

Çok Ürönlü Çok Kademeli Bir Tedarik Zincirinin
Merkezi ve Merkezi Olmayan Yapıda Çok Amaçlı Modellenmesi

Gökçe ÖZDEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran 2011

Multi Objective Modelling of Multi-Product Multi-Echelon
Supply Chain in Centralized and Decentralized Structure

Gökçe ÖZDEN

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Industrial Engineering

June 2011

Çok Ürünlü Çok Kademeli Bir Tedarik Zincirinin Merkezi ve
Merkezi Olmayan Yapıda Çok Amaçlı Modellenmesi

Gökçe ÖZDEN

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 SARIÇIÇEK

Haziran 2011

ONAY

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Gökçe ÖZDEN'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Çok Ürönlü Çok Kademeli Bir Tedarik Zincirinin Merkezi ve Merkezi Olmayan Yapıda Çok Amaçlı Modellenmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. İnci SARIÇİÇEK

İkinci Danışman :

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye: Yrd. Doç. Dr. İnci SARIÇİÇEK

Üye: Prof. Dr. Nihat YÜZÜGÜLLÜ

Üye: Doç. Dr. Aydın SİPAHİOĞLU

Üye: Yrd. Doç. Dr. Aykut ARAPOĞLU

Üye: Yrd. Doç. Dr. İzzettin TEMİZ

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

Prof. Dr. Nimetullah BURNAK
Enstitü Müdürü

ÖZET

Günümüzün küresel pazarında firmalar, tedarik zincirinin bütünüyle bir parçası olmadıkları zaman, tek bir firma olarak rekabet edememektedirler. Bu nedenle, her bir tedarik zinciri üyesi için, hammadde alımından, bitmiş ürünlerin müşterilere dağıtımına kadar geçen süreçte, önemli aktivitelerin bir bütün olarak ele alınarak koordinasyonu ve entegrasyonunun sağlanması gerekmektedir. Birbiriyle ilişkili olan süreçlerin tek bir üretim-dağıtım modelinde bütünleştirilmesi, daha iyi bir planlama ve tedarik zinciri yönetimine olanak sağlayacaktır.

Çalışmada, merkezi ve merkezi olmayan tedarik zinciri yapısı temel alınarak, çok amaçlı karma tamsayı doğrusal programlama ile taktiksel planlama düzeyindeki çok ürünlü, çok kademeli, çok periyotlu tedarik zinciri ağı modellenmiştir. Modelin amacı, üretim ve dağıtım operasyonlarını bütünleştirecek şekilde, tedarikçilerin, üretim tesislerinin, dağıtıcıların ve perakendecilerin karını enbüyüklemek ile üretim tesisleri için boşa kalma süresini enküçüktür. Ayrıca, hedef programlama ve bulanık hedef programlama yaklaşımları, merkezi ve merkezi olmayan tedarik zinciri yapılarının modellenmesi için önerilmiştir. İki farklı bilgi paylaşımının sonuçları, artan bilgi akışı, azalan talep belirsizliği ve daha karlı bir tedarik zinciri yapısı için merkezi tedarik zinciri yapısının kullanılması gerektiğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Tedarik Zinciri Yönetimi, taktiksel planlama düzeyi, bütünleşik üretim-dağıtım problemi, çok amaçlı modelleme, merkezi ve merkezi olmayan tedarik zinciri, bulanık hedef programlama, hedef programlama

SUMMARY

In today's global marketplace, individual firms do not compete as independent entities rather as an integral part of a supply chain. Consequently, coordination and integration of key business activities for each supply chain member undertaken by an enterprise, from the procurement of raw materials to the distribution of the finished goods to the customer. An integration of the two interconnected processes within a single production–distribution model would allow better planning and management.

