde kullanılan belli başlı teknikler anlatılmış, küme kapsama ve maksimum küme kapsama problemlerinden bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde müşteriler ile depolar arasındaki hizmet düzeyini dikkate alan tedarik zinciri ağı tasarımı için bir model önerilmiştir. Modelde düşük, orta ve yüksek olmak üzere üç hizmet düzeyi tanımlanmıştır. Daha sonra bulanık doğrusal programlama modeli ile modelde yer alan mesafe kısıtına bağlı hizmet düzeyi bulanıklaştırılarak model tekrar çözdürülmüştür. Beşinci bölümde ise sonuç ve gelecek araştırmalar için öneriler sunulmuştur.

BÖLÜM 2

TEDARİK ZİNCİRİ AĞI TASARIMINA İLİŞKİN ÇALIŞMALAR

Lojistik kavramını da içine alan tedarik zinciri; ürün, hizmet, bilgi ve finansal değerlerin içinde olduğu çift yönlü bir akışın var olduğu tedarikçi, üretici, toptancı ve perakendeci işletmelerini ortak amaçlar doğrultusunda etkin bir şekilde bütünleştirmektedir. Tedarik zinciri, ürünleri doğru miktarda, doğru yerlere ve doğru zamanda ulaştırmak amacı ile tüm sistemin süre ve maliyetlerinin en aza indirilmesine ve müşterinin zevk ve tercihlerine odaklı esnekliğin yaratılmasına imkân veren faaliyetler bütünüdür (Ballou, 2004).

Rekabetin yoğun olarak yaşandığı bir pazarda ayakta kalmaya çalışan işletmeler, rekabet avantajı kazanmak için müşteri odaklı çalışmak zorundadırlar. Bu da sürekli değişen müşteri gereksinimleri karşısında esnek ve hızlı olmayı gerektirmektedir. Bu anlamda tedarik zinciri yönetimi (TZY) oldukça etkili bir yaklaşımdır. İşletmeler artık rekabet ortamına sadece kendi öz yapıları ile değil, ortaklaşa çalıştığı tüm diğer işletmelerle birlikte bir ekip olarak katılmakta ve böylece rekabette tedarik zincirine karşı tedarik zinciri yönetimi kavramı ortaya çıkmaktadır.

İyi tasarlanmış bir tedarik zinciri tedarikçiler, üreticiler, dağıtım tesisleri ve dağıtım kanalları arasında etkin bir çalışmanın gerçekleşebilmesi için önemli bir anahtardır. Değişen ekonomik ve politik çevreler, çok uluslu şirketleri, var olan üretim ve dağıtım ağlarını tekrar tasarlamaya ve en düşük maliyetle müşteri hizmet düzeylerini karşılamak için yeni stratejiler geliştirmeye teşvik etmektedir. İşçi maliyetleri ve düzenlemeler, verimlilik, vergiler ve görevler uluslararası ortamda firmanın konumunu değiştirebilmekte, yerleşim yerlerinin cazibesini arttırabilmekte ve paydaşlarına daha yüksek değer sunabilmeleri için tedarik zinciri ağlarını tekrar tasarlamaları konusunda firmaları cesaretlendirebilmektedir (Kırca ve Köksalan, 1996).

Müşteri hizmeti hammadde siparişinden ürünün müşteriye bitmiş olarak teslimine kadar satış memnuniyet faaliyetlerinin zincirini oluşturan bir sistemdir. Bu açıdan bakıldığında, işletmeler TZY’de müşteri istek ve ihtiyaçlarını kolay, rahat ve güvenilir bir şekilde karşılamak zorundadır. Hizmet düzeyi müşterinin ihtiyaçlarına, sektörün durumuna, ürünün özelliklerine ve yöneticilerin tutumuna göre değişebilen bir kavramdır. Örneğin, bazı müşteriler gıda gibi ürünlerde siparişlerinin acil ulaştırılmasını tercih ederken, bazıları ise makine parçası gibi ürünlerde siparişlerinin daha geç ulaştırılmasını tercih etmektedir. Bu yüzden hizmet düzeyi kavramı, yapısında kesinlik içermeyen belirsiz bir durumdur.

Çalışmada genel olarak hizmet düzeyini dikkate alan bir tesis yerleşimi problemi ele alınmıştır. Tesis yerleşim problemleri, müşteri taleplerini karşılama ve müşterileri uygun yerleşim yerlerine atamaya odaklanmıştır. Bu açıdan bakıldığında çalışmalar toplam maliyeti en küçükleme için hangi tesisin kullanılması veya açılması gerektiğini ve hangi müşterilerin hangi tesislere atanması gerektiğini belirlemeye yöneliktir (Jula and Leachman, 2011). Tesis yerleşim problemlerinde küme kapsama modelleri, müşteri ile tesis arasında izin verilen en büyük mesafede belirlenen hizmet standardını sağlamak için kullanılmaktadır. Küme kapsama modellerinin amacı, bütün müşterilere hizmet sağlanacak şekilde tesis sayısını en küçükleme. Literatür incelendiğinde [(Pirkul and Schilling, 1991), (Adenso-Diaz and Rodriguez, 1997), (Alminana and Pastor, 1997), (Daskin and Owen, 1999), (Galvao et al., 2000), (Berman and Krass, 2002), (Berman et al., 2002), (Borras and Pastor, 2002), (Harewood, 2002), (Marianov and Serra, 2002), (Berman et al., 2003), (Espajo et al., 2003)] birçok araştırmacının küme kapsama yerleşim problemleri ile ilgili çalışmalar yaptığı görülmektedir (Çizelge 2.1) (ReVelle et al., 2008).

Çizelge 2.1. Küme Kapsama Problemleri İle İlgili Çalışmalar

| Yazar adı (yılı) | Çalışmanın türü | Çalışmanın sonuçları |
|-----------------------------|----------------------------------|---|
| Pirkul and Schilling (1991) | Kapasiteli maksimum küme kapsama | Maksimum sayıda talep noktasına hizmet götürme üzerine çalışılmış ve en iyi sayıda tesis sayısı hesaplanmıştır. |

Çizelge 2.1. Küme Kapsama Problemleri İle İlgili Çalışmalar (devamı)

| | | |
|----------------------------------|---|---|
| Adenso-Diaz and Rodriguez (1997) | Maksimum kapsama yerleşim problemi | Çalışma, 500.000 nüfuslu bir şehirde ambulans istasyonlarının yerleşimi üzerine yapılmıştır. Tabu arama yaklaşımı ile 25 ambulansın, 25 dakikada nüfusun %95'ine hizmet edilebildiği görülmüştür. |
| Alminana and Pastor (1997) | Küme kapsama problemi | Yeni bir sezgisel yöntem ile 500 düğümlü bir problem ele alınmış ve yöntemin Lagrange Gevşetmesi'nden daha hızlı çözümler verdiği görülmüştür. |
| Daskin and Owen (1999) | Kısmi küme kapsama ve kısmi p-merkez problemi | Çalışma iki tesis yerleşim problemini (küme kapsama ve p-merkez) 150 düğüm noktası ile karşılaştırmış ve sonuçta her iki yönteminde kapsama mesafesi için önemli katkılar sağladığı görülmüştür. |
| Galvao et al. (2000) | Maksimum küme kapsama yerleşim problemi | Çalışmada Lagrange gevşetmesi ile Surrogate gevşetmesi arasında karşılaştırma yapmıştır. Problemden, tamsayı programlama ile Surrogate gevşetmesi Lagrange gevşetmesinden daha iyi sonuçlar vermektedir. |
| Berman and Krass (2002) | Genelleştirilmiş maksimum kapsama problemi | 5 farklı durum için Greedy algoritması ile CPLEX çözücüsü arasındaki çözüm performansı değerlendirilmiştir. |
| Berman et al. (2002) | Depo yerleşim problemi | Talep ağırlıklı toplam mesafeyi azaltmak için tesis yerleşim problemi ele alınmıştır. Üretim tesisi ile talep noktası, talep noktası ile depo ve depo ile tesis arasındaki toplam taşıma maliyeti enküçüklenmektedir. |
| Borras and Pastor (2002) | Stokastik küme kapsama yerleşim problemi | Çalışma yeni bir model önerisi ile yerleşim yerlerinin güvenilirliği üzerine yapılmış ve 55 düğüm noktası ile değerlendirilmiştir. |
| Harewood (2002) | Çok amaçlı ambulans yerleşim problemi | Çalışmada, potansiyel ambulans yerlerini belirlemek üzerine toplam maliyeti enküçükleyen ve maksimum toplam kapsama mesafesini enbüyükleyen iki amaçlı bir model önerilmiştir. |

Çizelge 2.1. Küme Kapsama Problemleri İle İlgili Çalışmalar (devamı)

| | | |
|---------------------------|--|---|
| Marianov and Serra (2002) | Çoklu hizmet merkezlerinin yerleşimi problemi | Sezgisel bir yöntem ile en az sayıda yerleşim yeri ile maksimum yere hizmet etmek amaçlanmıştır. Sonuçta bu yöntem talep ağırlıklı gidilen yolu azaltmak için her zaman en iyi sonucu vermemektedir. |
| Berman et al. (2003) | Kademeli küme kapsama yerleşim problemi | Küçük boyutlu problemler için kapasitesiz tesis yerleşimi probleminin özel durumları ele alınmıştır. Karşılaştırmalı hesaplamalar yapılmamıştır. |
| Espajo et al. (2003) | Hiyerarşik küme kapsama yerleşim problemi | Çalışmada, düşük seviyeli tesis için düşük hizmet düzeyi, yüksek seviyeli tesis için düşük ve yüksek hizmet düzeyi olmak üzere üç tip kapsama mesafesi ele alınmıştır. Problem Lagrange ve Surrogate gevşetmeleri ile çözdürülerek karşılaştırılmıştır. |
| Tan and Kara (2007) | En Son Gelişli Küme Kapsama Problemini (The Latest Arrival Hub Covering Model) | Tamsayı bir matematiksel model ile en hızlı ve en güvenilir şekilde, kargo taşımacılığında 24 saat içerisinde maksimum yere hizmet verebilecek bir sistem tasarlanmıştır. |
| Berman and Huang (2008) | Minimum ağırlıklı kapsama yerleşim problemi | Çalışma, ağ üzerinde arzu edilmeyen tesislerin yerleşimi üzerine yapılmıştır. |
| ReVelle et al. (2008) | Maksimum küme kapsama problemi | Yüksek kapsama seviyeli yerleşim probleminde meta-sezgisel bir yöntem ile matematiksel bir model çözdürülmüş ve sonuçta en iyiye yakın daha hızlı sonuçlar verdiği görülmüştür. |
| Ghodsi et al. (2010) | Kapasiteli kısıtlar altında tek kullanımlı küme kapsama problemi | Çalışma, ana üs yerleri belirleyerek kapasiteli tesisler altında üsler ve düğümler arasında maliyeti en küçükleyecek şekilde ürün taşımacılığını gerçekleştirme üzerine yapılmıştır. |
| Davari et al. (2011) | Bulanık maksimum kapsama yerleşim problemi | Bulanık yolculuk süresi dikkate alınarak tavlama benzetimi ve bulanık benzetim sezgiseli kullanılmıştır. Tavlama benzetimi yaklaşımı eniyi sonucun %1.35 |

| | | |
|--|--|------------------------------|
| | | altında iyi sonuç vermiştir. |
|--|--|------------------------------|

Tedarik zinciri ağı tasarımı için eniyileme temelli yaklaşımların sayısı oldukça fazladır (Artntzen, 1991) ve (Cohen and Moon, 1991). Diğer çalışmalar etkin bir üretim ve dağıtım sistemlerinin tasarımı ile ilgili olarak lojistik operasyonlarının koordinasyonu üzerine odaklanmıştır (Cohen and Lee, 1988) ve (Eskigun et al., 2005). Büyük ölçekli problemlerde en iyi çözümün bulunması oldukça zor olduğundan, araştırmaların birçoğu deterministik karma tamsayılı programlama modelleri geliştirmiş ve geliştirilen modellerin çözümü için yeni algoritmalar üzerinde odaklanmıştır (Chaug and Hui-Chieh, 2011). Bu çalışmaların bir kısmı (Çizelge 2.2) tek kademeli tedarik zinciri ağı sistemine sahip olup en uygun sayıda tesis yerleşimi sayısını belirlemek üzerine yapılmıştır.

Çizelge 2.2. Tek Kademeli Tedarik Zinciri Ağı Tasarımına Sahip Çalışmalar

| Yazar adı (yılı) | Çalışmanın türü | Çalışmanın sonuçları |
|-------------------------|---|---|
| Dasci and Verter (2001) | Tek ürünlü, tek kademeli tesis yerleşimi problemi | Kapasite ve teknoloji ekipmanlarının eniyilenmesi için analitik bir yaklaşım önermişlerdir |
| Dasci and Verter (2002) | Tek ürünlü, tek kademeli çok tesisli tesis yerleşimi problemi | Tamsayılı doğrusal olmayan programlama modeli ile tesis yerleşimi, kapasite gereksinimi ve teknoloji seçim üzerine çalışma yapmışlardır |

Araştırmacıların birçoğu çok kademededen ve çok üründen oluşan (Çizelge 2.3) bir tedarik zinciri ağı tasarımı için maliyetleri en küçüklemeye yönelik modeller önermiştir.

Çizelge 2.3. Çok Kademeden ve Çok Üründen Oluşan Tedarik Zinciri Ağı Tasarımı İle İlgili Çalışmalar

| Yazar adı (yılı) | Çalışmanın türü | Çalışmanın amacı ve sonuçları |
|------------------------------|--|---|
| Ratliff et al., (1999) | Ford montaj atölyesinden toplu terminaller (çapraz yükleme) | Her bir müşterinin siparişini son noktaya kadar göndermek için taşıma modeli üzerinde maliyet enküçüklenmeye çalışılmıştır. |
| Nozick and Turnquist (2001). | Çok kademeli tedarik zinciri ağı tasarımında dağıtım merkezi yeri belirleme kararı | Çalışmada hizmet düzeyi temelinde stok, ulaştırma ve toplam maliyet arasında ödünleşme dikkate alınarak maliyet karşılaştırılması yapılmıştır. |
| Melkote and Daskin (2001). | Tesis yerleşimi ve ulaşım ağı tasarımı problemlerini eş zamanlı olarak eniyileme | Dağıtım ağı probleminin özel durumu modellenerek etkin olarak çözülmüştür. Problem 40 düğümden ve 160 bağlantı noktasında fazla olup iki dakikadan daha az bir sürede çözdürülmüştür. |
| Hwang (2002). | Dağıtım merkezi, araç rotalama çizelgeleme | Lojistik sistemin performansını eniyilemeye yönelik dağıtım merkezleri ve müşterileri kapsayacak lojistik ağı tasarlanmıştır. |
| Daskin (2002). | Bir veya çok tedarikli, dağıtım merkezli ve perakendeciden oluşan üç kademeli sistem | Dağıtım merkezlerinin en uygun sayıda olmasını belirlemek, yerleşim bölgelerini tespit etmek ve perakendecileri dağıtım merkezlerine atanmasını gerçekleştirmektir. |
| Yan et al., (2003) | Ürün ağacını dikkate alan çok ürünlü çok kademeli doğrusal programlama modeli | Uluslararası tedarik zincirinde üretim-dağıtım stratejisi ile ürünlerin müşterilere en düşük maliyetle ulaştırılması üzerine çalışılmıştır. |
| Gumus and Bookbinder (2004), | Orta büyüklükte çoklu tedarik zinciri ağı tasarımı | Tedarik zinciri ağındaki toplam maliyeti en küçükleyecek model geliştirilmiştir. |
| Romeijn et al., (2007). | Çok kademeli bir dağıtım ağı tasarımı | Dağıtım merkezlerinin yerleşimi ve işletim maliyeti, toplam taşıma maliyeti, ürünleri stokta tutma maliyetleri, stok dışı kalma maliyeti, güvenlik stoğu seviyesi ve işletim maliyetlerini dikkate alan bir model önerilmiştir. |

Çizelge 2.3. Çok Kademeden ve Çok Üründen Oluşan Tedarik Zinciri Ağı Tasarımı İle İlgili Çalışmalar (devamı)

| | | |
|------------------|---|--|
| Nagurney (2010). | Deterministik, karma tamsayılı, çok kademeli bir tedarik zinciri ağı modeli | İmalat, depolama ve dağıtım gibi tedarik zinciri aktiviteleri ile ilgili müşteri taleplerini karşılamak ve toplam maliyeti belirlenmek üzerine model önerilmiştir. |
|------------------|---|--|

Erişilebilen literatür incelendiğinde bazı tedarik zinciri ağı modellerinin gerçek çözümleri ile sezgisel yöntemler kullanılarak yapılan çözümleri arasında maliyet ve süre bakımında karşılaştırma yapıldığı görülmektedir (Çizelge 2.4).

Çizelge 2.4. Tedarik Zinciri Ağı Modellerinde Sezgisel Yöntemler Kullanılarak Yapılan Çalışmalar

| Yazar adı (yılı) | Çalışmanın türü | Çalışmanın amacı ve sonuçları |
|------------------------------|--|---|
| Hinolosa et al., (2000) | Çok periyotlu, iki kademeli, çok ürünlü ve kapasiteli yerleşim problemi | Problemin çözümünde sezgisel yöntem olan Lagrangean gevşetmesinden elde edilen alt sınır seviyesindeki en uygun çözümü elde etmek için hangi tesisin ve deponun açılıp kapanacağı ve ne kadar miktardaki ürünün tesislerden depolar vasıtasıyla müşterilere gönderileceğini belirleme kararı verilmektedir. |
| Jayaraman and Pirkul (2001). | Çok ürünlü üretim-dağıtım tesis yerleşimi (production-distribution) ve dağıtım planlama problemini (distribution planning) | Lagrange gevşetmesi sezgiseli temelinde karma tamsayılı programlama modeli ile problem çözülmüş ve maliyet ve süre temelinde değerlendirilmiştir |

Çizelge 2.4. Tedarik Zinciri Ağı Modellerinde Sezgisel Yöntemler Kullanılarak Yapılan Çalışmalar (devamı)

| | | |
|-----------------------------|---|--|
| Antunes and Peeters (2001). | Dinamik modüler kapasiteli tesis yerleşim problemleri | Amaç, verilen planlama uzayında açılacak tesislere karar vererek var olan tesisleri genişleterek veya kapatılarak müşteri taleplerini karşılamak için en küçük maliyeti bulmaktır. Tavlama benzetimi sezgiseli kullanılmıştır. |
| Romeijn et al., (2003). | Çok periyotlu tek kaynaklı problem | Sınırsız depolama ve kapasiteye sahip tesislerin yerleşimi, depoların stok büyüklüğü ve ürün teslim süresi belirlemede Greedy sezgiseli ile sonuç karşılaştırması yapılmıştır. |
| Jayaraman and Ross (2003). | Tek merkezi imalat tesisi, çoklu dağıtım merkezli ve çapraz yükleme sistemli, çok ürünlü, çok müşterili | Üretim, lojistik, dışsal taşıma ve ulaştırma (PLOT) tasarım sistemi iki stratejide ele alıp çözdürülmüştür. |
| Ross and Jayaraman (2008). | Çoklu ürünlü, merkezi imalat tesisi, çoklu çapraz yükleme ve dağıtım merkezleri ve perakendeciler | Tedarik zinciri ağı tasarımında çapraz yükleme yerlerinin ve dağıtım merkezlerinin yerleşimi için Tavlama Benzetimi sezgisel çözüm prosedürleri ile değerlendirme yapılmıştır. |
| Bachlaus et al., (2008). | Çok kademeli çok ürünlü tedarik zinciri ağı tasarımında çeviklik (agility) | En iyi tedarikçi, tesis ve dağıtım merkezi sayılarını belirleyerek ve çapraz yükleme noktası-müşteri atamasını gerçekleştirerek etkin bir dağıtım sistemi sağlamaktadır. |
| Qin et al., (2009). | Çok ürünlü, çok kademeli tedarik zinciri ağı tasarımı. | Stokastik normal dağılan müşteri talepleri ve doğrusal olmayan karmaşık tam sayılı programlama modeli ile tesis yerleşim kararları alınmıştır. Tavlama benzetimi algoritması ile geliştirilmiştir. |

Tedarik zinciri ağ tasarım problemlerinde ürün, talep miktarı veya üretim sürecinde belirsizliğin olduğu durumlarda model içerisindeki amaç fonksiyonu veya

kısıtlarda bulanıklaştırma yöntemine gidilmektedir. Literatürde bulanık programlama ile ilgili son yıllarda yapılan çalışmalar Çizelge 2.5'deki gibidir.