In this study, based on centralized and decentralized supply chain structure, by using multi-objective, mixed integer linear programming approach a multi-product, multi-echelon, multi-period supply chain network is modelled in tactical level. The aim of the model is to maximize the total profit for suppliers, manufacturing plants, distributors and retailers and minimize idle time for manufacturing plants by optimizing production and distribution operations in an integrated manner. Additionally, goal programming and fuzzy goal programming approaches are proposed to solve centralized and decentralized supply chain models. The results of two different information sharing structure has lead to suggestions for using centralized information sharing structure for increased information flows, reduced demand uncertainty and a more profitable supply chain.

Key words: Supply Chain Management, tactical planning level, integrated production-distribution problem, multi-objective modelling, centralized and decentralized supply chain, fuzzy goal programming, goal programming.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince bana danışmanlık ederek, beni yönlendiren ve her türlü olanağı sağlayan danışmanım, değerli hocam Yrd. Doç. Dr. İnci SARIÇIÇEK'e, bu çalışmanın hazırlanması sırasında benimle bilgilerini paylaşan, değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Özden ÜSTÜN'e ve eğitim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen aileme teşekkürü borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. TEDARİK ZİNCİRİ VE YÖNETİMİ	4
2.1. Tedarik Zinciri ve Yapısı	4
2.2. Tedarik Zincirinde Çelişen Amaçlar	6
2.3. Tedarik Zinciri Yönetimi	7
2.4. Tedarik Zinciri Yönetiminde Karşılaşılan Zorluklar	10
2.5. Belirsizliğin Yönetilmesi	11
2.6. Tedarik Zincirinde Bilgi Paylaşımı	12
3.6.1. Merkezi tedarik zinciri	14
3.6.2. Merkezi olmayan tedarik zinciri	14
2.7. Tedarik Zincirinde Bütünleşik Üretim-Dağıtım Planlaması	15
2.7.1. Bütünleşik üretim-dağıtım planlaması modelleri	16
2.7.2. Bulanık matematiksel programlama modelleri	22
3. ÇOK ÜRÜNLÜ, ÇOK KADEMELİ VE ÇOK AMAÇLI TEDARİK ZİNCİRİ YAPISINDA BÜTÜNLEŞİK ÜRETİM-DAĞITIM PROBLEMİ	27
3.1. Üretim-Dağıtım Problemi	27
3.2. Problemin Tanımlanması	28
3.3. Varsayımlar	30
3.4. Matematiksel Model	32

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

4. MERKEZİ VE MERKEZİ OLMAYAN TEDARİK ZİNCİRİ YAPILARI İÇİN ÇÖZÜM.....	42
4.1. Merkezi Tedarik Zinciri Yapısında Hedef Programlama Yaklaşımı.....	42
4.1.1. Hedef programlama	43
4.1.2. Modelin hedef programlama yaklaşımıyla çözümü.....	44
4.2. Merkezi Olmayan Tedarik Zinciri Yapısında Bulanık Hedef Programlama Yaklaşımı	52
4.2.1. Bulanık mantık.....	53
4.2.2. Bulanık hedef programlama.....	57
4.2.3. Modelin bulanık hedef programlama yaklaşımıyla çözümü.....	63
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	78
KAYNAKLAR DİZİNİ	80

EKLER

Ek.1. Modelde Kullanılan Parametreler

Ek.2. HP Yaklaşımına Göre Modelin GAMS Programında Yazımı

Ek.3. HP Yaklaşımıyla Çözüm Sonucunda Elde Edilen Karar Değişkenlerinin Değerleri

Ek.4. HP Yaklaşımına Göre Modelin GAMS Programında Yazımı

Ek.5. BHP Yaklaşımıyla Çözüm Sonucunda Elde Edilen Karar Değişkenlerinin Değerleri