Çizelge 2.5. Tedarik Zinciri Ağı Tasarımında Bulanık Programlama Kullanan Çalışmalar

| Yazar adı (yılı) | Çalışmanın türü | Çalışmanın amacı ve sonuçları |
|--------------------------|---|--|
| Batanovic et al., (2009) | Maksimum kapsama probleminde bulanık mantık | Talepleri eşit öneme sahip, talepleri ağırlıklı olan ve talepleri hem ağırlıklı hem de bulanık olan üç farklı kapsama problemi üzerinde çalışılmıştır. |
| Liang and Cheng (2009). | Çok ürünlü, çok periyotlu bulanık dağıtım planlama kararı problemi | Önerilen Çok amaçlı doğrusal programlama modeli ile stok seviyeleri, makine kapasiteleri ve işçi seviyelerini dikkate alınarak toplam maliyetleri ve toplam teslim zamanı enküçüklemeye gidilmiştir. Karar verici önerilen model ile belirsizlik ortamında çok amaçlı yönetim problemleri çözülebilmektedir. |
| Bilgen (2010). | Belirsizlik ortamında üretim-dağıtım planlama problemi | Üretim ve dağıtım planlama üzerine önerilen modelin kapasite kısıtlarında bulanıklaştırma hesaba katılarak model bulanık hale dönüştürülmüştür. Önerilen modelin uygulanabilirliği ve esnekliği bir vaka çalışması ile örneklenmiştir. |
| Peidro et al., (2010). | Çok kademeli, çok ürünlü, çok periyotlu, çok seviyeli taktiksel seviyeli bulanık bir tedarik zinciri tasarımı | Çalışmanın amacı müşteri taleplerini en düşük maliyet ile karşılayabilmek için mevcut kaynakların en uygun bir şekilde kullanılmasıdır. Önerilen model gerçek veriler ile otomobil imalatçısı için kullanılarak test edilmiştir |

Çizelge 2.5. Tedarik Zinciri Ağı Tasarımında Bulanık Programlama Kullanan Çalışmalar (devamı)

| | | |
|----------------------|---|---|
| Mula et al., (2010). | Belirsiz talep altında bulanık matematiksel programlama yaklaşımı | Pazar talebinin belirsiz olduğu tedarik zinciri ağ planlama problemlerinde bulanık programlama hakkında daha fazla bilgi elde etmeye yönelik etkili bir örnek çalışma olmuştur. |
| Kumar et al., (2011) | Bulanık doğrusal programlama modeli | Zadeh et al., (2009) tarafından lexicography metodu kullanılarak oluşturulan bulanık doğrusal programlama modelini geliştirerek yeni bir boyut kazandırmıştır. Önerilen model farklı sayısal veriler kullanılarak çözdürülmüş ve çıkan sonuçlar birbirine göre karşılaştırılmıştır. |

Yapılan çalışmalar incelendiğinde, çalışmalarda genellikle çok kademedен ve çok üründen oluşan bir tedarik zinciri ağı tasarımı için maliyetleri en küçükmeye yönelik modeller önerilmiştir. Erişilebilen literatür dikkate alındığında, tedarik zinciri ağı tasarımında müşteri hizmet düzeyini dikkate alan çalışmaların önemi ve gerekliliği ortadadır. Yüksek hizmet düzeyi, katlanılan maliyeti sebebiyle işletmelerde çok nadir karşılaşılan bir durumdur. Maksimum sayıda müşteriye hizmet etmek, hizmet süresi ve toplam maliyet göz önüne alındığında karşılanması zor bir ölçüttür. Bu açıdan bakıldığında çalışmanın literatüre katkısı, müşteri hizmet düzeyi dikkate alınarak tedarik zinciri ağının tasarımında farklı seçenekleri göz önüne alarak karar vericinin karar vermesine yardımcı olacak bir model tasarımını amaçlamak olmuştur.

Model, tedarikçiler, tesisler, depolar ve müşteriler olmak üzere üç kademedен oluşan bir tedarik zincirini ele alan çok ürünlü bir yapı içermektedir. Çalışmanın amacı çok kademeli bir tedarik zinciri ağı tasarımı probleminde açılan depolar ile müşteriler arasındaki hizmet düzeyinin değişkenliğini (düşük, orta ve yüksek) dikkate alarak en uygun depo yerlerini ve sayısını belirlemektir. Modelde açılacak depolar ile müşteriler arasındaki mesafe kısıtı değiştirilerek hizmet düzeyi karşılaştırılması

yapılmıştır. Ayrıca model içerisinde yer alan mesafenin belirsiz olduğu durumlar için hizmet düzeyi bulanıklaştırılarak model tekrar çözülmüştür. Bu sayede hangi hizmet düzeyinde ne kadar maliyet değişkenliği olduğu gözlenmiştir.

BÖLÜM 3

TEDARİK ZİNCİRİ AĞI TASARIMI

Tedarik zinciri ağı tasarımına ilişkin bilgilerin verilmesinden önce tedarik zinciri ve tedarik zinciri yönetimi ile ilgili bilgiler verilecektir.

3.1. Tedarik Zinciri Nedir?

Tedarik kavramı “araştırıp bulma, elde etme, sağlama” tedarikçi ise “gerekli malzemeyi sağlayan kimse” anlamına gelmektedir (TDK, 2010). Tedarik zinciri, ürünlerin hammadde evresinden son tüketiciye ulaşana kadar olan hareketlerin, süreçlerin ve faaliyetlerin bütünü olarak tanımlanmıştır. Daha da önemlisi tedarik zinciri tüm bu etkinliklerin izlenebilmesi için gerekli olan bilgi sistemlerini de içermektedir. Literatürde tedarik zincirine ilişkin birçok tanım mevcuttur.

Tedarik zinciri; malzemelerin tedarik edilmesi, tedarik edilen malzemelerin yarı mamul veya nihai ürünlere dönüştürülmesi ve nihai ürünlerin müşterilere dağıtılması fonksiyonlarını yerine getiren tedarikçiler, fabrikalar, depolar, dağıtım merkezleri ve perakendeciler ağıdır (Lee and Billington, 1992).

Tedarik zinciri hammaddelerin tedarikini, üretim ve montajını, depolanmasını, stok kontrolünü, sipariş yönetimini, dağıtımını ve hammaddelerin nihai ürüne dönüştürülüp müşteriye ulaştırılmasını içeren faaliyetler ve tüm bu faaliyetlerin izlenebilmesi için gerekli olan bilgi sistemi olarak tanımlanabilir. (Lummus and Vokurka, 1999; Simchi-Levi et al., 2003).

Tedarik Zinciri Konseyi (Supply Chain Council) tedarik zincirini, nihai ürünün üretimi ve teslimi için tedarikçinin tedarikçisinden müşterilerin müşterilerine kadar gösterilen gerekli tüm çabalar olarak tanımlamaktadır.

Sarkis (1999), geriye doğru lojistik konularını da içermesi durumunda tedarik zincirinin yeşil tedarik zinciri olarak tanımlanabileceğini belirtmiştir. Yeşil tedarik zincirinde, bir tedarik zincirinde verilen tüm kararlarda çevre konuları da dikkate alınmaktadır ve malzemelerin geri dönüşümü, tekrar kullanımı gibi konular da tedarik zincirinin bir bileşeni olarak değerlendirilmektedir (Eleren, 2008).

Dar anlamda tedarik zinciri terimi, farklı ülkelerdeki büyük şirketlerin birbirlerine farklı noktalardan bağlandığını ifade eder. Çok uluslu şirketler için malzeme, bilgi ve finansal akışların koordinasyonunun sağlanması için en etkin çözüm iyi bir tedarik zincirinin kurulmasıdır. Bu şirketler parça, bileşen ve nihai ürün üreten firmalar, hizmet sağlayıcıları ve hatta son müşterinin kendisi olabilir. Geniş anlamda tedarik zinciri ise, kurumlar arasındaki pazarlama, üretim, satın alma, lojistik ve finans gibi fonksiyonların yakın ilişkisini ifade eder (Stadler and Kilger, 2000).

Tedarik zinciri içerisinde yer alan üyeler, tedarikçiler, üreticiler, dağıtım merkezleri ve müşterilerdir. Dağıtım kanalında, dağıtımı yapılan mal ve hizmetin çeşidine ve hedef müşteri kitlesine göre dağıtım stratejisini belirleyip hayata geçiren taraf üreticilerdir. Dağıtım noktaları veya dağıtıcılar, ürün ya da yarı mamulün fabrikanın kapısından müşteriye ulaşması için taşıma, depolama, envanter vb. faaliyetleri üstlenen tedarik zinciri üyeleridir. Tüketiciler veya müşteriler ise sosyal, kültürel ve ekonomik olarak sınırsız imkânlarını karşılamak için nihai ürün veya hizmeti sınırlı kaynakları vasıtasıyla satın alıp nihai olarak kullanan ve ürünü hiçbir ticari ilişkiye sokmayan kişidir.

Tedarik zinciri bir işletmenin faaliyetlerindeki malzemelerin hareketine odaklanır. Gerçekte işletmeler izole bir şekilde çalışmazlar. Örneğin bir işletme başka bir işletmeden mal aldığı zaman müşteri, aynı işletme başka bir firmaya mal tedarik ettiği zaman ise satıcı yani tedarikçi konumuna geçmektedir. Bir toptancı imalatçıdan ürün aldığı zaman onun müşterisi olurken aynı toptancı perakendeciye ürün sattığı zaman da perakendecinin tedarikçisi olmaktadır (Waters, 2003).

Bu tanımlamalardan hareketle tedarik zincirinde; ürün, hizmet, bilgi ve finansal değerlerin taşındığı çift yönlü bir akışın var olduğu görülmektedir. Tedarik zinciri müşteri-tedarikçi şeklinde bir yapı oluşturan işletmeler amaçlarına ulaşabilmesi için değer yaratan etkinlikler bütünüdür.

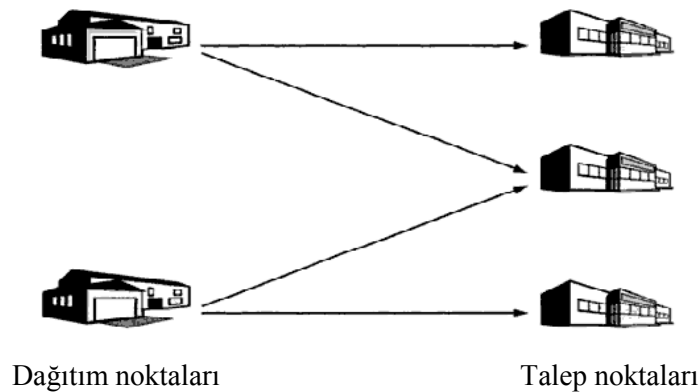
3.2. Tedarik Zincirine İlişkin Sınıflandırmalar

3.2.1. Kademeye göre sınıflandırma

Tedarik zincirleri, karmaşıklığına göre çeşitlilik gösterir. Tek kademeli tedarik zinciri, hammaddelerin elde edilmesi, üretim ve dağıtımın malzeme akış fonksiyonlarını birleştirir. Bu çeşit tedarik zincirinde birçok bilgi işleme ve karar verme fonksiyonu bulunmaktadır. Çok kademeli tedarik zincirleri, çok şirketli tedarik zincirleri olmalarına rağmen özellikle de tek kademeli tedarik zincirlerinin çoklu kopyalarıdır.

3.2.1.1. Tek kademeli tedarik zinciri

Tek kademeli tedarik zinciri, talep noktaları ile dağıtım noktaları arasında başka bir üye olmaksızın ürün akışının sağlandığı bir tedarik zinciri ağıdır. Şekil 3.1’de tek kademeli bir tesis yerleşimi gösterilmektedir. Buna göre bütün ürünler, müşteriler ile üretim tesisleri arasında hiçbir yere takılmadan ilerleyebilmektedir.



Şekil 3.1 Tek Kademeli Tedarik Zinciri

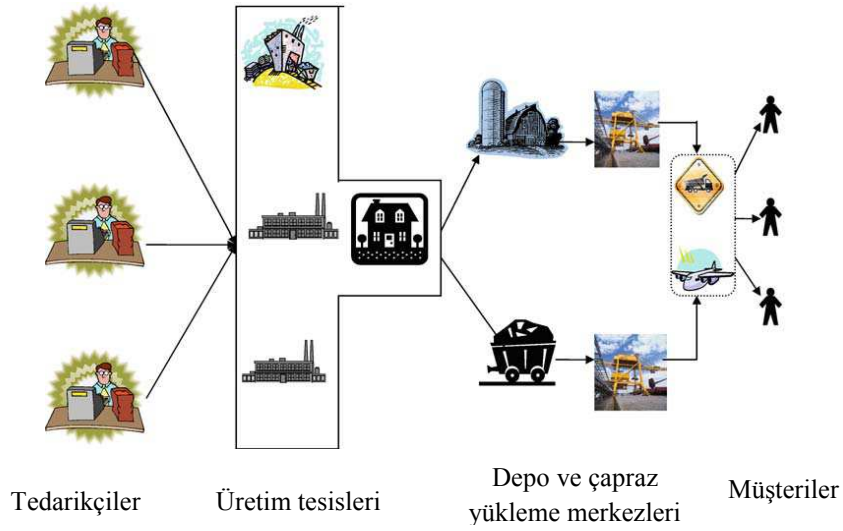
Tek kademeli tedarik zinciri problemlerinde aşağıdaki varsayımlar geçerlidir (Ghiani vd., 2004):

- Yerleştirilen tesisler homojendir (hepsi bölgesel depolardır).
- Hem dışarıdan tesislere hem de tesislerden dışarıya malzeme akışı vardır.
- Bütün malzeme akışları homojendir ve tek bir ürün gibi düşünülmektedir.
- Ulaştırma maliyetleri doğrusaldır veya parçalı doğrusal ve konkavdır.
- Tesis işletim maliyetleri parçalı doğrusal veya konkavdır.

Bu tür problemlerde kısıtlayıcılar ikinci varsayımlardır. Tek kademeli tedarik zinciri üretim sürecinde kullanılan hammaddeden daha az ağırlığı olan demir ve kömür gibi işlenerek bitmiş ürünlere sahip üretim tesislerinin yerleştirilmesi bağlamında ele alınır. Diğer bir uygulama bir dağıtım şirketi için depo yerlerinin belirlenmesinde ortaya çıkar. Depo veya dağıtım merkezi yeri belirlenmesi sürecinde tesislerin depo, talep noktalarının da müşteri olarak atanması sağlanır (Ghiani vd., 2004).

3.2.1.2. Çok kademeli tedarik zinciri

şekil 3.2’de çok kademeli bir tedarik zinciri ağı gösterimi vardır. Bu sisteme göre hammaddeler öncelikle bir tedarikçiden alınmakta ve ardından üretim tesislerinde işlem görerek nihai ürün olarak müşteriye teslim edilmektedir. Bu sistemde bitmiş ürün, müşteriye teslim edilene kadar zincirin her üyesinde farklı bir işlem görür.



Şekil 3.2. Çok Kademeli Tedarik Zinciri (Jayaraman and Pirkul, 2001)

Çok kademeli tedarik zinciri, üretim ve dağıtım sisteminin tasarlanması, yerleşim yerlerinin ve üretim-dağıtım tesislerinin eniyilenmesi konularıyla ilgilenmektedir. Müşterilerin taleplerininin karşılanması için her bir dağıtım tesisine atanmalıdır. Son olarak dağıtım tesislerinin, hizmet seviyelerinin ve müşteri noktalarının tekrar tasarlanması için rotalar belirlenmelidir.

İki kademeli çok ürünlü yerleşim problemlerinde, homojen tesisler tek kademeli tek ürünlü problemler gibi yerleştirilmelidir. Aynı zamanda tesislere gelen ve tesislerden çıkan ürünler sistemin içinde ve süreçle alakalı olmakla birlikte malzeme akışları da homojendir. Çok kademeli tedarik zincirinde ulaşım maliyetlerinin doğrusal olduğu ve her bir tesis için sabit ve marjinal maliyetler ile özelleştirildiği varsayılmaktadır (Ghiani vd, 2004).

3.2.2. Ürün çeşidine göre sınıflandırma

Tedarik zincirinde ürünün özelliklerine göre müşterilerin beklentisi olmaktadır. Araştırmalar standart (fonksiyonel), yenilikçi ve hibrid ürünler olmak üzere üç tip ürün çeşidi üzerinde yoğunlaşmaktadır (Singhal, 2002; Şerbetçioğlu, 2007).

3.2.2.1. Standart ürünler

Standart ürünlerin sabit bir talebi vardır ve bu ürünlerin tasarım özellikleri ve üretim gereksinimleri zaman içerisinde çok yavaş değişmektedir. Bu istikrardan dolayı, firma ile müşteri iletişimi sürekli olmaktan öte daha çok periyodik zaman aralıklarında gerçekleşmektedir. Standart ürünlere, önemli bileşenlerin temin edildiği birkaç tedarikçisi olan tost makineleri, elektrikli testere gibi cihazlar ve el aletleri örnek verilebilir. Bu tür ürünler genellikle ürün hayat döngüsünün büyüme aşamasından sonraki aşamalarında yer alırlar.

3.2.2.2. Yenilikçi ürünler

Yenilikçi ürünler, yeni müşterileri ve pazarları hedeflemiş olan, değişen müşteri ihtiyaçlarına uyum gösterebilen yeni ve farklılık yaratan ürünlerdir. Bu ürünler sürekli müşteri irtibatı gerektirmekte, belirsiz talebe sahip olmakta ve bu ürünlerin tasarımları değişken olabilmektedir. Bu tip ürünler ürün yaşam döngüsünün giriş ve gelişme aşamalarında yer alırlar. Yeni çıkan elektronik cihazlar buna örnek verilebilir. Bir tedarik zincirinde yenilikçi ürünlerin taşınması ve müşteriye ulaştırılması oldukça zor bir faaliyet olmakla birlikte geliştirilmeye açıktır.

3.2.2.3. Hibrid ürünler

Hibrid ürünler, bileşenleri değişebilen ve bileşen sayıları birden çok olan ürünler olmakla birlikte standart ve yenilikçi ürünlerin karışımından oluşan karmaşık ürünler de olabilmektedir. Otomobiller ve diğer montajlanmış ürünler buna örnek verilebilir. Bu ürünler genellikle müşteriler tarafından periyodik zamanlarda dikkatli değerlendirmeler ve araştırmalar sonucunda satın alınan ürünlerdir.

3.3. Tedarik zinciri yönetimi

Rekabetin yoğun olarak yaşandığı bir pazarda ayakta kalmaya çalışan işletmeler, rekabet avantajı kazanmak için müşteri odaklı çalışmak zorundadır. Bu da sürekli değişen müşteri gereksinimlerine karşı esnek ve hızlı olmayı gerektirmektedir. Bu kapsamda tedarik zinciri yönetimi oldukça etkili bir yaklaşımdır. Tedarik zinciri yönetimi ile ilgili literatürde birçok tanım bulunmaktadır.

Tedarik zinciri yönetimi, doğru ürünün, doğru zamanda, doğru yerde, doğru fiyatta ve tüm tedarik zinciri için mümkün olan en düşük maliyetle müşteriye ulaşmasını sağlayan malzeme, bilgi ve para akışının bütünlüklü yönetimidir.

Ross (2000), tedarik zinciri yönetimini, işletmenin hem tedarik hem de dağıtım kanalında birlikte işbirliği yaptığı paydaşlarının sahip olduğu fonksiyonları ve işletme kaynaklarını bütünlüklü, rekabet gücünü yükselten, müşteri memnuniyetini artıran ürün ve hizmetler ile bilginin pazara ulaştırılmasını hedefleyen ve gelişimini sürekli devam ettiren bir yönetim felsefesi şeklinde tanımlamaktadır.

Rushton et al. (2006), tedarik zinciri yönetimi kavramını en uygun şekilde ifade etmek üzere çeşitli boyutları irdelemiş ve endüstri için uygun bir tanım yaratmıştır: Bir tanıma göre tedarik zinciri, malların (hammadde, yarı mamul ve bitmiş ürün), hizmetlerin ve bunlarla ilgili bilgilerin müşteri ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla ilk noktasından son kullanım noktasına kadar verimli ve etkili bir şekilde planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesi sürecidir.

Tedarik zinciri yönetimi, tedarik zincirinin rekabetçiliğini bir bütün olarak arttırmak ve müşteri taleplerini karşılamak için malzeme, bilgi ve finansal akışların koordine edilmesi ve örgütsel birimlerin tedarik zinciri boyunca bütünlüklü edilmesi işi olarak tanımlanabilir (Stadler and Kilger, 2000).

Etkin bir tedarik zinciri yönetimi birçok alanda iyi bir karar verme mekanizması gerektirir. Çünkü tedarik zinciri hem bir örgütün fonksiyonel birimlerinde hem de ürün

akışının kontrol edilmesinde oldukça geniş bir öneme sahiptir. Çünkü karar vericiler tedarik zincirinin tüm birimlerle ilişkili olduğunu bildiklerinden sorunların ve konuların tüm zorluklarıyla uğraşmak durumundadırlar (Langevin and Riopel, 2005).

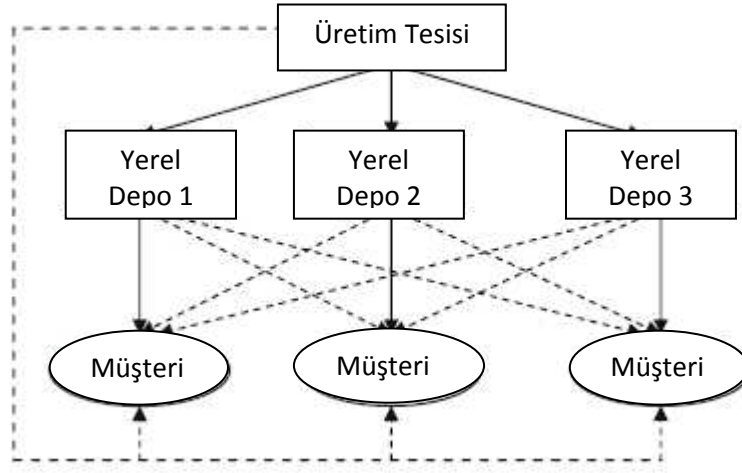
Son 20 yılda birçok şirket üretim maliyetlerini oldukça düşürmüştür. Bu şirketlerin çoğu, kâr ve pazar paylarını arttırmak için geliştirdikleri stratejilerin bir sonraki adımı olan etkin tedarik zinciri yönetimini öncelikleri haline getirmeye başlamışlardır (Simchi-Levi et al., 2003). TZY sisteminin etkin bir şekilde işletilmesi zaman içinde gittikçe önemini attırmaktadır. Çünkü önceden şirket yönetiminde daha önemli olduğu düşünülen pazarlama, satış ve finans gibi temel işletme fonksiyonlarının bir firmanın müşterileri ve tedarikçilerinin birbirlerinin planlarını bilmeleri durumunda ikinci planda görüleceği, buna karşın bilgi sisteminin daha çok ön plana çıkacağı açıktır.

Simchi-Levi et al. (2003), perakende sektöründe başarılı bir uygulama olarak Procter&Gamble şirketini örnek vermiştir. Bu perakendeci firması müşterilerin 18 aylık süre içerisinde 65 milyon \$ tasarruf ettiğini tahmin etmektedir. Procter&Gamble'a göre üreticilerin ve tedarikçilerin ortak olarak tedarik zincirindeki gereksiz olan etkenleri kökten gidermek amacıyla iş planları geliştirmesi, üyelerin birlikte çalışmasına dayanmaktadır. Bu örnek tedarikçiler ve üretici arasında iyi bir stratejik birlikteliğin başarısını ön plana çıkartmaktadır.

3.4. Tedarik Zinciri Ağı Tasarımı ve Önemi

İşletmelerin iyi tasarlanmış bir tedarik zinciri ağı sistemine ihtiyaçları vardır. Tedarik zinciri ağı tasarımı problemi hangi ürünün hangi kaynaktan çıkıp hangi talep noktasına ulaşması gerektiğini belirlemeye yönelik özel bir süreçtir. İlgili durum tesislerin sayısının ne olması ve nerelerde kurulmasının gerektiğini içermekle birlikte ürünlerin ve müşterilerin bu tesislerden hangilerine atanması gerektiği gibi kararları da içerir. Genel bir ürün akışı müşteri taleplerinin depolardan veya doğrudan tesislerden veya satıcılar tarafından karşılanması yöntemiyle Şekil 3.3'de gösterildiği gibi olabilmektedir. Ağ tasarım problemleri sadece tedarikçi-müşteri arasında olup tek

kademeden oluşabileceği gibi, tedarikçi-üretici-depo-müşteri arasında olup çok kademededen de oluşabilmektedir (Ballou, 2004).



Şekil 3.3. İki Kademeli; Üç Depolu ve Üç Müşterili Bir Tedarik Zinciri Ağı

Tedarik zinciri ağı, planlama hiyerarşisinde en üst sırada yerini almaktadır. Bu durum onu planlama sürecinde bilgi kullanım sıklığı ve derecesi bakımından diğer lojistik planlama problemlerinden ayırmaktadır.

Ağ tasarımı bir firmanın stratejik amaçlarını gerçekleştirilmesini sağlar. Tesislerin sayısı ve yeri, ürünlerin depolar ile müşteriler arasında atanması, dağıtım merkezlerinin kapasitesi, tesisler ve çapraz yükleme (cross dock) noktaları ağ tasarım sürecinde oldukça önemli fonksiyonlardır. Hedefler, müşteri hizmet seviyesi ve dağıtım merkezlerindeki stok seviyesine göre belirlenmelidir. Planlama uzayı bir yıldan biraz az olabilmektedir.

Son yıllarda işletmeler güçlü ve iyi yönetilen bir tedarik zinciri ağına dâhil olarak müşteri hizmet düzeylerini iyileştirebileceklerini, sistemdeki stokları azaltabileceklerini ve zincirdeki gereksiz maliyetleri elimine edebileceklerini fark etmişlerdir. Yakın geçmişe kadar tedarik zinciri üyelerinin kimi bilgileri (stok seviyeleri, üretim çizelgeleri

vb.) birbirleri ile paylaşmamaları nedeniyle birçok olumsuzluklarla karşı karşıya kaldıkları bilinmektedir. Günümüzde, tedarik zincirinin yapısı gereği aynı zincirde yer alan ve ortak çalışan işletmelerin bilgi paylaşımına karşı olumsuz dirençleri kırılmaktadır (Güleş vd., 2009).

İyi tasarlanmış bir tedarik zincirinin sağladığı faydaları şu şekilde sıralayabiliriz (Waters, 2003):

- Üreticiler müşteriye kolay ve rahat ulaşabilmek için üretim tesislerini en iyi yerde konumlandırır.
- Üreticiler etkin bir TZY ile büyük miktarlarda bitmiş ürün stoğu tutmayacaktır.
- Toptancılar büyük siparişler alacak ve üreticiler de düşük maliyetlerle taşımaları gerçekleştirmiş olacaktır.
- Toptancılar perakendecilere ürün çeşidi sunma açısından birkaç tedarikçiden ürün isteyecektir.
- Toptancılar perakendecilere yakın olacak ve kısa teslim süreleri kısılacaktır.
- Toptancıların güvenilir teslimatlarından dolayı perakendeciler düşük stok tutacaktır.
- İşletmeler özel alanlarda uzmanlaşabilecektir.

3.5. Tedarik Zinciri Ağı Tasarımında Çelişen Amaçlar ve Hizmet Düzeyi

Karşılaştığımız gerçek problemlerde, toplam tedarik zinciri maliyetlerinin tüm yönlerini belirlemek ve ölçmek çok zordur. Tedarik zinciri ağ tasarımının yapılabilmesi için birçok varsayım ortaya atılmaktadır. Tedarik zinciri ağ tasarım sürecinde karşımıza birbiriyle çelişen amaçlar çıkar.

3.5.1 Çelişen amaçlar

En önemli maliyet ödünleşmesi stok ile taşıma maliyetleri arasında olmaktadır. Depo sayısının fonksiyonu olarak belirlenen stok maliyetleri doğrudan istenilen stok seviyesi ile ilgilidir. Eğer sistemde hiçbir şekilde güvenlik stoğu düşünülmezse toplam stok gereksinimi transit geçişler için sınırlandırılır veya yok edilir. Bu yüzden, istenilen stok uygunluğu ile ilgili varsayımlar ve ödünleşme için temel oranlar toplam tasarım maliyetini etkileyecektir. Dağıtım merkezi sayısının artması ise müşteri hizmet düzeyinde iyileşme sağlayacak, stok maliyetlerini, işletme giderlerini ve hazırlık maliyetlerini arttıracak, dışsal taşıma maliyetlerini azaltacak ve içsel taşıma maliyetlerini arttıracaktır (Simchi-Levi et al., 2003).

Tedarik zinciri ağı tasarımında imalatçıların ve perakendecilerin hedeflerine daha çok yaklaşımları için yüksek stok seviyesi, ulaştırma maliyetleri ve düşük ürün çeşitliliği birer fırsattır. Ancak geçmişteki müşteri beklentilerinin bugünkü kadar yüksek olmadığı da bir gerçektir. Günümüz rekabetçi koşullarında ise bu beklentiler fazla ürün çeşitliliği ve düşük maliyetler nedeniyle her geçen gün artmakta, stok ve ulaştırma maliyetleri de dikkate alınacak derecede önem kazanmaktadır. Stok ve taşıma maliyetleri arasındaki ödünleşme haricinde parti büyüklüğü ve stok, teslim zamanı ve taşıma maliyetleri, ürün çeşitliliği ve stok, müşteri hizmet seviyesi ve toplam maliyet arasında da ödünleşme vardır (Simchi-Levi et al., 2003).

3.5.2. Müşteri hizmeti düzeyi ve toplam maliyet

Bir müşteri hizmet uzmanı olan Blanding'e (1991) göre, müşteri hizmeti, hammaddenin siparişinden müşteriye bitmiş ürün olarak teslimine kadarki satış memnuniyet faaliyetleri bütününden oluşmaktadır.

Tedarik zinciri ağı tasarımında müşteri hizmet denetimini kontrol etmek en önemli konulardan biridir. Bu durum, müşterilere aldıkları lojistik hizmet seviyelerinin nasıl olduğu ve müşterilerin nasıl bir hizmet almak istedikleri, rakiplerin hangi seviyede hizmet verdikleri ve o hizmet düzeyine nasıl ulaştıkları ve firma stratejilerinin lojistik

stratejileri ile desteklenip desteklenemeyeceği gibi soruların cevapları araştırılmalıdır. (Ballou, 2004):

Ağ tasarım sürecinde bu tip soruların sorulması müşteri hizmet düzeyinin ve buna ilişkin hedeflerin belirlmesine yardımcı olacaktır. Bununla birlikte, yönetimin işletmenin içinde bulunduğu çalışmalarını belirlemesi hizmet düzeyleri için oldukça önemlidir. Tedarik zincirinde müşteri hizmeti, firmanın tüm hizmet anlayışının bir parçası olduktan sonra tedarik zinciri hizmet anlayışı firmanın perspektifine göre şekillenecek ve bölümler arasında farklılaşacaktır.

Maksimum hizmet stratejisi nadiren uygulanan bir durumdur. Tasarlanan sistem, toplam maliyetten uygunluk ve teslimat performansına kadar maksimum hizmeti sağlayacak şekilde olmalıdır. Maksimum sayıda müşteriye hizmet etmek, hizmet edebilme zamanı ile sınırlanan çizgilerden oluşur. Maliyet odaklı hizmet anlayışında olduğu gibi zaman odaklı hizmet alanları da rota konfigürasyonu nedeniyle düzensizdir. Aynı müşterilere hizmet etmek için maksimum hizmet sisteminin toplam maliyeti önem kazanır. Depo sayısının artması taşıma maliyetlerini azaltacak ve hizmet düzeyini yükseltecektir. Bununla birlikte, depo sayısını azaltmaya gitmek taşıma maliyetlerini arttıracak ve hizmet düzeyinde azalmaya neden olacaktır. Bu durum bizi maksimum kar veya minimum maliyet elde etmeye yönlendiren bir olgu olacaktır (Bowersox et al., 2002).

3.6. Tedarik Zinciri Ağı Tasarım Kararları

Tedarik zinciri kararları stratejik planlama seviyesi, taktiksel planlama seviyesi ve operasyonel seviye olmak üzere üç temel seviyeden oluşmaktadır (Langevin and Riopel, 2005).

3.6.1. Stratejik planlama seviyesi kararları

Stratejik planlama seviyesi yüksek seviyede tedarik zinciri kararları içerir. Bu tip kararlar tedarik zincirinin ötesindedir ve genellikle tüm fonksiyonel birimleri kapsamaktadır. Bu seviyedeki tedarik zinciri kararları, dikey bütünleşme, dış kaynak kullanım derecesi ve bir modelin amacı ile ilgilidir. Bir işletmenin temel stratejik kararı müşteri hizmet düzeyini tanımlamaktır. Bu da lojistik için çok önemli olup lojistikle ilgili olan müşteriye hızlı cevap verebilmek ve neyin nasıl ölçülmesi gerektiğini kesin olarak belirlemek ile mümkündür. Bu kararların yerine getirilmesi için, firmanın görev ve stratejilerini belirlemesi ve müşteri beklentilerinin, rekabet ortamının, finansal kaynak uygunluğunun ve var olan tedarik zinciri sistemlerinin bilinmesi gerekmektedir. Çünkü var olan tedarik zinciri sistemin finansal kaynak uygunluğu ve bilgisi neredeyse tüm tedarik zinciri kararları için görecelidir.

Tedarik zincirindeki diğer temel stratejik seviye kararları dikey bütünleşme ve dış kaynak kullanımınıdır. Dikey bütünleşme kararları müşteriye veya tedarikçiye doğru ürün/bilgi akışını içerir. Dış kaynak kullanım kararları ise hangi fonksiyonların (ulaşım, dağıtım, depolama, işleme vs) dışarıdan kullanılması gerektiğini içerir. Bu kararlar daha önce de ifade edilen müşteri hizmet seviyesinin, finans, insan gücü, malzeme ve donanım kaynaklarının belirlenmesi için önemlidir.

Tedarik zinciri ağ tasarımı yapılandırması tesis, dağıtım merkezi ve perakendeci yerleşim konularını içerir. Bunlar firmanın uzun dönem kararlarını etkilediği için stratejik kararlardır. Bu yapı altında firmalar uygun dağıtım merkezi sayısı, her bir dağıtım merkezi yeri, her bir dağıtım merkezi büyüklüğü ve ürünler için tahsis edilen yerlerin belirlenmesi üzerine yoğunlaşmaktadır (Simchi-Levi et al., 2003):

Uluslararası müşterilere hizmet eden firma yöneticileri birden fazla merkezi depodan veya dağıtım merkezinden değişik pazarlara destek verip vermeme durumuna göre karar vermek zorundadır. Merkezi stoklamanın, sipariş sürecini basitleştirme, stoklama ve işletim maliyetini azaltma ve dışsal taşıma maliyetini azaltma gibi birçok avantajı vardır. Bununla birlikte merkezi depolamanın dezavantajları da bulunmaktadır.

Bunlar, içsel taşıma maliyetlerini arttırmak ve daha düşük müşteri hizmet seviyesine neden olmak şeklinde ortaya çıkmaktadır. Ayrıca merkezi tesis veya depoların ülkelerin ihtiyaç duydukları ürünleri stokta tutabilmesi için daha büyük ve daha karmaşık olması gerekmektedir (Gourdin, 2006).

3.6.2. Taktiksel planlama seviyesi kararları

Taktiksel planlama seviyesi daha dar alanlı olup kaynak tahsisi ve kaynak kullanımı, üretim, tedarik ve lojistik alanlarına odaklanır. Bir imalat firmasında, taktiksel planlama genellikle orta dönem planlama uzayına sahip orta dereceli belirsizlik ve risk içeren bir tesis seviyesinde olmaktadır. Taktiksel planlama, üretimin çıktılarını geliştirmek için sermaye yoğunluklu ekipmanın kullanımını, talep değişikliğini ve kaynak değerlendirmesini, 6 ay veya 1 yıllık üretim planlarını ve iş gücü seviyesinin belirlenmesini içerir (Evans et al., 1982).

Bir tedarik zinciri ağı tasarımı belirlenmeden önce fiziksel tesis yerleşimi kararı mutlaka verilmelidir. Tesislerin sayısı ve tipi, her bir tesisin büyüklüğü, her bir tesisten sağlanacak faaliyetler ve hizmetler ve yeni tesislerin kurulup kurulmayacağı kararları taktiksel planlama seviyesi kararları içerisindedir. İletişim ve bilgi ağı kararları tedarik zinciri boyunca etkin bir iletişim ve bilgi paylaşımının olabilmesi için oluşturulmalıdır. Tesis yerleşim kararlarının belirlenmesi gibi iletişim ve bilgi ağı tasarlama kararı bir örgütün yapısının oluşması için önemli bir karardır. İletişim ve bilgi ağı kararları bilgi yönetiminin ve bilgi işleme sürecinin, sistem bütünleşmesinin, Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP) sisteminin, e-ticaret sisteminin merkezileşme derecesi ile ilgilidir.

3.6.3. Operasyonel planlama seviye kararları

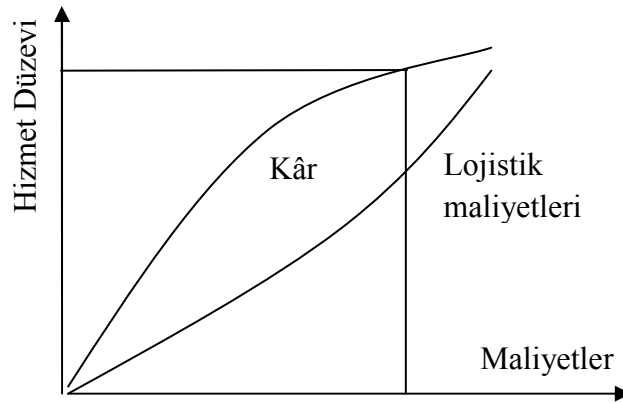
Operasyonel seviye kararları kısa dönemli kararlar olup stratejik planlama seviyesi ve ağ planlama seviyesi kararlarının küçültülmüş şeklini içerir. Bu seviyedeki kararlar temel lojistik faaliyetleri için talep tahmini, stok yönetimi, üretim, satın alma ve tedarik zinciri yönetimi, taşıma ve ulaşım, ürün paketleme, malzeme taşıma, depolama ve diğer süreçler şeklinde bölümlendirilebilir. Bu faaliyetlerin hepsi tedarik zinciri ağı

tasarım sürecinde üzerinde önemle durulması gereken ve birbirleriyle sürekli bağlantı içinde olan kararlardır.

3.7. Tedarik Zinciri Ağı Tasarım Maliyetleri

Daha önceden ifade edildiği gibi tedarik zinciri müşteri hizmeti, lojistik faaliyetlerini bir sonucudur. Yani, her bir hizmet düzeyi, maliyet seviyesi ile ilişkilidir ve aslında her bir hizmet düzeyi için belli lojistik faaliyetlere bağlı pek çok lojistik sistem maliyet alternatifleri vardır.

Daha fazla müşteriye hizmet etmek maliyetlerin de artması anlamına gelmektedir. Bu durum birçok ekonomik faaliyetin verimliliğini artırma noktasında gözlemlenen bir durumdur. Azalan satış-hizmet ilişkisi ve artan maliyet-hizmet ilişkisi Şekil 3.4'de gösterildiği gibi olup kârın en yüksek olduğu yerde hizmet düzeyi en yüksektir.



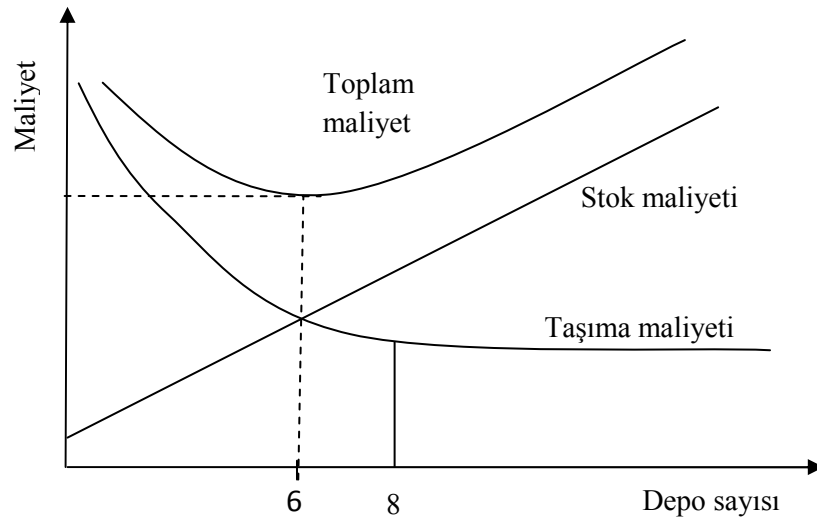
Şekil 3.4. Tedarik Zinciri Hizmet Düzeyi (Erdal, 2009)

Kâr eğrisi, farklı seviyelerdeki kâr ile maliyet arasında oluşan farktır. Kârın en büyük olduğu yer kâr eğrisinin en uzun olduğu yerdir. Maksimum kar noktası

genellikle en düşük ve en yüksek hizmet seviyelerinin farkından oluşmaktadır (Erdal, 2009).

Bütün kar amacı güden işletmeler, değişen oranlarda olmakta birlikte, ürün veya hizmet üretip pazara sunarak varlıklarını devam ettirmektedir. Lojistik sektöründe müşteriler, istek veya ihtiyaçlarına yönelik aldıkları hizmetin yanında temelde bir yarar elde eden ve memnun edilmeye ihtiyaç duyarlar. Bu bakımdan müşterilerin lojistik firmasından temel beklentisi birincil ihtiyaçların karşılanmasına yöneliktir (Erdal, 2009).

Depo sayısına bağlı olarak toplam maliyet fonksiyonu Şekil 3.5’de gösterildiği gibidir.



Şekil 3.5. Toplam Maliyet Fonksiyonu

Şekle göre toplam taşıma maliyetinin en düşük olduğu yer sekiz tesisin açıldığı noktadır. Her bir ek depo ile stok maliyetleri artmaktadır. Tüm sistem için en düşük toplam maliyet altı tesisin açıldığı noktadır. En düşük stok maliyeti ise tek deponun açıldığı noktadır (Bowersox et al., 2002).

Firmalar arasında rekabeti etkileyen temel faktörlerin başında şüphesiz maliyet gelmektedir. Tedarik zinciri yönetimini uygulayan işletmelerde maliyet büyüklüğünü tedarik, üretim, depolama ve dağıtım süreçleri yanında tüm lojistik süreçler de etkilemektedir. Lojistik maliyetleri sektörlere, ürün çeşidine, tedarik zinciri unsurları arasındaki mesafeye ve uygulanan stratejilere göre değişim göstermektedir. Lojistik maliyetleri sipariş maliyetleri, taşıma maliyetleri, depolama maliyetleri ve işletim maliyetlerinden oluşur (Eleren, 2008).

Taşıma maliyetleri, lojistik maliyetler içerisinde en önemli olan maliyettir. 1960'larda geleneksel dağıtım metotları pahalılaşmaya başlamış ve yöneticiler bu maliyetleri denetim altına alma gereği duymuşlardır. Taşıma maliyetleri 1970'lerde artan petrol fiyatlarıyla daha da kritik bir hal almış ve problemin çözülme gereği iyice artmıştır. Artık yöneticiler taşıma maliyetlerinin değişken bir gider olduğunu anlamışlar ve üzerinde düşünmeye başlamışlardır.

Stok tutma maliyetleri, genellikle sabit maliyet olarak ele alınmaktadır. Bu sabit maliyetin elimine edilmesi için deponun kapatılması gerekmektedir. Bu yüzden stok tutma maliyetleri değişken maliyet olarak ele alınmalıdır. Çünkü bir depoya mal giriş ve çıkışlarındaki yoğunluk, çalışanların fazla mesai yapmalarına sebep olmakta ve bu da değişken maliyet olarak karşımıza çıkarmaktadır.

Sipariş maliyetleri genellikle siparişin alınmasından hazırlanmasına ve gönderilmesine kadar oluşan maliyetlerdir. İyi bir sipariş yönetim sistemi ve buna bağlı olarak iyi bir yazılım desteği ile sipariş sırasında oluşacak aksaklıklar en aza indirgenerek maliyetlerden tasarruf sağlanabilir.

3.8. Tedarik Zinciri Ağı Tasarımı Dağıtım Stratejileri

Firmalar ürünlerini müşterilerine ulaştırmak için değişik dağıtım stratejileri üzerinde durmaktadır. Dağıtım ve sevkiyat yöneticileri müşteri ihtiyaçları doğrultusunda ürettikleri ürünün özelliklerini ve pazara olan mesafeyi göz önüne alarak

en kısa zamanda, en düşük maliyetle ve en yüksek hizmet düzeyini verecek şekilde dağıtım stratejisini belirleyerek firmanın izleyeceği dağıtım politikasını oluşturmalıdır.

Bir tedarik zincirinde malların hareketini sadece üreticiler değil tüketiciler de sağlayabilmektedir. Bu açıdan üreticiler ve tüketiciler arasında da aracı kuruluşlar yer almaktadır. İşte dağıtım kanalına katılan tüm bu iştirakçilere “dağıtım kanalı üyeleri” denir. Bütün bu ilişkilerden hareketle başlıca dağıtım kanalı üyeleri, üreticiler, toptancılar, perakendeciler, distribütörler ve tüketicilerdir. Tipik olarak 3 ana dağıtım stratejisi kullanılmaktadır (Simchi-Levi et al., 2003). Bu stratejilere ek olarak döngüsel sefer (milk-run) stratejisi de işletmeler tarafından kullanılmaktadır

3.8.1. Doğrudan dağıtım

Doğrudan dağıtım (direct shipment) stratejileri depoları ve dağıtım merkezlerini baypas etmek için kullanılır. Doğrudan dağıtım ile imalatçı veya tedarikçiler mallarını doğrudan perakendeci noktalarına ulaştırmaktadır. Eğer her bir noktanın siparişi yüksek seviyede ise dağıtımların doğrudan olma olasılığı yükselmektedir. Diğer taraftan sevkiyat ile dağıtım noktalarının birbirinden çok uzak olması doğrudan dağıtımı zorunlu hale getirmiştir (Görçün, 2010).

Bu stratejide, bütün ürünler, dağıtım merkezlerine ihtiyaç duymadan doğrudan tedarikçilerden mağazalara doğru iletilir. Bu sebeplerden dolayı doğrudan gönderme, perakendeci mağazaları tamamen dolu kamyonlar istediğinde ve depoların ulaştırma maliyetlerini azaltmaya yardımcı olmadığı zamanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

3.8.2. Depolama

Klasik depolama stok tutma kavramı olarak da bilenen ve müşterilerin ihtiyacı olduğu zamanlarda kullanılan bir stratejidir. Gerek üretim hattı için gereken malzeme ve hammaddeleri, gerekse dağıtım için bekleyen tamamlanmış ürünleri genelde stok olarak tanımlamaktayız. Ürün stokları üreticilerden, toptancılara, perakendecilere ve nihayetinde son kullanıcılara doğru geçer. Depolar ise bu lojistik kanalları içerisinde

envanterleri stoklayarak müşteri talepleri ile ürün tedarikinin koordine edilmesine hizmet eder.

Diğer yandan depolama maliyetlerinin satışlar içerisindeki payı Avrupa’da % 6-9 arasında iken Türkiye’de bu rakamın % 16 olduğu saptanmıştır. Bu rakamlar depo operasyonlarından kaynaklanan gideler, işçilik maliyetleri, işletme genel giderlerinden oluşan paylar, stok tutma maliyeti şeklindedir. İyi bir malzeme ihtiyaç planlaması ve doğru bir dağıtım ağı bu maliyetlerde azalma sağlayacak ve firmalara rekabet açısından ciddi avantajlar sağlayacaktır (Acar, 2010).

3.8.3. Çapraz yükleme

Çapraz yükleme (Cross docking) sistemi en fazla maliyete sahip olan depolama ve toplama faaliyetlerinin yok edilmesi için potansiyel bir sistemdir. Bu doğrultuda çapraz yükleme kavramı, gelen ürünleri depolama yapmadan doğrudan müşteriye göndererek malzeme tutmayı azaltan bir dağıtım stratejisi olarak tanımlanır (Schaffer, 2005).

Yaygın olarak mükemmel performans gösteren bir strateji olarak algılanan çapraz yükleme stratejisi, tedarik zincirinde ürünlerin hızlı bir şekilde ilerleyebilmeleri ve bazı temel depolama fonksiyonlarının elimine edilebilmesi için güçlü bir araç olarak kullanılmaktadır. Çapraz yükleme, tedarikçilerden müşterilere kadar ürün akışını hızlandırmak ve tedarik süresini kısaltmak için kullanılan bir yöntemdir. Aynı zamanda depolardaki stok seviyelerini azaltan hatta yok eden ve ürünlerin doğrudan müşteriye ulaşmasını sağlayan bir yaklaşımdır. Çapraz yükleme faaliyetinin endüstriyel uygulamalarına baktığımız zaman taşıma maliyetlerini azaltan Home Depot, stok tutma maliyetlerini kaldıran Wal-Mart, alma, paketleme ve gönderme için işçi maliyetlerini sabit tutan Cosco gibi büyük perakendecilere rastlamaktayız (Yan and Tang, 2009).

Bartholdi and Gue (2004)’e göre, çapraz yükleme depolama faaliyetlerini kaldıran, ürünlerin göndericiden teslim alıcıya iletilmesini koordine eden lojistik kullanılan bir tekniktir. Tipik bir çapraz yükleme sisteminde birçok tedarikçiden gelen büyük miktarlardaki ürünler müşteriye en kısa zamanda ulaştırılmak için birleştirilir ve

tekrar araçlara doldurulur. Aslında hiçbir ürün çapraz yükleme depolarında beklemez. Tersine, geleneksel dağıtım merkezleri öncelikle ürünleri tutar ardından müşterilerin taleplerini karşılamak için ürünleri gönderir. Bu yüzden, çapraz yükleme sistemi stok tutma ve sipariş alma maliyetlerinden büyük tasarruf sağlar.

3.8.4. Döngüsel sefer

Adından da anlaşılacağı gibi süt yolu veya sütçü yolu anlamına gelen döngüsel sefer (milk-run); üreticinin belirli bir mantık çerçevesinde belirlenen tedarikçilerden malzemelerini toplaması ve toplanan malzemeleri üretici firmanın tesisine getirmesidir.

Döngüsel sefer yöntemi doğrusal dağıtım modeline göre karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu nedenle dağıtım sürecinin iyi bir şekilde planlanması ve modellenmesi gerekmektedir. Modellemede iş akışının eniyilenmesi için aracın tedarik zinciri üyelerine uğrama sırası, bunlardan teslim alacağı ve bunlara teslim edeceği materyallerin ne olduğu ile miktarları, tedarik zinciri üyelerinin birbirine olan uzaklıkları gibi çeşitli parametreler dikkate alınmaktadır (Görçün, 2010).

3.9. Tedarik Zinciri Ağı Tasarımında Çözüm Teknikleri

Veriler toplandıktan ve doğrulandıktan sonra bir sonraki adım tedarik zinciri ağının eniyilenmesi sürecidir. Bunun için matematiksel eniyileme teknikleri ve benzetim modelleri olmak üzere iki teknik kullanılmaktadır (Simchi-Levi et al., 2003):

3.9.1. Matematiksel modeller

Matematiksel eniyileme modelleri belirlenmiş parametreler, kısıtlar ve amaç fonksiyonu ile en iyi sonucu elde etmek için kullanılır. Bu model doğrusal programlama ve karma tamsayılı doğrusal matematiksel programlama modelinin eniyilenmesi için kullanılabilir. Bu çeşit model kullanımının en önemli avantajı en iyi sonucu vermesidir. Dezavantajı ise problemin kısıt sayısının çok fazla olması durumunda

hesaplama süresinin uzun ve maliyetli olmasıdır. Bu sayede az sayıda kısıtlara sahip problemlerin analizinin en iyi sonuçları kısa sürede elde edilebilmektedir (Gourdin, 2006).

Bu yüzden lojistik ağı bütünleştirme modelleri tamsayılı programlama modelleridir ve tamsayılı programlama modelleri büyük ölçüde çözümü zor olan bir yapıya sahiptir. Çözümü zor ve zaman alan ağ tasarım modellerinde süreyi kısaltmak ve en iyi çözüme yakın bir çözüm elde edebilmek için sezgisel yöntemler kullanılmaktadır.

Sezgisel algoritmalar herhangi bir amacı gerçekleştirmek veya hedefe varmak için çeşitli alternatif hareketlerden etkili olanlara karar vermek amacı ile tanımlanan kriterler veya bilgisayar metotlarıdır. Bu tür algoritmaların kesin çözümü garantileme olasılığı yoktur sadece kesin çözümün yakınındaki çözümü garanti etmektedir. Bu güne kadar birçok tedarik zinciri ağı tasarım çalışmasında sezgisel algoritmalarından yararlanılmıştır. Bunun sebebi eniyileme probleminin, kesin çözümü bulma işlemini tanımlayamayan bir yapıya sahip olması, anlaşılabilirlik açısından sezgisel algoritmaların çok daha basit olması, sezgisel algoritmaların öğrenme amaçlı ve kesin çözümü bulma işleminin bir parçası olarak kullanılması ve matematik formülleriyle yapılan tanımlamalarda genellikle gerçek hayat problemlerinin en zor taraflarının ihmal edilmesidir (Simchi-Levi et al., 2003).

Karar vericiler her gün yüz yüze geldikleri çeşitli operasyonel yönetim problemlerinde en iyi çözümleri bulmak için çok fazla çaba göstermektedir. Fakat bu tür problemlerin en iyi sonucuna yönelik çözümü elde etmek her zaman mümkün olmamaktadır. Montaj hattı dengeleme, parti büyüklüğü belirleme, proje planlama, akış ve atölye tipi çizelgeleme ve tesis yerleşimi gibi problemler bunlara örnektir. Bu tarz problemleri çözmeye yönelik her bir algoritma olsa bile bu denli büyük çaplı problemlerin çözümü oldukça sıkıntılı olmaktadır. Bu problem tipleri NP-Zor olarak bilinen problem sınıfına girmekte ve birçok durumda problemleri tekrar tekrar çözmek için gereken zaman ve hesaplama kaynakları yetersiz kalmaktadır. İşte bu durumlardan dolayı sezgisel metotlar geçerli alternatifler olabilmektedir (Arostegui et al., 2006)

3.9.2. Benzetim modelleri

Benzetim modelleri önceden belirlenmiş tedarik zinciri ağı tasarım modellerinde kullanılmaktadır. Diğer bir ifade ile dağıtım merkezlerinin, perakendecilerin, tesislerin vs. bütünleştirilmesi ile oluşturulan ağda, benzetim modelleri işletim maliyetlerinin tahmin edilmesi aşamasına yardımcı olmak için kullanılır. Eğer farklı bir tasarım yapılanması düşünülürse, örneğin birkaç tane müşteri bir depodan hizmet görürse, model tekrar çalıştırılmak zorundadır. Benzetim kavramına daha dikkatli bakıldığında, benzetimin bir eniyileme aracı olmadığı görülecektir. Benzetim, oluşturulan özel ağ tasarım problemlerinde daha etkin bir çözüm bulabilmek için performans değerlendirilmesinin yapılmasına yardımcı olur (Ghiani et al., 2004)

Ek olarak benzetim modelleri, sistem performansında istenilen hassaslık seviyesini elde etmek için uzun bir hesaplama zamanı gerektiren müşterilerin sipariş örnekleri, özel stok ve üretim politikaları, günlük dağıtım stratejileri hakkında yöneticilere bilgi sağlar.

3.10. Küme Kapsama Modelleri

Küme kapsama (örtme) problemleri (Set Covering Problems) belki de en basit tesis yerleşim modelidir. Küme kapsama problemi sonlu sayıdaki aday tesisler arasındaki bütün tesis maliyetlerini en küçükmeye yönelik olup bütün talep noktalarının en az bir tesis tarafından kapsanmasını sağlar. Küme kapsama modelleri bütün talep noktalarını kapsayacak şekilde en az sayıda yerleşim yerini bulmaya çalışmaktadır. Ancak, eğer talep miktarları farklı ise küme kapsama modeli başarısız olmaktadır. Bu tip problemleri çözebilmek için maksimum küme kapsama modeli uygulanmaktadır. Maksimum küme kapsama modelinde her bir talep noktasının seviyesi bilinmekte ve maksimum sayıda talep noktasını kapsayabilmek için tesislerin uygun yerlere yerleştirilmesi işlemi gerçekleştirilmektedir (Daskin, 1995).

Birçok yerleşim kavramlarında, hizmet düzeyi müşterinin hizmet gördüğü tesis ile kendisi arasındaki mesafeye bağlıdır. Müşteriler genellikle, fakat her zaman olmamak kaydıyla, kendilerine en yakın olan hizmet tesisine atanır. Eğer müşteri tesise kabul edilen mesafede ise ve mesafe bazı kritik değerleri aşarsa verilen hizmet kabul edilebilir düzeydedir denir.

Küme kapsama problemleri genel olarak iki grupta karşımıza çıkar. Bu türden problemlerin bir kısmı tüm yerleşim yerlerine hizmet verebilecek en az sayıda dağıtım yerleşim yerinin tespiti veya dağıtım yerleşim yeri sayısının bütçe vb. mevcut nedenlerle sabit sayıda olup bu dağıtım yerlerinin hizmet verebilecek yerleşim yeri sayısını enbüyüklenmeye çalışır (Bakır ve Altunkaynak, 2003). Bu durum matematiksel olarak şu şekilde ifade edilir:

Girdiler

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ aday tesisi } i \text{ talep noktasını kapsayabilirse} \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

$$f_j = j. \text{aday tesisin yerleşim maliyeti}$$

Karar değişkenleri

$$X_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j. \text{aday nokta seçilirse} \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

Bu notasyonlar ile birlikte küme kapsama problemleri çözülebilmektedir.

$$\text{Min} \quad \sum_j f_j X_j \quad (3.1)$$

$$\text{k.a:} \quad \sum_j a_{ij} X_j \geq 1 \quad \forall i \quad (3.2)$$

$$X_j = \{0, 1\} \quad \forall j \quad (3.3)$$

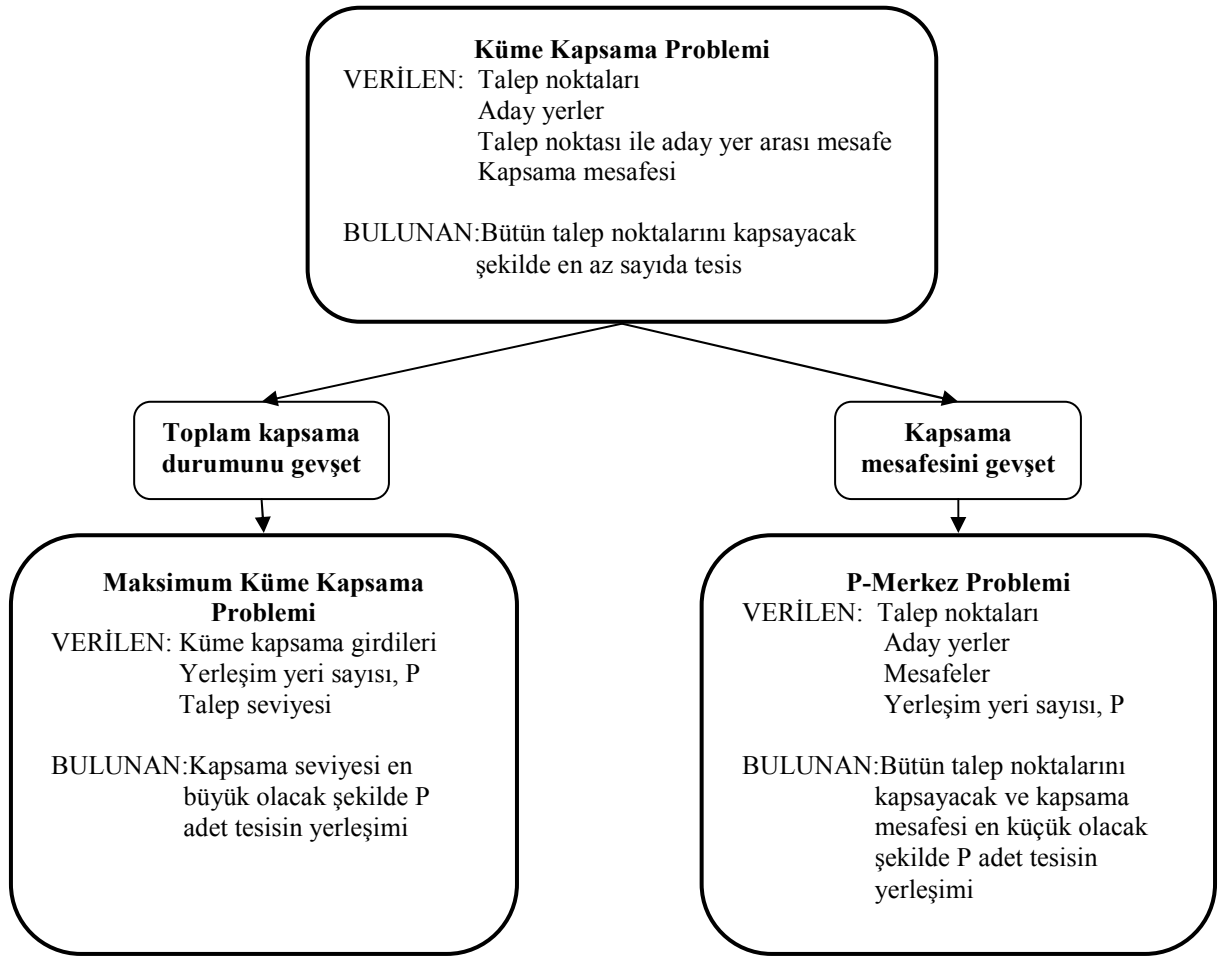
Amaç fonksiyonu (3.1) seçilen tesislerin toplam maliyetini enküçüklemektedir. Kısıt (3.2) her bir i. talep noktasının en az bir tesis tarafından kapsandığını belirtir. (3.2) kısıtının sol tarafı i. talebi kapsayan toplam tesis sayısını verir. Bu kısıt şu şekilde de yazılabilir:

$$\sum_j X_j \geq 1 \quad \forall i \quad (3.4)$$

Bu kısıtların iki formu da aynı şekilde geçerlidir. Kısıt (3.3) ise değişkenlerin 0-1 değerler aldığını göstermektedir.

Küme kapsama problemleri büyük talep noktalarını küçük talep noktalarından ayırmada başarısız olmaktadır. Belirlenmiş bir hizmet standardında bütün talep noktalarının kapsanması imkânsız olduğunda, büyük talepli müşterilere öncelik vermek çok önemlidir. Küme kapsama yerleşim modellerinin buna benzer kısıtları dikkate alındığında Church and ReVelle (1974) maksimum küme kapsama problemlerini geliştirmişlerdir (ReVelle et al., 2008).

Şekil 3.6 küme kapsama, maksimum küme kapsama ve P-merkez problemleri arasındaki ilişkiyi özetlemektedir.



Şekil 3.6. Küme Kapsama, Maksimum Küme Kapsama ve P-Merkez Problemleri Arasındaki İlişki (Daskin, 1995)

Şekil 3.6'ye göre küme kapsama problemleri iki kategoriye ayrılmaktadır. Birincisinde belirli bir talep seviyesi belirlenmekte ve o seviyeye göre en uygun sayıda tesis yerleştirilerek maksimum kapsama seviyesi elde edilmektedir. İkincisinde ise düğümler arasındaki mesafe en küçüklenmekte ve bütün düğümler kapsanacak şekilde tesislerin yerleştirilmektedir.

3.10.1. Maksimum küme kapsama modeli ile yerleşim yeri belirleme

Küme kapsama problemlerinin çözümüyle maksimum yolculuk süresi veya mesafesi ile hizmet edilen nüfusu maksimum yaparak en iyi performansın elde edilmesi sağlanmaktadır. Bu durum genellikle kargo taşımacılığı, telekomünikasyon, polis,

itfaiye ve ambulans gibi hizmet sistemleri için uygundur. Birçok hizmet firması etkin bir hizmet sunabilmek için sahip oldukları yeteneklerinin sınırlarını zorlayarak daha çok yere ulaşma amacı içerisindedir. Bu yüzden hizmet düzeylerini her zaman arttırmak için çalışmaları gerekmektedir (Ghods et al., 2010).

Maksimum hizmet mesafesi kavramı küme kapsama problemlerinde ortaya çıkmıştır. Bu problem, maksimum hizmet mesafesi dışında hiçbir talep noktasının kalmamasını garanti ederek en küçük sayıda tesis yerleşimini belirler. Küme kapsama problemlerinin çözümü ile birlikte maliyet etkinlik eğrisini geliştirmek mümkündür.

Maliyet etkinlik veya ödünleşme eğrisi sabit bir hizmet mesafesi ile mümkün sayıda müşteriye hizmet etmesi için maksimum kapsama problemi çözülerek geliştirilebilir. Örneğin, beş adet tesis nüfusun %90'ını kapsayacak şekilde konumlandırılmışken, on tesis nüfusun %100'ünü kapsayabilir. Karar verici bu noktada maliyet olarak arzu edilen mesafe içerisinde diğer faydalı bilgileri de kullanarak karar vermelidir. Küme kapsama problemlerinde temel amaç, hizmet edilen veya kapsanan müşteri sayısını arzu edilen mesafe içerisinde enbüyüklemektir (Church and ReVelle, 1975).

Çalışmadaki modelde müşteri talep verileri değişken olup belli sayıda deponun yerleştirilmesi amaçlanmıştır. Bu yüzden uygulamadaki model maksimum küme kapsama modeline uygun olarak geliştirilmiştir. Church and ReVelle (1974) tarafından geliştirilen maksimum küme kapsama modeli şu şekilde gösterilmektedir:

$$\text{Enb } Z = \sum_{i \in I} w_i z_i \quad (3.5)$$

$$z_i - \sum_{j \in N} x_j \leq 0 \quad \forall_i \quad (3.6)$$

$$\sum_{j \in J} x_j = p \quad (3.7)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad (3.8)$$

$$z_i \in \{0,1\} \quad (3.9)$$

Eğer talep noktası i kapsanırsa z_i 1 değerini, kapsamaz ise 0 değerini alır. Amaç fonksiyonu (3.5) kapsanan talep sayısını maksimum yapmaktadır. Kısıt (3.6) kapsama ve yerleşim yeri belirleme kısıtıdır. Kısıt (3.7) p adet tesisin açılabileceğini ifade eder. Kısıt (3.8) ve (3.9) değişkenlerin $\{0,1\}$ tipinde olduğunu göstermektedir.

Eğer bütün talep noktalarını kapsaması gereken tesis sayısı mevcut kaynakları aşarsa, % 100 kapsama durumu gevşetilebilmektedir. Diğer bir seçenek ise, mevcut kaynaklar ile bir standart bulunana kadar hizmet standartlarını gevşetmektir. Bu, bir talep noktası ile ona en yakın tesis arasındaki maksimum mesafeyi enküçükleyen p -merkez (p -center) modeli yaklaşımıdır (ReVelle et al., 2008).

3.10.2. P-Merkez Problemleri

Küme kapsama problemlerinin eksikliğini gidermek için farklı bir strateji uygulanabilir. Bu stratejide, özellikle küme kapsama problemlerinde olduğu gibi, bütün talep noktaları kapsanmalıdır. Bunun yanında, kapsama mesafesi dikkate alınarak bütün talep noktalarını kapsayacak şekilde en az kaç adet tesis açmalıyız sorusunu sormak yerine tesislerin biri tarafından belirlenen kapsama mesafesi içerisindeki her bir talep noktasını kapsayacak şekilde kapsama mesafesini enküçükleyen model kurulmalıdır (Daskin, 1995). Bu model P -merkez veya minimax problemi olarak adlandırılır. Bu modelde bir talep noktası ile en yakın tesis arasındaki mesafenin enküçüklenmesi amaçlanmaktadır. P -merkez probleminin modeli şu şekildedir:

x_j : Eğer aday düğüm j 'de tesis açılırsa 1, diğer durumda 0.

y_{ij} : Eğer talep noktası i aday düğümdeki tesise atanırsa 1, diğer durumda 0.

d_{ij} : Talep noktası i ile aday tesis j arasındaki mesafe

$$\text{Enk } Z = Q \quad (3.10)$$

$$y_{ij} - x_j \leq 0 \quad \forall_{i,j} \quad (3.11)$$

$$\sum_{j \in J} x_j = p \quad (3.12)$$

$$\sum_{j \in J} d_{ij} y_{ij} - Q \leq 0 \quad \forall_i \quad (3.13)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad (3.14)$$

$$y_{i,i} \in \{0,1\} \quad (3.15)$$

Amaç fonksiyonu (3.10) talep noktası ile tesis arasındaki maksimum mesafeyi enküçüklemetedir. Kısıt (3.11) talep noktalarının sadece açılan tesislere atanmasını garanti eder. Kısıt (3.12) sadece p adet tesisin açılmasını sağlar. Kısıt (3.13) açılan bir tesis ile ona atanan talep noktası arasındaki mesafenin Q kadar olması gerektiğini gösterir. Kısıt (3.14) ve (3.15) değişkenlerin $\{0,1\}$ tipinde olduğunu göstermektedir.

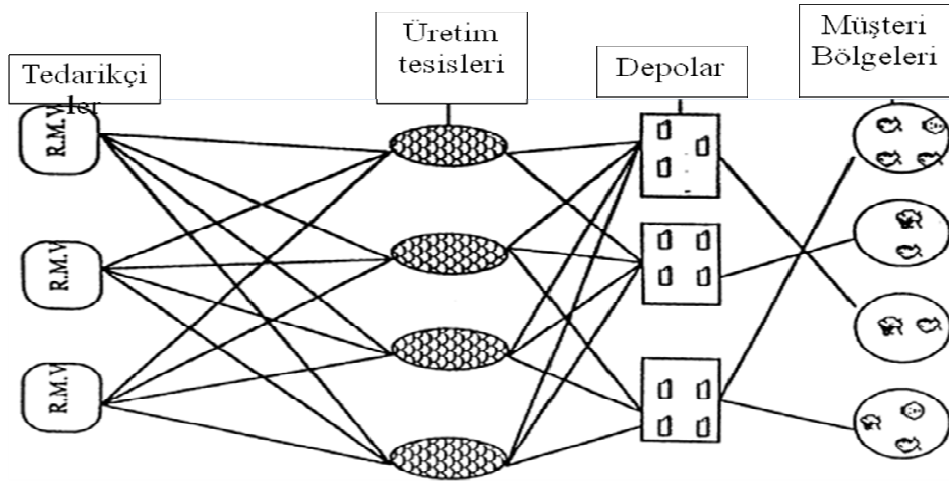
BÖLÜM 4

BULANIK HİZMET DÜZEYİNİ DİKKATE ALAN ÇOK KADEMELİ ÇOK ÜRÜNLÜ BİR TEDARİK ZİNCİRİ AĞI TASARIMI

İyi tasarlanmış bir tedarik zinciri; tedarikçiler, üreticiler, dağıtım tesisleri ve dağıtım kanalları arasındaki etkin bir çalışmanın gerçekleşebilmesi için önemli bir anahtardır. Değişen ekonomik ve politik çevreler, çok uluslu şirketleri var olan üretim ve dağıtım ağlarını tekrar tasarlamada ve en düşük maliyetle müşteri hizmet düzeylerini karşılamada yeni stratejiler geliştirmeleri için teşvik etmektedir. İşçi maliyetleri ve düzenlemeler, verimlilik, vergiler ve görevler uluslararası ortamda firmanın konumunu değiştirebilir, yerleşim yerlerinin cazibesini arttırabilir ve tedarik zinciri ağlarını tekrar tasarlamaları için şirketleri cesaretlendirebilir (Kirca and Köksalan, 1996).

Stratejik seviyede uzun dönem kararlar, tesis yerlerini, üretim teknolojilerini ve tesis kapasitelerini seçerek işletmelerin dağıtım ağlarını yeniden tasarlamayı içerir. Taktiksel seviyede orta dönem kararlar malzeme yönetimini, tesislerin üretim kapasitesini, stok seviyelerini ve parti büyüklüğü gibi kararları içerir. Operasyonel seviyede ise üretim ve dağıtım faaliyetleri, üretim çizelgeleme, müşteriler için rotalama gibi kararlar yer almaktadır (Schmidt and Wilhelm, 2000).

Müşteri hizmet düzeyinin en iyileşmesi ve maliyetlerin enküçülenmesi amaçlarına yönelik olarak; ağ tasarımı ile hangi noktadan hangi noktaya ne kadar taşıma yapmanın en uygun olduğu sonucu bulunur. Hizmet düzeyini belirlemek, Stratejik Düzey Kararı olup şirketler üzerinde uzun süreli kalıcı etkileri vardır. Ağ tasarımı, lojistik ve tedarik zincirinin performansını uzun süreli etkileyen önemli bir karardır. Çalışmadaki tedarik zinciri ağı tasarımı Şekil 4.1'de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.1. Çok Ürnlü Çok Kademeli Ağ Modeli (Jayaraman and Pirkul, 2001)

Çalışmadaki ağ tasarımı şekilde görüldüğü gibi tedarikçiler, üretim tesisleri, depolar ve müşteriler olmak üzere üç kademededen oluşmaktadır. Her bir talep noktasının seviyesi farklıdır.

4.1. Tedarik Zinciri Ağı Tasarım Probleminin Tanımlanması

Çalışmada, Türkiye'nin tamamına, birden fazla ürün çeşidi ile hizmet sunacak bir işletme için depo ve tesis yerlerinin ve sayısının belirlenmesini amaçlayan bir tedarik zinciri ağı tasarım problemi ele alınmıştır. İşletme ürünlerini tüm Türkiye'ye istenen zamanda ve miktarda dağıtmayı hedeflemektedir. Her bir ilin birbirine olan mesafeleri kilometre olarak karayolları haritasından alınmıştır. Modelde, ürünlerin hizmet düzeyine göre her bir talep noktasına istenen zamanda ulaştırılabilmesi için nereye kaç depo açılması gerektiğini belirlemek amaçlanmıştır. Çalışmada dağıtım depo yerlerinin belirlenmesi için hizmet düzeyine bağlı olarak depo sayısını ve yerlerini belirleyecek bir matematiksel model kurulmuştur.

4.2. Modelin Varsayımları

Hizmet düzeyini dikkate alan çok kademeli çok ürünlü bir tedarik zinciri ağı tasarımı problemi için varsayımlar şu şekilde tanımlanmıştır.

- Türkiye'deki il merkezleri talep noktaları olarak alınmıştır.
- Her bir ilin (talep noktası) talebi biliniyor ve sabittir.
- Fabrikalarda üretim maliyeti ürün çeşidine göre farklılık göstermektedir.
- Model çok ürünlü ve çok kademeli bir yapıya sahiptir.
- Her bir müşterinin talebi sadece bir depodan karşılanacaktır.
- Tedarikçilerin ve tesislerin toplam kapasiteleri önceden bilinmekte ve sınırlıdır.
- Tedarikçilerden üretim tesislerine, üretim tesislerinden dağıtım merkezlerine ve dağıtım merkezlerinden müşterilere gerçekleşen taşıma maliyetleri biliniyor ve sabittir.

4.3. Terim ve Notasyonlar

Endeksler

i = ürün çeşidi seti

j = depo yerleri seti

c = müşteriler seti

p = üretim tesisi yerleri seti

s = tedarikçi seti

r = hammadde çeşidi seti

Notasyonlar

$WOPC_j$: j . deponun sabit maliyeti (TL/yıl)

$POPC_p$: p . üretim tesisinin sabit maliyeti (TL/yıl)

SPC_{spr} : s . tedarikçiden p . üretim tesisine r . hammaddeyi taşıma maliyeti (TL/birim)

PWC_{pji} : p . üretim tesisinden j . depoya i . ürün çeşidini taşıma maliyeti (TL/birim)

WCC_{jci} : j . depodan c . müşteriye i . ürün çeşidini taşıma maliyeti (TL/birim)

PC_{pi} : p . üretim tesisinde i . ürünün üretim maliyeti (TL/birim)

h_i : i . ürünü stokta tutma maliyeti (TL/birim-yıl)

m_{cj} : c . müşteri ile açılan j . depo arası mesafe (km)

ATW_j : j . depodan yıllık çıktı miktarı

CD_{ci} : c . müşterinin i . ürüne talep miktarı

$SCAP_{sr}$: s . tedarikçinin r . hammadde için tedarik kapasitesi

$PCAP_p$: p . tesisin üretim kapasitesi

m : güvenlik faktörü

Karar değişkenleri

SS_{ij} : i . ürün için j . depoda güvenlik stoğu miktarı

SPQ_{spr} : s . tedarikçiden p . tesise götürülen r . hammadde miktarı

PQ_{pi} : p . tesiste üretilen i . ürün miktarı

PWQ_{pji} : p . tesisden j . depoya götürülen i . ürün miktarı

WCQ_{jci} : j . depodan c . müşteriye götürülen i . ürün miktarı

$$X_p = \begin{cases} 1 & \text{eğer } p. \text{ üretim tesisi açılırsa} \\ 0 & \text{d.d} \end{cases}$$

$$Y_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j. \text{ depo açılırsa} \\ 0 & \text{d.d} \end{cases}$$

$$Z_{cj} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } c. \text{ müşteri } j. \text{ depoya atanırsa} \\ 0 & \text{d.d} \end{cases}$$

4.4. Model

Enk Z =

$$\left(\sum_{s=1}^S \sum_{p=1}^P \sum_{r=1}^R SPC_{spr} SPQ_{spr} \right) + \left(\sum_{p=1}^P POPC_p X_p + \sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^I PC_{pi} PQ_{pi} + \sum_{p=1}^P \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I PWC_{pji} PWQ_{pji} \right) + \left(\sum_{j=1}^J WOPC_j Y_j + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (SS_{ij} h_i) \right) + \left(\sum_{j=1}^J \sum_{c=1}^C \sum_{i=1}^I WCC_{jci} WCQ_{jci} \right) \quad (4.1)$$

$$\sum_{j=1}^J Z_{cj} = 1 \quad \forall c \quad (4.2)$$

$$\sum_{i=1}^I PQ_{pi} \leq PCAP_p X_p \quad \forall p \quad (4.3)$$

$$Z_{cj} * m_{cj} \leq \beta \quad \forall c, j \quad (4.4)$$

$$SS_{ij} \geq m * CD_{ci} * Y_j \quad \forall c, i, j \quad (4.5)$$

$$\sum_{c=1}^C \sum_{i=1}^I CD_{ci} Z_{cj} \leq ATW_j Y_j \quad \forall j \quad (4.6)$$

$$Z_{cj} \leq Y_j \quad \forall c, j \quad (4.7)$$

$$\sum_{j=1}^J WCQ_{jci} = CD_{ci} \quad \forall c, i \quad (4.8)$$

$$\sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^I PWQ_{pji} \geq \sum_{c=1}^C \sum_{i=1}^I WCQ_{jci} \quad \forall j \quad (4.9)$$

$$\sum_{p=1}^P SPQ_{spr} \leq SCAP_{sr} \quad \forall r, s \quad (4.10)$$

$$X_p, Y_k, Z_{cj} \in \{0,1\} \quad (4.11)$$

$$PQ_{pi}, SPQ_{spr}, PWQ_{pkl}, WCQ_{jci} \geq 0 \quad (4.12)$$

Amaç fonksiyonunda (4.1) birinci kısım, tedarikçilerden üretim tesislerine hammadde taşıma maliyetini, ikinci kısım üretim tesisleri için açma maliyetini, üretim maliyetini ve depolara taşıma maliyetini, üçüncü kısım depolar için açma maliyetini, stokta ürün tutma maliyetini ve depolardan müşterilere taşıma maliyetini ifade etmektedir. Kısıt (4.2) her bir müşterinin sadece bir depoya atanacağını göstermektedir. Kısıt (4.3) üretim tesisinin kapasitesinin aşılmamasını garanti eder. Kısıt (4.4) her bir müşterinin bir depodan hizmet alabilmesi için aralarında en fazla β km mesafe bulunması gerektiğini ifade eder. (Bu sayede siparişler için en geç 5 saat içinde müşteriye ulaştırılmış olacaktır). Kısıt (4.5) açılan her bir depodaki güvenlik stoğunun en az müşterilerin günlük talebinin belli bir güvenlik miktarı ile çarpımı kadar olması gerektiğini ifade eder. Kısıt (4.6) ile ürünlere ait müşteri taleplerinin açık olan depolardan gönderilen miktar ile karşılanması sağlanır. Kısıt (4.7) ile açılmayan depolardan talep karşılanması engellenmiş olur. Kısıt (4.8) ile her bir müşterinin her bir ürüne olan talebi depolardan karşılanması sağlanır. Kısıt (4.9) müşterilerin depolardan talep ettikleri miktar açılan tesislerden depoya aktarılan miktara eşit veya o miktardan küçük olduğunu gösterir. Kısıt (4.10) gereken hammadde miktarının tedarikçi kapasitesi

ile aynı veya tedarikçi kapasitesinden küçük olması gerektiğini gösterir. Kısıt (4.11) (4.12) değişkenlerin tiplerini göstermektedir.

Çalışmada çok ürünlü çok kademeli tedarik zinciri ağı tasarım problemi için karma tamsayılı programlama modeli sunulmuştur. Çalışmada geliştirilen model Jayaraman ve Pirkul (2001) modelinden yararlanılarak oluşturulmuştur. Bu model sadece üretim ve dağıtım sistemi üzerine odaklanırken, çalışmadaki model mesafe kısıtı altında müşteriye düşük, orta ve yüksek hizmet düzeylerinde açılan depolar ile oluşan maliyetleri bulmaya yönelik olarak geliştirilmiştir. Ayrıca 2 günlük güvenlik stoğu hesaba katılarak güvenlik stoğu maliyeti de amaç fonksiyonuna eklenmiştir. Modelde müşteriler ürünlerini sadece depolardan karşılamaktadır. Çünkü problemde müşteriye hizmet verme düzeyi depolar ile talep noktaları arasında düşünülmüştür. Fakat bazı durumlarda müşteriler taleplerini üretim tesislerinden de karşılayabilirler. Bu durumda modele müşteri ile üretim tesisi arasında atama yapılmasına imkân verecek ve müşterinin kendisine en yakın olan depodan veya üretim tesisinden hizmet almasını sağlayacak kısıtlar eklenmelidir.

Medyan veya tesis yerleşim modelleri talep ağırlıklı ortalama (veya toplam) mesafe üzerine odaklanmıştır. Böylesi modeller maliyet temelli veya kâr temelli amaç fonksiyonları için uygulanabilir. Bununla birlikte, birçok açıdan müşteri ile tesisler arası mesafelerin toplamı bu modellerin çözümü için uygun bir ölçü değildir. Bu modeller genellikle acil servis istasyonlarının tasarımında uygulanabilir. Fakat *küme kapsama modelleri*, herhangi bir müşteri ile ona en yakın tesis arasındaki mesafeyi belli bir hizmet düzeyi ile belirlemek için kullanılabilir. Hizmet düzeyi, hizmet sağlama ve finanse etme ile ilgili mevzuatın bir parçası olarak öngörülür (ReVelle et al., 2008). Bu açıdan bakıldığında, çalışmada geliştirilen depo ile müşteri arasındaki hizmet düzeyini dikkate alan model küme kapsama modelidir.

Çalışmadaki kapasiteli küme kapsama yerleşim problemi NP-Zor sınıfı problemlerdir (Garey and Johnson, 1979). Çünkü kısıtlı hammadde miktarına sahip tedarikçiler tesislerdeki üretim miktarlarını da sınırlandırmakta ve girdi miktarlarını azaltmaktadır. Bu tip problemlerin büyük ölçekli olanları bazı yazılım programları ile

eniyei çözümlü verecek şekilde çözümlenmektedir. Herhangi bir problemde gereksiz kısıtları elemine etmek için satır ve sütun azaltma kurallarından bazıları kullanılabilir.

4.5. Farklı Hizmet Düzeyleri İçin Modelin Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yüksek, orta ve düşük hizmet düzeyi müşteri temelinde göreceli bir kavram olduğu gibi sektörden sektöre de değişkenlik gösterebilmektedir. Bu açıdan çalışmada talep noktası-depo uzaklığı ile ifade edebileceğimiz hizmet düzeyi, karar vericilerin niteliksel tahmin yöntemleri kullanılarak karar modeline katılabilir. Çalışmada ele alınan hizmet düzeyi için yüksek, orta ve düşük sınıflandırması Çizelge 4.1'deki gibidir.

Çizelge 4.1. Mesafeye Bağlı Hizmet Düzeyi

| Talep Noktası-Depo uzaklığı (km) | Hizmet düzeyi |
|----------------------------------|---------------|
| 0-200 | Yüksek |
| 201-300 | Orta |
| 301-400 | Düşük |

Çalışmada talep noktası ile depo arası uzaklık 200 km'ye kadar yüksek hizmet düzeyi, 201 ile 300 km arası orta hizmet düzeyi, 301 ile 400 km arası düşük hizmet düzeyi olduğu varsayılmıştır.

Çalışmada kullanılan taşıma maliyetleri, üretim tesisi ve tedarikçi kapasiteleri, üretim tesisi ve depo açma maliyetlerine ait veriler Paksoy'un (2004) "Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve optimizasyonu: Malzeme İhtiyaç Kısıtı Altında Stratejik Bir Üretim-Dağıtım Modeli" isimli çalışmasından alınmıştır. Birinci ürüne ait müşteri talepleri bir işletmeye ait gerçek veriler olup ikinci ürüne ait müşteri

talepleri ise il merkezlerinin nüfusu ile doğru orantılı olarak küçültülmüş verilerdir (EK 1).

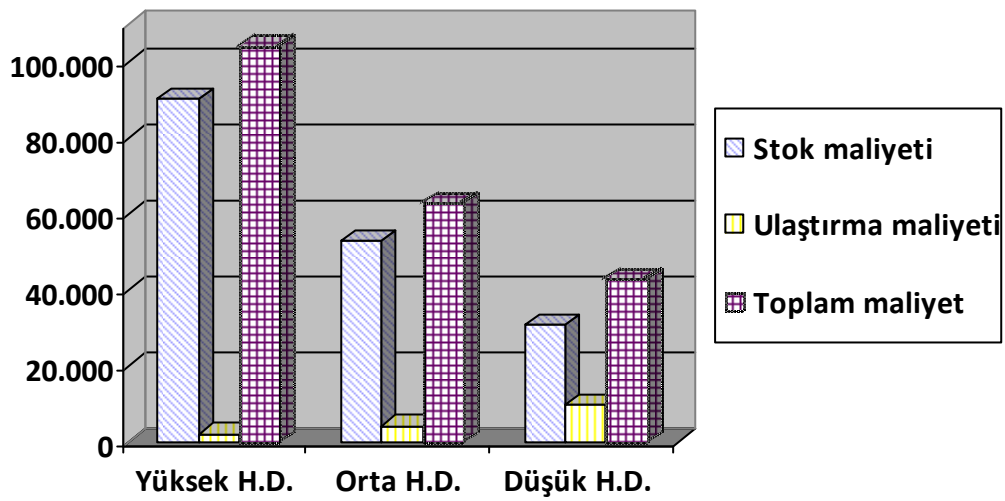
Problemin çözüm prosedüründe açılacak tesis ve depo setlerinin sayısı ve yerleri, bunların sonucunda oluşacak maliyetler ve deneysel karşılaştırmalar Pentium Dual CPU 1.80 Ghz özellikli bilgisayarda GAMS 23.5 programlama dilinde CPLEX 12.2 modülü kullanılarak elde edilmiştir. Modelin kodları EK 2’de verilmiştir. Problem, malzeme ihtiyaç kısıtı altında bir işletmenin üç farklı tedarikçiden üç farklı hammadde ile müşterilerine iki çeşit ürün sunması durumunda çözdürüldüğünde 20622 değişken ve 20101 kısıttan oluşmaktadır. Probleme bir üretim tesisi daha eklenip model tekrar çözdürüldüğünde 20796 değişken ve 20106 kısıt oluştuğu, ayrıca 3400 pb ek maliyetin oluştuğu görülmüştür.

300 km’lik orta hizmet düzeyi mesafe kısıtı altında çözülen problem, şoförlerin çalışma saatleri açısından farklılık gösterdiği durumlar ve fazla mesai durumları için 200 ve 400 km’lik yüksek ve düşük hizmet düzeyi mesafe kısıtları altında tekrar çözdürülmüştür. Üretim tesisi sayısı kısıtı altında model çözdürülmüş ve bu durumda oluşan toplam maliyet, stokta tutma maliyeti ve ulaştırma maliyeti Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Üretim tesislerinin Eskişehir, İstanbul, Kayseri, Erzurum ve Denizli illerindeki aday şehirlerden ilk dördüne açıldığı görülmüştür.

Çizelge 4.2. Hizmet Düzeyine Göre Maliyetler

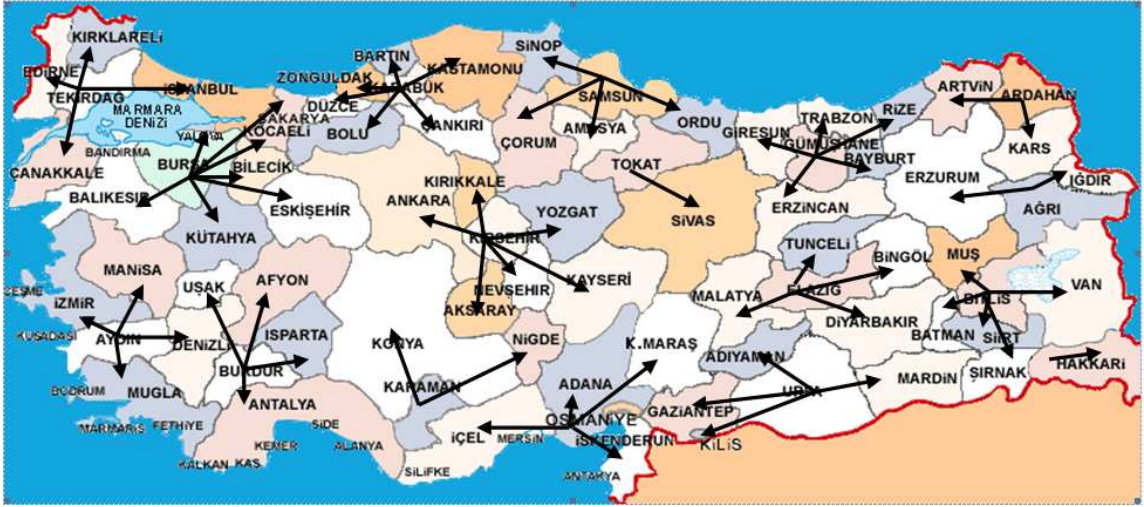
| Üretim tesisi sayısı | Talep noktası-depo uzaklığı (km) | Açılan depo sayısı | Stokta tutma maliyeti | Ulaştırma maliyeti | Toplam maliyet | Hizmet düzeyi |
|----------------------|----------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|----------------|---------------|
| 4 | 0-200 | 17 | 90.678 | 2.367 | 104.515 | Yüksek |
| 4 | 201-300 | 10 | 53.340 | 4.545 | 63.227 | Orta |
| 4 | 301-400 | 6 | 31.204 | 10.100 | 43.091 | Düşük |

İlgili tabloda hizmet düzeyine bağlı olarak oluşan maliyetler görülmektedir. Buna göre hizmet düzeyi arttıkça stok maliyetleri artmakta, ulaşım maliyetleri azalmakta ve toplam maliyet artmaktadır. Burada stok maliyetleri ile ulaşım maliyetleri arasında ödünleşme oluşmaktadır. Karar verici bu durumu göz önünde bulundurarak hangi hizmet düzeyinde uygun olacağı kararını verebilmektedir. Şekil 4.2’de hizmet düzeyine bağlı olarak oluşan maliyetler grafik üzerinde gösterilmiştir.



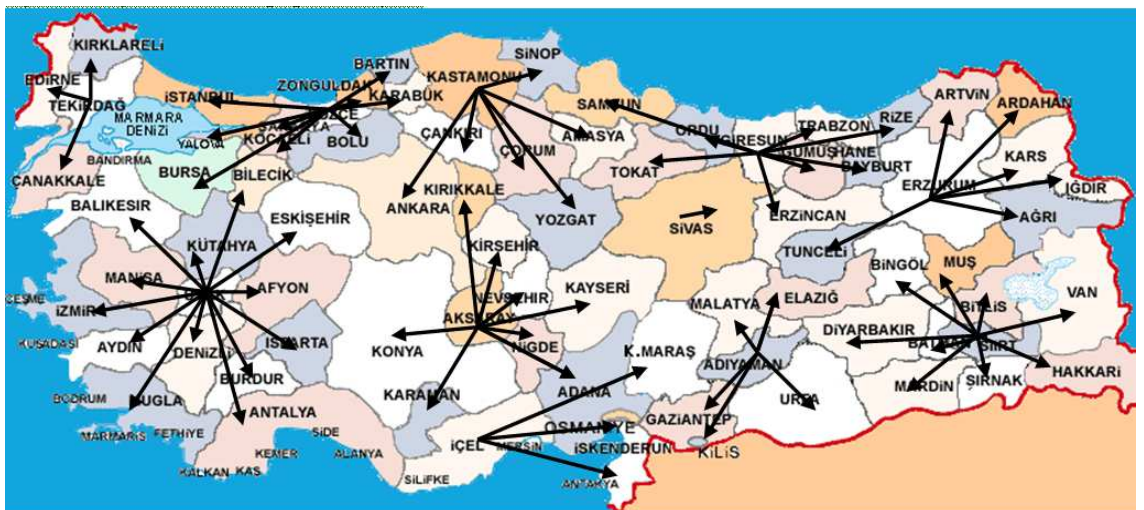
Şekil 4.2. Hizmet Düzeyine Bağlı Olarak Değişen Maliyet Değerleri

Şekle göre hizmet düzeyi azaldıkça toplam maliyet ve stokta tutma maliyeti azalmakta fakat ulaşım maliyeti artmaktadır. Şekil 4.3, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5’de Türkiye haritası üzerinde her üç durum için açılan depoların yerleri ve hangi şehirlere hizmet ettikleri gösterilmiştir.



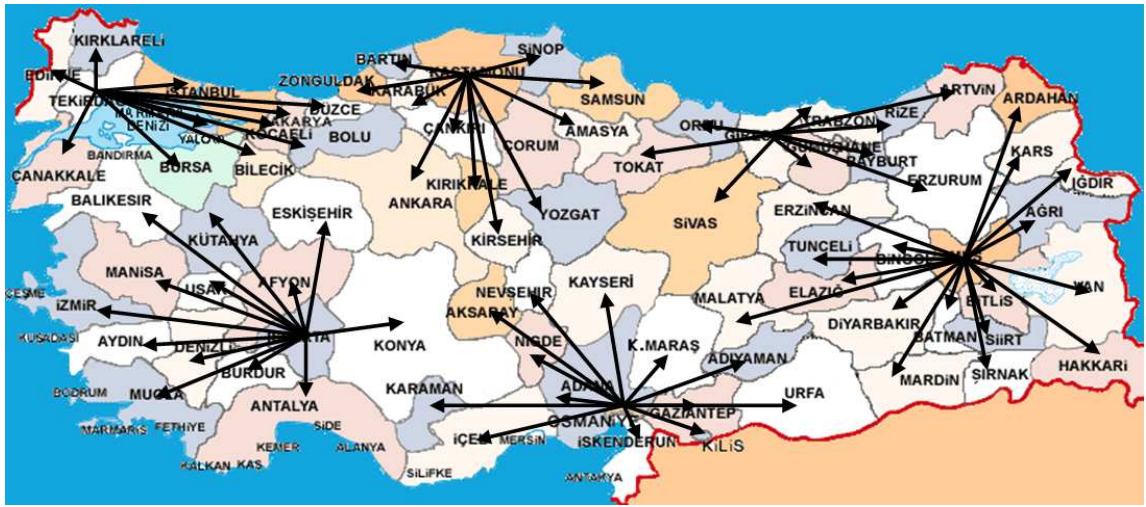
Şekil 4.3. 200 km Mesafe Kısıtı Altında Açılan Depoların Yerleri ve Hizmet Noktaları

Model, 200 km mesafe kısıtı ile yüksek hizmet düzeyinde çözdürüldüğünde Şekil 4.3'deki gibi 17 depo açılmıştır. Bununla birlikte Hakkâri ilinde de depo açılmıştır. Fakat Hakkâri ili sadece kendisine hizmet vermektedir. Bu durumun fazladan maliyet getireceği düşünülerek Hakkâri ilinin Bitlis ilindeki depoya bağlanması ile elde edilen toplam maliyetin değişip değişmediği gözlenmiştir. Sonuçta toplam maliyette 470 pb gibi dikkate değer bir maliyet avantajının yakalanmadığı görülmüştür.



Şekil 4.4. 300 km Mesafe Kısıtı Altında Açılan Depoların Yerleri ve Hizmet Noktaları

300 km mesafe kısıt ile orta hizmet düzeyinde 10 deponun açıldığı durum Şekil 4.4'de haritada gösterilmiştir. Burada Sivas ilinin sadece kendi deposundan hizmet aldığı görülmüştür. 300 km'lik mesafe kısıtı ile çok büyük bir maliyet avantajının elde edilmesine karşın hizmet düzeyinin düştüğü, açılan depoların daha fazla talep noktasına hizmet vermesi gerektiği ve bu yüzden kapsama alanının büyüdüğü ve taşıma maliyetlerinin arttığı görülmüştür.



Şekil 4.5. 400 km Mesafe Kısıtı Altında Açılan Depoların Yerleri ve Hizmet Noktaları

400 km mesafe kısıtı ile düşük hizmet düzeyinde 6 deponun açıldığı durum Şekil 4.5'de haritada gösterilmiştir. Görüldüğü gibi depo sayıları azalmış ve daha fazla yere hizmet etmek durumunda kalınmıştır. Şekilde göze çarpan ilk durum, Isparta iline kurulan deponun kendisine göre birçok batı iline hizmet vermesinin yanında Konya'ya da hizmet vermesidir. Bu durum özellikle araç rotalama probleminde güçlük çıkarabilir. Çünkü eğer talebe bağlı araçlar çizelgelenecekse, talebi yüksek olan Konya ili için ayrı bir araç çıkartmak gerekecektir. Bunun yanında, Tekirdağ ilinin İstanbul gibi bir şehre ve onunda ötesine tek başına hizmet etmesi ulaşım maliyetlerini oldukça arttırmaktadır.

Modelin çözümünde en uygun çözümün elde edilmesinde sadece şehirler ile depolar arası mesafe kısıntısının değil aynı zamanda; talep-ağırlıklı gidilen yolu azaltmak için yüksek talebi olan şehirler, nüfusu yüksek olan şehirler, ulaşımın kolaylıkla

sağlanabilmesi için ana yollar üzerinde bulunan ve arsa, enerji, işgücü imkânları olan şehirler ile firmanın şu anda bölgesel deposunun bulunduğu şehirlerden bazıları değerlendirmeye alınarak maliyet karşılaştırması yapılmak istenmiştir. Bu durumda yüksek hizmet düzeyindeki 200 km'lik mesafe kısıtı altında işletmenin İstanbul ve Kayseri illerinde bulunan tesislerinin yanına, ayrıca Ankara, Bursa, İzmir ve Kocaeli illerine depo açılması kararı alınmıştır.

Problemin modeli öncelikle 200 km mesafe kısıtı altında, tüm Türkiye'ye hizmet verebilme durumunda ve 4 tesis açıldığında çözdürülmüştür. Ardından model zorlanarak depo açılması düşünülen diğer şehirler de modele eklenmiştir. Bu durumda açılan depo sayıları ve oluşan maliyetler Çizelge 4.3'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.3. 200 km Mesafe Kısıtı Altında Model Zorlanarak Açılan Depo Sayıları ve Oluşan Maliyetler

| Durumlar | Açılan depo sayısı | Toplam maliyet | Yeni depo ile gelen ek maliyet |
|---|---------------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| Model zorlanmadan | 17 | 104.515 | |
| Ankara dahil edildiğinde | 19 | 158.915 | 54.400 |
| İstanbul dahil edildiğinde | 18 | 131.835 | 27.320 |
| Bursa dahil edildiğinde | 17 | 104.515 | 0 |
| İzmir dahil edildiğinde | 18 | 131.775 | 27.260 |
| Kayseri dahil edildiğinde | 17 | 104.575 | 60 |
| Kocaeli dahil edildiğinde | 18 | 131.775 | 27.260 |
| Kayseri ve İzmir dahil edildiğinde | 18 | 494.835 | 27.320 |
| Ankara ve İstanbul dahil edildiğinde | 19 | 159.095 | 54.580 |
| Ankara, İstanbul, Bursa, İzmir ve Kayseri dahil edildiğinde | 20 | 186.415 | 81.900 |

Başlangıçta kurulan model zorlanarak yukarıda belirtilen bir takım nedenlerden dolayı bazı şehirlerde depo açılması kararı alınmıştır. Fakat açılan her bir deponun işletmeye ne ölçüde maliyet getireceği bilinmediğinden dolayı her biri için duyarlılık analizi yapılmış ve çıkan sonuçlar birinci duruma göre kıyaslanarak bir karar varılmaya çalışılmıştır. Çizelge 4.3 incelediğinde, modelde yapılacak küçük değişikliklerle karar vericiye “eğer-olursa” (what-if) analizi yapma imkanı sunulmuştur.

4.6. Bulanık Mantık

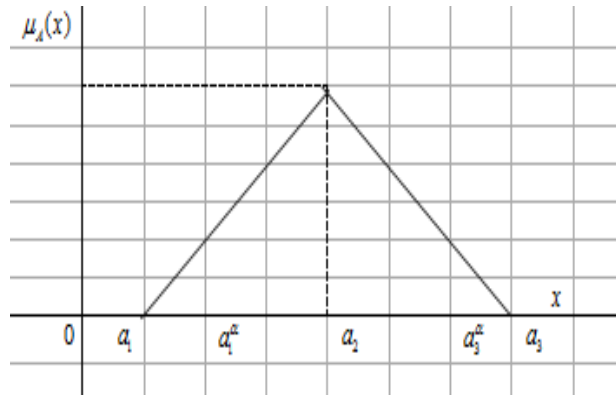
Bilindiği üzere, günlük hayatta karşılaşılan pek çok karar problemi bir doğrusal programlama (DP) problemi olarak formüle edilebilir. Ancak, çoğu durumda, doğrusal programlama problemlerinde kısıtların veya amaç fonksiyonlarının kesin olarak belirlenmesi mümkün olmamaktadır. Böyle durumlarda, bulanık doğrusal programlama (BDP) yöntemlerine başvurulur. Klasik DP'dekinin aksine, BDP problemlerinde amaçlar ve kısıtlar bulanık kümeler şeklinde (G ve C) ifade edilir ve bu bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları $\mu_G(x)$ ve $\mu_C(x)$ şeklindedir. Bu durumda bulanık karar kümesi D; $D=G \cap C$ olarak tanımlanır ve üyelik fonksiyonu; Bulanık Doğrusal Programlama $\mu_D(x) = \min(\mu_G(x), \mu_C(x))$ olur (Paksoy, 2011).

Bulanıklık literatürde iki kavramda ele alınmaktadır. Bunlardan birincisi bulanık mantık dediğimiz süreçlerin veya durumların bulanıklaştırılması, ikincisi bir matematiksel model üzerindeki amaç fonksiyonunda, kısıtlarında veya her ikisinde birden bulanıklaştırma çalışmalarıdır. Çalışmada öncelikle karma tamsayı bir matematiksel model geliştirilmiş sonra bu model içinde yer alan müşteri ile depo arasındaki hizmet düzeyi bulanıklaştırarak tekrar çözüm aranmıştır.

Bulanık mantık teorisi Lotfi Zadeh tarafından klasik küme teorisinin bir uzantısı olarak 1965 yılında ortaya atılmıştır. Temel fikri klasik kümelerdeki gibi bir değer bir kümenin elemanı olup olmadığı sorusuna evet-hayır, doğru-yanlış, siyah-beyaz veya güzel-çirkin gibi keskin cevaplar vermeyip bu elemanın üyeliğinin 0 ile 1 arasında değerler alabilen sürekli bir üyelik fonksiyonu ile ifade edilmesidir (Zadeh, 1965).

Bulanık mantık teorisi, pek çok endüstriyel alanda bulanık kontrol mekanizmalarının başarılı sonuçlar vermesi ile dikkatleri üzerine çekmiştir. Bunun nedeni, bulanık kontrolörlerin klasik kontrolörlere nazaran insan düşüncesini ve komutları bulanık kurallar yardımı ile daha iyi ifade edebilmesidir.

Bulanık sayılara ilişkin farklı yöntemler mevcuttur. Bunlar yamuk üyelik fonksiyonları ve üçgensel üyelik fonksiyonlardır. Bulanık üçgensel üyelik fonksiyonun gösterimi Şekil 4.6'da gösterildiği gibidir.



Şekil 4.6. Üçgensel Bulanık Sayıların Fonksiyonları (Paksoy, 2011)

Bulanık üçgensel sayı olan A (a_1, a_2, a_3) şeklinde olup, a_2 ortalama değer, a_1, a_3 ise sırasıyla sol ve sağ taraf bulanık sayılarıdır.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & d.d \end{cases}$$

Bulanık doğrusal programlama içerisinde birçok yaklaşım yer almaktadır. Bu yaklaşımlardan en eski ve en çok kullanılanlardan bir tanesi Zimmerman yaklaşımı olarak isimlendirilmiştir.

4.6.1. Zimmerman yaklaşımı

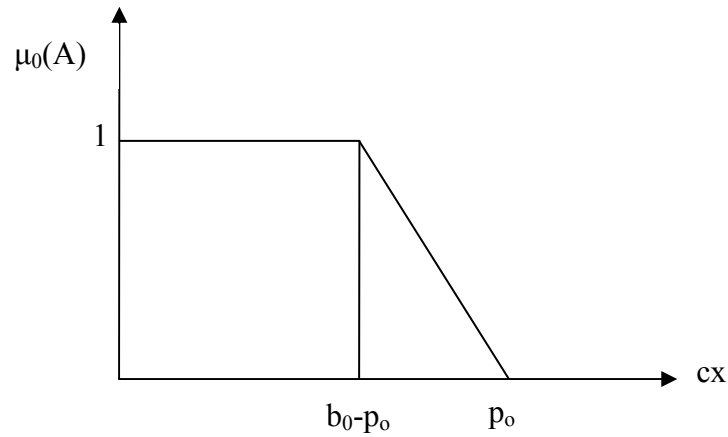
Çok amaçlı problemlerin çözümü için birçok yöntem geliştirilmiştir. Fakat bu modellerin çoğu belirsiz dilsel ifadeleri anlatamamaktadır. Bulanık matematiksel programlama hem çok amaçlı problemlerin hem de belirsiz dilsel ifadelerin çözümlenmesinde kullanılabilir (Zimmerman, 1978). Bulanık programlama alanında, kısıtlar ve amaçlar arasındaki ilişki birbirinden farklı değildir. Zimmerman Yaklaşımı kullanılarak, bulanık hedeflere ve bulanık kısıtlara sahip çok amaçlı programlama modelleri ham (crisp) doğrusal programlama formuna dönüştürülebilmektedir.

Zimmerman (1978), bulanık doğrusal programlama problemlerinin çözümünde Belman ve Zadeh (1970) yaklaşımını kullanmıştır. Bu yaklaşımın belirgin özelliği, kısıtların ve amaçların aynı ortamda incelenmesidir. Bu yaklaşımda, karar verici amaç fonksiyonlarının arzu edilen değerini başlangıçta belirler. Amacı enküçükleyen modelde amaç fonksiyonu değeri b_0 ve p_0 tolerans miktarı, bulanık kısıt için tolerans değeri p_i olmak üzere aşağıdaki dönüşüm elde edilir.

$$\text{Enk } cx \quad \Rightarrow \quad cx \leq b_0 + p_0 \quad (4.13)$$

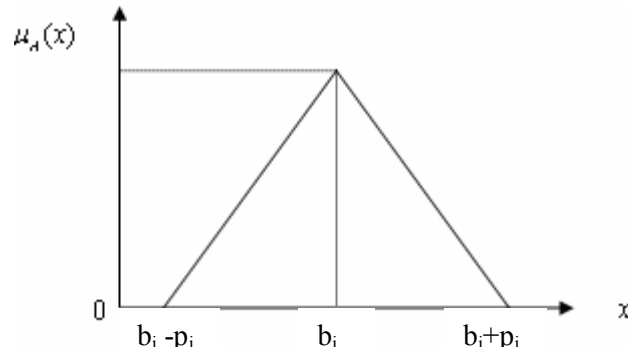
$$Ax \leq b_i \quad \Rightarrow \quad Ax \leq b_i + p_i \quad (4.14)$$

Amaç fonksiyonu için tanımlanan bulanık üyelik fonksiyonu Şekil 4.7'deki gibi gösterilmiştir. Burada amaç fonksiyonu $b_0 - p_0$ noktasına kadar üyelik fonksiyonu 1 değerini almakta b_0 değerine kadarda 0 değerine yaklaşmaktadır.



Şekil 4.7. Maliyet Yapılı Amaç Fonksiyonu için Bulanık Üyelik Fonksiyonu Gösterimi

Kısıtlar için tanımlanan üyelik fonksiyonu Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Burada b_i üyelik fonksiyonu 1 olan değeri ve diğerleri de p_i uzaklığındaki değerleri göstermektedir. Bu değerler b_i ye yaklaştıkça üyelik fonksiyonları da 1'e yaklaşacaktır.



Şekil 4.8. Kısıtlara İlişkin Üyelik Fonksiyonu Gösterimi

Bellman ve Zadeh'in "max-min" işlemcisine göre (4.13) modeli için eniyi çözüm:

$$\mu_D(x^M) = \max_{x \in U} \mu_D^*(x) = \max_{x \in U} \left\{ \min \left[\mu_{G_i}^-(x), \mu_{G_j}^-(x) \right] \right\} \quad (4.15)$$

Bu fonksiyonda μ_D karar uzayı D'nin üyelik fonksiyonudur. Eğer üyelik fonksiyonu $\lambda = \mu_D$ olarak alınırsa bulanık karar tanımı aşağıdaki gibi düzenlenir.

Enb λ

$$cx \geq b_0 - (1 - \lambda)p_0$$

$$(Ax)_i \leq b_i + (1 - \lambda)p_i \quad (4.16)$$

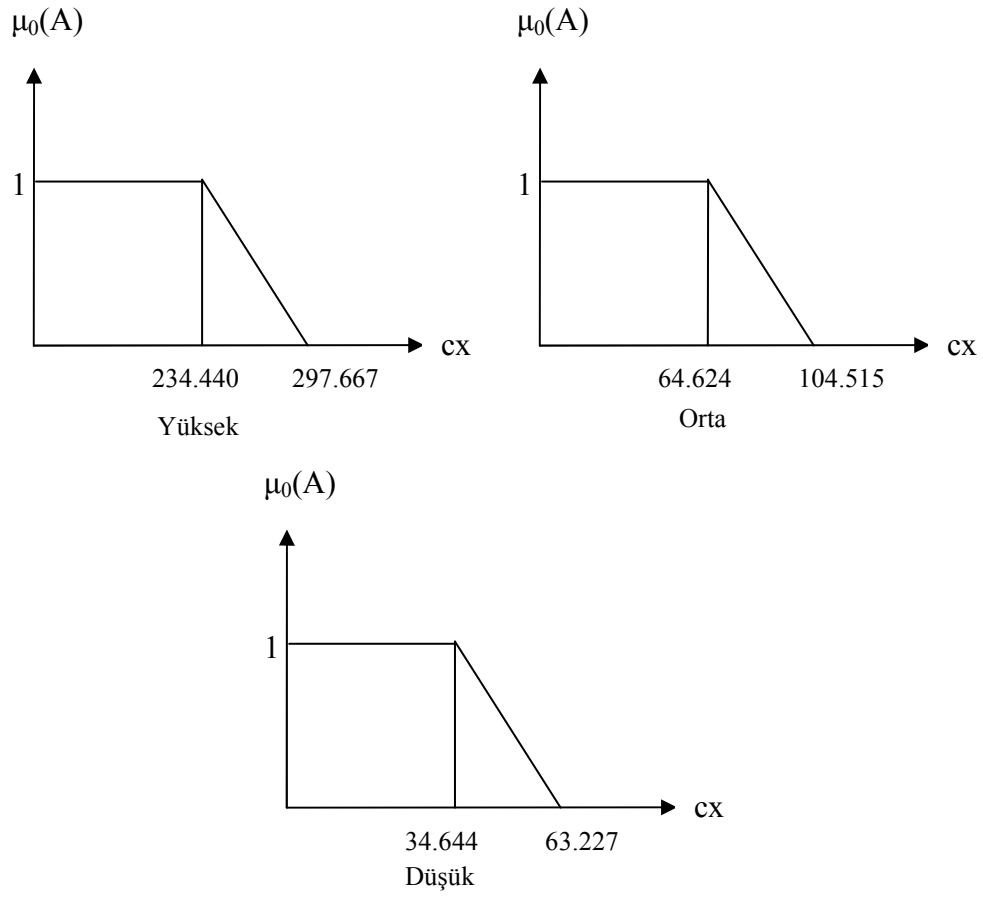
$$x \geq 0 \text{ ve } \lambda \in \{0,1\}$$

Bulanık (4.16) modeli klasik doğrusal programlama modelidir. Buradan λ üyelik derecesine göre tek bir eniyi değer elde edilir. Bulanık küme teorisinde, bulanık amaç ve bulanık kısıtlar için tanımlanan üyelik fonksiyonları kullanılarak bulanık model geliştirilir.

4.6.2. Hizmet Düzeyinin Belirsiz Olduğu Durum İçin Modelin Çözülmesi

Gerçek hayat problemlerinde zaman, maliyet ve mesafe temelli kapsama kriterlerini tahmin etmek kolay değildir. Bu sebepten dolayı geliştirilen matematiksel modelde yer alan ve depo ile müşteriler arasında olduğu varsayılan hizmet düzeyinin belirsiz olduğu düşünülüp bulanıklaştırılarak tekrar çözüm aranacaktır. Yeni modelin çözümü için Zimmerman Yaklaşımı kullanılmıştır. Zimmerman yaklaşımı toplam maliyet fonksiyonu ve hizmet düzeyi kısıtını bütünleştirerek modelin çözümüne imkan sağlamıştır.

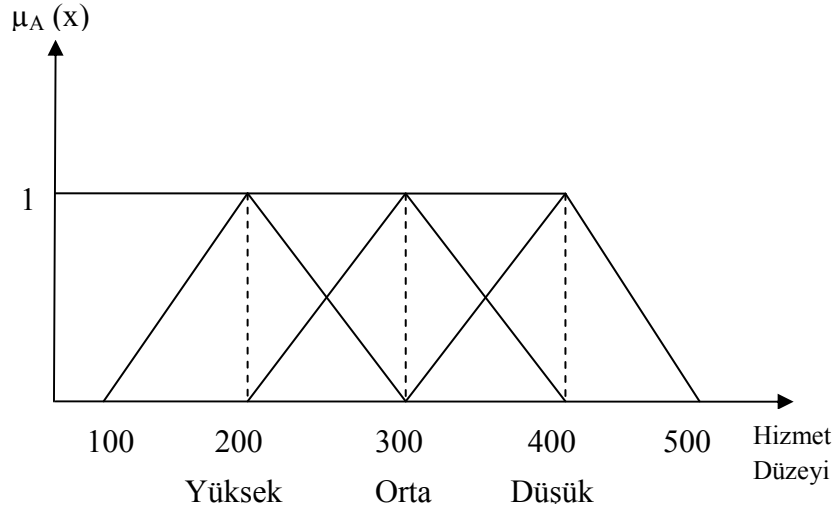
Bulanık doğrusal programlama yaklaşımına göre bulanık kısıt λ değeri ile birleştirilmiş ve λ 'yı enbüyükleyecek şekilde yeni bir amaç fonksiyonu oluşturulmuştur. Amaç fonksiyonunda alt ve üst sınır değerlerinin oluşturulabilmesi ve hizmet düzeyindeki belirsizliğin üyelik fonksiyonu ile ifade edilebilmesi için model, olası en yüksek ve en düşük değerler ile çözülmüştür. Şekil 4.9'da yüksek, orta ve düşük hizmet düzeylerinde toplam maliyeti enküçüklemeye üyelik fonksiyonu grafiği yer almaktadır.



Şekil 4.9. Farklı Hizmet Düzeylerinde Amaç İçin Üyelik Fonksiyonları

Şekil 4.9’da toplam maliyetin üç farklı hizmet düzeyinde, üst sınır değerinden daha az olması istenmektedir. Belirlenen alt sınırdan veya bu sınırın altında olduğunda üyelik fonksiyonu değeri 1 olacaktır.

Talep noktası ile depolar arasındaki hizmet düzeyi kısıtının üyelik fonksiyonu gösterimi Şekil 4.10’da gösterildiği gibidir.



Şekil 4.10. Modeldeki Üçgensel Bulanık Sayıların Üyelik Fonksiyonları

Şekil 4.10'de hizmet düzeyini dikkate alan bir tedarik zinciri ağı tasarımında, mesafe kısıtının yüksek hizmet düzeyinde olası değeri 200 km, en az değeri 100 km, en fazla değeri ise 300 km'dir. Orta hizmet düzeyinde olası değeri 300 km, en az değeri 200 km, en fazla değeri ise 400 km'dir. Düşük hizmet düzeyinde olası değeri 400 km, en az değeri 300 km, en fazla değeri ise 500 km'dir.

Belirlenen üyelik fonksiyonlarına göre hizmet düzeyinin belirsiz olduğu tedarik zinciri ağ tasarım modeli için Zimmerman Yaklaşımına doğrusal bulanık bir model oluşturulmuştur. Üyelik derecesi λ en büyük olacak şekilde modelin bulanık amaç fonksiyonu ve kısıtları düzenlenmiştir. Her bir hizmet düzeyi için bulanıklaştırılan amaç fonksiyonları ve kısıtlar ayrı ayrı çözdürülmüştür.

$$\text{Enb } \lambda \quad (4.17)$$

$$\left(\sum_{s=1}^S \sum_{p=1}^P \sum_{r=1}^R SPC_{spr} SPQ_{spr} \right) + \left(\sum_{p=1}^P POPC_p X_p + \sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^I PC_{pi} PQ_{pi} + \sum_{p=1}^P \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I PWC_{pji} PWQ_{pji} \right) + \left(\sum_{j=1}^J WOPC_j Y_j + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (SS_{ij} h_i) \right) + \left(\sum_{j=1}^J \sum_{c=1}^C \sum_{i=1}^I WCC_{jci} WCQ_{jci} \right) \leq 63227 + (23440 * (1 - \lambda)) \quad (4.18)$$

$$Z_{cj} * m_{cj} \leq 300 - (100 * \lambda) \quad (4.19)$$

$$Z_{cj} * m_{cj} \geq 100 + (100 * \lambda) \quad (4.20)$$

Bulanık doğrusal programlama yaklaşımına göre amaç fonksiyonu (4.17) tüm bulanık amaçlar ve kısıtlar için tatmin düzeyini enbüyüklemeye çalışmıştır. Bütün hizmet düzeylerine ilişkin amaç fonksiyonları modele kısıt olarak ilave edilmiştir. Kısıt (4.18) yüksek hizmet düzeyi için toplam maliyeti enküçüklemeye yöneliktir. Kısıt (4.19) ve (4.20)'de yüksek hizmet düzeyini bulanıklaştırmış ve bunun için belli bir aralık tanımlamıştır.

$$\left(\sum_{s=1}^S \sum_{p=1}^P \sum_{r=1}^R SPC_{spr} SPQ_{spr} \right) + \left(\sum_{p=1}^P POPC_p X_p + \sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^I PC_{pi} PQ_{pi} + \sum_{p=1}^P \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I PWC_{pji} PWQ_{pji} \right) + \left(\sum_{j=1}^J WOPC_j Y_j + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (SS_{ij} h_i) \right) + \left(\sum_{j=1}^J \sum_{c=1}^C \sum_{i=1}^I WCC_{jci} WCQ_{jci} \right) \leq 39891 + (64624 * (1 - \lambda)) \quad (4.21)$$

$$Z_{cj} * m_{cj} \leq 400 - (100 * \lambda) \quad (4.22)$$

$$Z_{cj} * m_{cj} \geq 200 + (100 * \lambda) \quad (4.23)$$

Kısıt (4.21) orta hizmet düzeyi için toplam maliyeti enküçüklemeye yöneliktir. Kısıt (4.22) ve (4.23) orta hizmet düzeyini bulanıklaştırmış ve bunun için belli bir aralık tanımlamıştır.

$$\left(\sum_{s=1}^S \sum_{p=1}^P \sum_{r=1}^R SPC_{spr} SPQ_{spr} \right) + \left(\sum_{p=1}^P POPC_p X_p + \sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^I PC_{pi} PQ_{pi} + \sum_{p=1}^P \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I PWC_{pji} PWQ_{pji} \right) + \left(\sum_{j=1}^J WOPC_j Y_j + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (SS_{ij} h_i) \right) + \left(\sum_{j=1}^J \sum_{c=1}^C \sum_{i=1}^I WCC_{jci} WCQ_{jci} \right) \leq 28583 + (34644 * (1 - \lambda)) \quad (4.24)$$

$$Z_{cj} * m_{cj} \leq 500 - (100 * \lambda) \quad (4.25)$$

$$Z_{cj} * m_{cj} \geq 300 + (100 * \lambda) \quad (4.26)$$

$$0 \leq \lambda \leq 1 \quad (4.27)$$

Kısıt (4.24) düşük hizmet düzeyi için toplam maliyeti enküçüklemeye yöneliktir. Kısıt (4.25) ve (4.26) düşük hizmet düzeyini bulanıklaştırmış ve bunun için belli bir aralık tanımlamıştır. Kısıt (4.27) üyelik derecesinin 0 ile 1 arasında olduğunu

göstermektedir. Kısıt ve amaç fonksiyonu bulanıklaştırılmadan önce asıl modelde yer alan (4.2), (4.3) ve (4.5 – 4.12) kısıtları değiştirilmeden bulanık modele eklenmiştir.

Zimmerman yaklaşımına göre uygulanan küme kapsama modelinde hizmet düzeyinin bulanık olduğu kabul edilmiştir. Bu yaklaşıma göre elde edilen çözüm Çizelge 4.4'deki gibi olacaktır.

Çizelge 4.4. Hizmet Düzeyi Bulanıklaştırılarak Elde Edilen Sonuçlar

| Hizmet düzeyi | Üyelik derecesi (λ) | Talep noktası-depo mesafe aralığı (km) | Toplam maliyet alt sınır değeri | Toplam maliyet üst sınır değeri |
|---------------|-------------------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|
| Yüksek | 0.82 | 182-218 | 234.440 | 297.667 |
| Orta | 0.77 | 277-323 | 64.624 | 104.515 |
| Düşük | 0.67 | 367-433 | 34.644 | 63.227 |

Hizmet düzeyi bulanıklaştırılarak Çizelge 4.4'teki sonuçlar elde edilmiştir. Buna göre, yüksek hizmet düzeyinde 0.82 üyelik derecesinde toplam maliyet alt sınır değeri 234.440 pb'dir. Bu değer altında kalan maliyetlerin üyelik derecesi 1 olacaktır. Üst sınır 297.667 bp'nin üstündeki her maliyet içinde üyelik derecesi 0 değerini alacaktır. Yani işletmenin müşterisine sağladığı hizmet düzeyine 0.82 tatmin derecesiyle yüksek diyebilmesi için toplam maliyetin ortaya çıkan alt ve üst sınır arasında olması gerekmektedir.

Orta hizmet düzeyinde 0.77 üyelik derecesinde toplam maliyet alt sınır değeri 64.624 pb'dir. Bu değer altında kalan maliyetlerin üyelik derecesi 1 olacaktır. Üst sınır 104.515 bp'nin üstündeki her maliyet içinde üyelik derecesi 0 değerini alacaktır. Yani işletmenin müşterisine sağladığı hizmet düzeyine 0.77 tatmin derecesiyle orta diyebilmesi için toplam maliyetin ortaya çıkan alt ve üst sınır arasında olması gerekmektedir.

Düşük hizmet düzeyinde 0.67 üyelik derecesinde toplam maliyet alt sınır değeri 34.644 pb'dir. Bu değerin altında kalan maliyetlerin üyelik derecesi 1 olacaktır. Üst sınır 63.2277 bp'nin üstündeki her maliyet içinde üyelik derecesi 0 değerini alacaktır. Yani işletmenin müşterisine sağladığı hizmet düzeyine 0.67 tatmin derecesiyle yüksek diyebilmesi için toplam maliyetin ortaya çıkan alt ve üst sınır arasında olması gerekmektedir.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY), artan rekabet şartları içerisinde işletmelerin ayakta kalabilmeleri için üzerinde durmaları gereken önemli bir konudur. TZY gelişmesiyle birlikte işletmeler, rekabetin kendi aralarında değil işletmelerin tedarik zincirleri arasında olduğunu anlamakta ve stratejilerini müşteri odaklı olarak geliştirmektedir. Bu koşullarda firmalar rekabet edebilmek için tedarik zincirlerini etkin olarak yönetmelidir.

Çalışma temel olarak, hizmet düzeyini dikkate alan küme kapsama modeli ile etkin bir tedarik zinciri ağı tasarımı üzerine yapılmıştır. Bir işletmenin ürünlerini tüm müşterilerine istenen zaman ve miktarda ulaştırabilmesi için, tedarikçisinden hammaddelerini almakta, kendi üretim tesislerinde işlemekte, dağıtım merkezleri veya depolarında stoklamakta ve ardından ürünlerin dağıtımını gerçekleştirmektedir. Bu sürecin gerçekleşebilmesi için toplam taşıma, üretim ve işletim maliyetlerini en küçükleyecek sayıda deponun uygun yerlere açılması gerekmektedir. Çalışmada yüksek, orta ve düşük hizmet düzeyi dikkate alınarak karma tamsayı matematiksel bir model geliştirilmiş ve çözüme yönelik farklı stratejiler geliştirilmiştir.

Geliştirilen modelin çözümü ile Eskişehir, İstanbul, Kayseri ve Erzurum illerine üretim tesisleri açıldığı ve yüksek hizmet düzeyinde 17 depo, orta hizmet düzeyinde 10 depo ve düşük hizmet düzeyinde 6 depo açıldığı görülmüştür. Hizmet düzeyi arttıkça depo sayısı, stok tutma maliyeti ve toplam maliyet artmakta fakat buna bağlı olarak, ulaştırma maliyeti azalmaktadır. Burada stok maliyetleri ile ulaştırma maliyetleri arasında ödünleşme oluşmaktadır. Karar verici bu durumu göz önünde bulundurarak hangi hizmet düzeyinde ve hangi maliyetle hizmet vereceğine ilişkin kararını verebilmektedir.

Çalışmanın izleyen aşamasında bir yöneticinin, yüksek hizmet düzeyinde ve modelin verdiği sonuçlar haricinde, talebi veya nüfusu yüksek olan şehirleri dikkate alarak başka bir stratejik karar vermek istemesi halinde karşılaşılabilecek durumlar incelenmiştir. Buna yönelik olarak da modelde bazı şehirlere depo açılması zorlandığı için oluşan toplam maliyetler ve katlanması gereken ek maliyetler karşılaştırılmıştır. Yapılan değerlendirmeye göre diğer talep noktalarına depo açıldığı takdirde oluşan ek maliyetin diğer alternatiflere göre karşılaştırılması karar vericiye sunulmuştur.

Günlük hayat problemlerinde zaman, maliyet ve mesafe temelli kapsama kriterlerini her zaman doğru tahmin etmek kolay değildir. Çalışmada müşteriler ile depo arasındaki hizmet düzeyi temelinde yatan mesafe kısıtının belirsiz ve kesin olmadığı düşünülüp bulanıklaştırılarak yeni bir model elde edilmiştir. Belirlenen üyelik fonksiyonlarına göre hizmet düzeyinin bulanık olduğu tedarik zinciri ağ tasarımı için Zimmerman Yaklaşımı ile doğrusal bulanık bir model oluşturulmuştur. Üyelik derecesi λ en büyük olacak şekilde modelin bulanık amaç fonksiyonu ve kısıtları düzenlenmiştir. Buna yüksek hizmet düzeyinde 0.82, orta hizmet düzeyinde 0.77 ve düşük hizmet düzeyinde 0.67 üyelik derecesi ile olası maliyet aralıkları hesaplanmıştır.

Sonuç olarak, müşteri hizmet düzeyi işletmelerin ürünlerini tüm müşterilerine istenen zaman ve miktarda ulaştırmasında dikkate alınması gereken bir faktördür. Hizmet düzeyini arttıran işletmeler belli bir takım maliyete katlanmanın yanında büyük bir pazar payına da hakim olabileceklerini asla unutmamalıdır.

Geliştirilen matematiksel model ve çıkan sonuçlar neticesinde bir yöneticinin veya karar vericinin hangi koşullarda hangi kararı vereceğine yardımcı olacak bir karar destek sistemine zemin hazırlanmıştır. Bir karar verici olarak yönetici, belli bir takım parametreler ışığında müşterisi ile deposu arasındaki mesafenin hangi hizmet düzeyine karşılık geldiğini ve ne kadar bir maliyete katlanması gerektiğini görecektir.

Gelecek çalışmalarda, herhangi bir sektörde hizmet düzeyine ilişkin gerçek veriler ile tasarlanan model kullanılarak analiz yapılabilir. Böylesi bir tasarım sadece stratejik

seviyedeki bir karar mekanizması için değil aynı zamanda taktiksel ve operasyonel karar verme süreçlerinde de ürünlerin etkin bir şekilde dağıtımını için kullanılabilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Acar, Z., 2010, Depolama ve Depo Yönetimi, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 192 s.
- Antunes. A. and Peeters, D., 2000, A dynamic optimization model for school network planning. *Socio-Economic Planning Sciences*. 34, 101-120.
- Arostegui, M. A., Kadipaşaoğlu S. N. And Khumawala B. M., 2006, An empirical comparison of tabu search, simulated annealing and genetic algorithms for facilities location problems, *Int. J. Production Economics*. 103, 742-754.
- Bachlaus M., Kumar M., Mahacan C., and Shankar R., 2008, Designing an integrated multi-echelon agile supply chain network: A hybrid taguchi-particle swarm optimization approach, *Journal Intell Manufacturing*, 19, 747–761.
- Bakır, M. A. ve Altunkaynak, B., 2003, Tam Sayılı Programlama Teori, Modeller ve Algoritmalar, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Ballou, R., 2004, *Business Logistics/ Supply Chain Management Fifth Edition*, Prentice Hall, New Jersey.
- Batanovic, V., Petrovic, D., and Petrovic, R., 2009, Fuzzy logic based algorithms for maximum covering location problems, *Information Sciences*, 179, 120-129.
- Bilgen, B., 2010, Application of fuzzy mathematical programming approach to the production allocation and distribution supply chain network problem, *Expert System With Applications*. 37, 4488-4495.
- Blanding, W., 1991, *Customer Service Operations: The Complete Guide*, American Management Association, New York.
- Bowersox, D., Closs, D., and Cooper, M., 2002, *Supply Chain Logistic Management*, McGraw Hill, New York.
- Chaug-Ing, H., and Hui-Chieh, L., 2011, Reliability evaluation and adjustment of supply chain network design with demand fluctuations, *International Journal of Production Economics*. 132, 131-145.
- Church R. L., and ReVelle C. S., 1975, The Maximal Covering Location Problem, *Papers of the Regional Science Association*, 32, 101-118.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Dasci A., and Verter V., 2001, A continuous model for production–distribution system design, *European Journal of Operational Research*, 129, 287–298.
- Dasci, A. and Verter, V., 2002, The plant location and technology acquisition problem. *IIE Transactions*, 33, 963-973.
- Daskin M.S., Coullard C.R., and Shen Z.J., 2002, An inventory-location model: Formulation, solution algorithm and computational results. *Annals of Operations Research*, 110, 83–106.
- Daskin, M. S., 1995, *Network and Discrete Locations: Models, Algorithms and Applications*, John Wiley and Sons, New York.
- Eleren A., 2008, *Tedarik Zinciri ve Lojistik Yönetimi*, Gazi Kitapevi, Ankara.
- Erdal, M., ve Çancı M., 2009, *Lojistik Yönetimi*, Genişletilmiş 3. Baskı, UTİKAD Yayınları,
- Erlebacher, S. J. and R. D. Meller 2000, The interaction of location and inventory in designing distribution systems *Iie Transactions* 32(2), 155–166.
- Evans, J. R., Anderson, D. R., Sweeney D. J. and Williams, T. A., 1990, *Applied Production and Operations Management*, Third Edition, West Publishing Company, New York.
- Garey, M. R., and Johnson, D. S., 1979, *Computers Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness*. Freeman, San Francisco.
- Ghiani, G., Laporte G., and Musmanno, R., 2004, *Introduction to Logistic Systems Planning and Control*, John Wiley & Sons, London
- Ghodsi R., Mohammadi M., and Rostami H., 2010, Hub Covering Location Problem under Capacity Constraints, *Fourth Asia International Conference on Mathematical/Analytical Modelling and Computer Simulation* 204-208.
- Gourdin, K. N., 2006, *Global Logistics Management: A Competitive Advantage For The 21th Century*, Second Edition, Blackwell Publishing, UK.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

Görçün, Ö., F., 2010, Örnek Olay ve Uygulamalarla Tedarik Zinciri Yönetimi, Beta Yayıncılık, İstanbul.

Güleş, H., K., Paksoy, T., Bülbül, H ve Özceylan E. 2009, Tedarik zinciri yönetimi stratejik planlama, modelleme ve optimizasyon, Gazi Kitabevi, Ankara.

Gümüş, M. and Bookbinder, J. H., 2004, Cross-Docking and its Implications in location-distribution systems, Journal of Business Logistics, 25(2) 199-228.

<http://tdkterim.gov.tr/bts/>

Hwang, H., 2002, Design of supply-chain logistics system considering service level. Computers and Industrial Engineering, 43, 183-197.

Jayaraman V., and Ross A. 2003, A simulated annealing methodology to distribution network design and management. European Journal of Operational Research, 144, 629–645.

Jayaraman, V., and Pirkul, H. 2001, Planning and coordination of production and distribution facilities for multiple commodities. European Journal of Operational Research, 133, 394–408.

Jula, P., and Leachman R. C., 2011, A supply chain optimization model of the allocation of containerized imports from Asia to United States, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. 47,609-622.

Kara B.Y. and Tansel B.C. 2003, The single-assignment hub covering problem: models and linearization, Journal of the Operational Research Society, 54, 59-64.

Kirca, Ö. and Köksalan, M. M., 1996, An Integrated Production and Financial Planning Model: An Application, IIE Transactions, 28, 677-686,

Kumar, A., Kaur, J. and Singh, P., 2011, A new model for solving fully linear programming problems, Applied Mathematical Modelling. 35, 817-823.

Langevin, A., and Riopel, A., 2005, Logistics Systems Design and optimization, Springer, New York.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Lee, H. L., and Billington C., 1992, Managing supply chain inventory: Pitfalls and opportunities. *Sloan Management Review*, Spring.
- Liang, T. F. and Cheng, H. W., 2009, Application of fuzzy sets to manufacturing distributing planning decisions with multi product and multi time period in supply chains, *Expert Systems with Applications*. 36, 3367-3377.
- Melkote S., and Daskin M. S., 2001, Capacitated facility location-network design problems, *European Journal of Operational Research*, 129 , 481-495.
- Mula, J., David, P. and Polen, R., 2010, The effectiveness of a fuzzy mathematical programming approach for supply chain production planning with fuzzy demand, *International Journal of Production Economics*. 128, 136-143.
- Nagurney A., 2010, Optimal supply chain network design and redesign at minimal total cost and with demand satisfaction, *Production Economics*, 128, 200-208.
- Nozick, L. K., and Turnquist, M. A., 2001, Inventory, transportation, service quality and the location of distribution centers. *European Journal of Operational Research*, 129, 362-371.
- Paksoy, T., 2011, Bulanık Doğrusal Programlama: Bulanık Küme Teorisi (Ders notları).
- Peidro, D., Mula, J. and Jimenez M., 2010, A fuzzy linear programming based approach for tactical supply chain planning in an uncertainty environment, *European Journal of Operational Research*. 205, 65-80.
- Pirkul, H., and Schilling A. D., 1991, , The maximal covering location problem with capacities on total workload, *Management Science* 37, 233-248.
- ReVelle, C. S., Eiselt, H. A., Daskin, M. S., 2008, A bibliography for some fundamental problem categories in discrete location science, *European Journal of Operational Research*. 184, 817-848.
- Qin, J., Shi, F., Miao, L., and Tan, G., 2009, Optimal model and algorithm for multi-commodity logistics network design considering stochastic demand and inventory control, *systems engineering – Theory and Practice*, 29(4), 176-183.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Ratliff, D., Vande, J., and Zhang, M. 1999, Network design for load-driven cross-docking systems. Technical Report, Atlanta, GA: The Logistics Institute, Georgia Institute of Technology.
- Romeijn H.E., Romero D., and Morales , 2003, An asymptotically optimal greedy heuristic for the multi-period single-sourcing problem: the cyclic case, *Naval Research Logistics*, 50, 412-437.
- Romeijn H. E., Shu J. and Teo C. P., 2007, Designing two-echelon supply networks. *European Journal of Operational Research* 178 (2), 449-462.
- Ross A., and Jayaraman, V., 2008, An evaluation of new heuristics for the location of cross-docks and distribution centers in supply chain network design. *Computers and Industrial Engineering*. 55(1), 64-79.
- Ross, D. F., 2000, *Competing Through Supply Chain Management: Creating Market – Winning Strategies Through Supply Chain Partnerships*, Kluwer Academic Publishers, Boston, USA.
- Rushton, A., 2006, *The Handbook of Logistics and Distribution Management*, London: Kogan Page.
- Schaffer, B., 1997, *Implementing to successful cross docking operations*, IEE Solutions.
- Schmidt, G. and Wilhelm, W.E. 2000, Strategic, tactical and operational decisions in multi-national logistics networks: a review and decision of modelling issues. *International Journal of Production Research*, 38(7), 1501-1523.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P. and Simchi-Levi E., 2003, *Designing and Managing The Supply Chain: Concept, Strategies and Case Study*, McGraw-Hill, Higher Education.
- Stadtler, H. and Kilger, C., 2000, *Supply chain management and advanced planning: concepts, modeling, software and case studies*, Springer, New York.
- Şerbetçioğlu H., 2007, *İnşaat Tedarik Zinciri Yönetimi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Tan, P. Z., and Kara, B. Y, 2007, A hub covering model for cargo delivery system, Wiley Interscience Network, 49, 28-39.
- Waters D., 2003. Logistics An Introduction to Supply Chain Management. Palgrave Macmillan, New York, USA.
- Yan H., Yu Z., Cheng T.C.E., 2003, A strategic model for supply chain design with logical constraints: Formulation and solution, Computers & Operations Research, 30, 2135–2155.
- Yan, H., and Tang, S., 2009, Pre Distribution and post distribution cross docking operations, Transportation Research Part E, China.
- Zadeh, L.A. 1965, Fuzzy Sets, Information and Control, 8, 338–353.
- Zimmermann HJ (1978). Fuzzy programming and linear programming with several objective functions, Fuzzy Sets Syst., 1: 45-55.

EKLER

EK.1. Müşteri Talep Verileri

EK.2. Modelin GAMS Kodları

EK 1. Müşteri Talepleri

| Müşteri | Birinci Ürün Talebi | İkinci Ürün Talebi | Müşteri | Birinci Ürün Talebi | İkinci Ürün Talebi | Müşteri | Birinci Ürün Talebi | İkinci Ürün Talebi |
|----------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 60 | 66 | 31 | 33 | 27 | 61 | 30 | 33 |
| 2 | 4 | 5 | 32 | 12 | 10 | 62 | 7 | 7 |
| 3 | 20 | 22 | 33 | 41 | 32 | 63 | 13 | 14 |
| 4 | 13 | 15 | 34 | 494 | 395 | 64 | 10 | 11 |
| 5 | 13 | 14 | 35 | 193 | 155 | 65 | 16 | 17 |
| 6 | 162 | 178 | 36 | 7 | 6 | 66 | 7 | 5 |
| 7 | 62 | 68 | 37 | 10 | 8 | 67 | 22 | 18 |
| 8 | 5 | 5 | 38 | 23 | 18 | 68 | 7 | 6 |
| 9 | 23 | 25 | 39 | 12 | 10 | 69 | 2 | 1 |
| 10 | 26 | 28 | 40 | 7 | 5 | 70 | 5 | 4 |
| 11 | 21 | 23 | 41 | 63 | 51 | 71 | 8 | 6 |
| 12 | 3 | 4 | 42 | 60 | 48 | 72 | 8 | 7 |
| 13 | 5 | 5 | 43 | 18 | 15 | 73 | 16 | 13 |
| 14 | 9 | 7 | 44 | 15 | 12 | 74 | 9 | 7 |
| 15 | 8 | 6 | 45 | 19 | 15 | 75 | 4 | 3 |
| 16 | 70 | 56 | 46 | 11 | 9 | 76 | 5 | 4 |
| 17 | 25 | 20 | 47 | 8 | 9 | 77 | 1 | 1 |
| 18 | 3 | 3 | 48 | 19 | 21 | 78 | 9 | 7 |
| 19 | 9 | 7 | 49 | 5 | 6 | 79 | 10 | 8 |
| 20 | 25 | 20 | 50 | 7 | 7 | 80 | 16 | 13 |
| 21 | 25 | 20 | 51 | 4 | 5 | 81 | 11 | 9 |
| 22 | 26 | 21 | 52 | 34 | 37 | | | |
| 23 | 14 | 11 | 53 | 12 | 14 | | | |
| 24 | 8 | 7 | 54 | 42 | 46 | | | |
| 25 | 20 | 16 | 55 | 32 | 35 | | | |
| 26 | 44 | 36 | 56 | 6 | 6 | | | |
| 27 | 25 | 20 | 57 | 4 | 5 | | | |
| 28 | 11 | 9 | 58 | 17 | 19 | | | |
| 29 | 2 | 2 | 59 | 30 | 32 | | | |
| 30 | 6 | 5 | 60 | 12 | 14 | | | |

EK 2: Modelin GAMS Kodları

```
option mip=cplex;  
option lp=cplex;
```

Sets

```
i ürün çeşidi      /i1,i2/  
j depo            /j1*j81/  
c müşteri         /c1*c81/  
p üretim tesisi   /p1*p5/  
s tedarikçi       /s1*s3/  
r hammadde        /r1*r3/;
```

Parameters

```
WOPC(j)/  
...  
POPC(p)/  
...  
PCAP(p)/  
...  
h(i)/  
...  
ATW(j)/  
...  
Table SPC(s,p,r)  
...  
Table PWC(p,j,i)  
...  
Table WCC(j,c,i)  
...  
Table CD(c,i)  
...  
Table m(c,j)  
...  
Table SCAP(s,r)  
...  
Table PC(p,i)  
...  
variable minz;  
binary variable X(p);  
binary variable Y(j);  
binary variable Z(c,j);  
positive variable PQ(p,i);  
positive variable SPQ(s,p,r);  
positive variable PWQ(p,j,i);  
positive variable WCQ(j,c,i);
```

positive variable $SS(i,j)$;

equations

amac

kisit1(c)

kisit2(p)

kisit4(c,i,j)

kisit5(j)

kisit6(c,j)

kisit7(c,i)

kisit8(j)

kisit9(r,s)

kisit10

kisit11(c,j);

*ankara

*istanbul;

*bursa;

*izmir;

*kayseri;

*kocaeli;

amac..sum((s,p,r),SPC(s,p,r)*SPQ(s,p,r))+sum(p,POPC(p)*X(p))+sum((p,i),PC(p,i)*PQ(p,i))+sum((p,j,i),PWC(p,j,i)*PWQ(p,j,i))+sum(j,WOPC(j)*Y(j))+sum((i,j),SS(i,j)*h(i))+sum((j,i,c),WCC(j,c,i)*WCQ(j,c,i))=e=minz;

*amac..sum(p,POPC(p)*X(p))+sum((p,i),PC(p,i)*PQ(p,i))+sum(j,WOPC(j)*Y(j))=e=minz;

*amac.. sum((i,j),SS(i,j)*h(i))=e=minz;

*amac..sum((s,p,r),SPC(s,p,r)*SPQ(s,p,r))+sum((p,j,i),PWC(p,j,i)*PWQ(p,j,i))+sum((j,i,c),WCC(j,c,i)*WCQ(j,c,i))=e=minz;

kisit1(c).. sum(j,Z(c,j))=e=1;

kisit2(p).. sum(i,PQ(p,i))=l=PCAP(p)*X(p);

kisit4(c,i,j).. SS(i,j)=g=10*CD(c,i)*Y(j);

kisit5(j).. sum((c,i),CD(c,i)*Z(c,j))=l=ATW(j)*Y(j);

kisit6(c,j).. Z(c,j)=l=Y(j);

kisit7(c,i).. sum(j,WCQ(j,c,i))=e=CD(c,i);

kisit8(j).. sum((p,i),PWQ(p,j,i))=g=sum((c,i),WCQ(j,c,i));

kisit9(r,s).. sum(p,SPQ(s,p,r))=l=SCAP(s,r);

kisit10.. sum(p,X(p))=e=T;

kisit11(c,j).. Z(c,j)*m(c,j)=l=β;

*ankara(j).. Y('j6')=e=1;

*istanbul(j).. Y('j34')=e=1;

*bursa(j).. Y('j16')=e=1;

*izmir(j).. Y('j35')=e=1;

*kayseri(j).. Y('j38')=e=1;

*kocaeli(j).. Y('j41')=e=1;

```
model tasarim /all/;  
solve tasarim using mip minimizing minz;
```