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1	Tedarik zinciri gösterimi..... 5
3.1	Problemde ele alınan tedarik zincirinin gösterimi 29
4.1	Tedarik zinciri üyeleri arasındaki eş zamanlı bilgi paylaşımının gösterimi 42
4.2	Perakendeci 1 için ürün akışı (merkezi TZ)..... 49
4.3	Perakendeci 2 için ürün akışı (merkezi TZ)..... 49
4.4	Perakendeci 3 için ürün akışı (merkezi TZ)..... 50
4.5	Perakendeci 4 için ürün akışı (merkezi TZ)..... 50
4.6	Perakendeci 5 için ürün akışı (merkezi TZ)..... 50
4.7	Tedarik zinciri üyeleri arasında farklı taşıma türleri ile ürün akışının gösterimi (merkezi TZ) 51
4.8	Klasik mantık-bulanık mantık arasındaki temel farklılıklar 54
4.9	α katsayısına bağlı olarak sınır değerlerinin gösterimi..... 56
4.10	Amaç fonksiyonu için bulanık üyelik fonksiyonu gösterimi..... 61
4.11	Kısıtlara ilişkin üyelik fonksiyonu gösterimi..... 62
4.12	Tedarikçilerin amaçları için üyelik fonksiyonları gösterimi..... 64
4.13	Üretim tesislerinin amaçları için üyelik fonksiyonları gösterimi 64
4.14	Dağıtım merkezlerinin amaçları için üyelik fonksiyonları gösterimi..... 65
4.15	Perakendecilerin amaçları için üyelik fonksiyonları gösterimi 66
4.16	Dönemsel talep için üyelik fonksiyonu gösterimi 67
4.17	Perakendeci 1 için ürün akışı (merkezi olmayan TZ)..... 73
4.18	Perakendeci 2 için ürün akışı (merkezi olmayan TZ)..... 73
4.19	Perakendeci 3 için ürün akışı (merkezi olmayan TZ)..... 74
4.20	Perakendeci 4 için ürün akışı (merkezi olmayan TZ)..... 74
4.21	Perakendeci 5 için ürün akışı (merkezi olmayan TZ)..... 74
4.22	Tedarik zinciri üyeleri arasında farklı taşıma türleri ile ürün akışının gösterimi (merkezi olmayan TZ) 75
4.23	HP ve BHP yaklaşımlarına göre amaç fonksiyonu değerleri 76
4.24	HP ve BHP yaklaşımlarına göre stok maliyetleri 77

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Stratejik, taktik ve operasyonel karar verme örnekleri	9
2.2 Geçmiş yıllardaki çalışmalarda üretim-dağıtım planlaması modelleri	16
2.3 Geçmiş yıllardaki çalışmalarda bulanık matematiksel programlama modelleri..	22
4.1 Hedef programlama yaklaşımına göre çözüm sonuçları	48
4.2 Bulanık hedef programlama yaklaşımına göre çözüm sonuçları	72

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Tedarik zinciri, birbiriyle bağlantılı tedarikçiler, üretim tesisleri, dağıtıcılar, perakendeciler ve müşterilerden oluşan bir yapıyı temsil eder. Tedarik zincirinin yönetilmesi ise tedarikçilerden müşterilere kadar tüm sürecin koordine edilmesi ile ilgilidir. Dolayısıyla tedarik zincirindeki her üye sağlanan koordinasyonu ve zincirin performansını etkilemektedir. Her firmanın kendi amaçlarını gerçekleştirmek için yaptığı çalışmaların yanı sıra tüm tedarik zinciri üyelerin amaçlarının da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu nedenle tedarik zinciri boyunca, üyeler arasındaki bilgi paylaşımının önemi giderek artmaktadır. Bilgi paylaşımı açısından, merkezi ve merkezi olmayan tedarik zincirlerinin arasında belirgin farklılıklar gözlenmektedir. Belirtilen yapıların içerisinde, üretim ve dağıtım operasyonları firmaların tedarik zinciri yönetiminde ele alınması gereken en önemli fonksiyonlarından biridir. Birçok firma bu iki fonksiyonu birbirinden bağımsız olarak değerlendirmektedir. Bu durum tedarik zinciri boyunca yüksek stok tutma maliyetlerine ve uzun tedarik sürelerine neden olmaktadır.

Günümüzün küresel pazarında, yüksek müşteri beklentilerinin karşılanabilmesi için tedarik zinciri boyunca stok seviyelerinin azaltılması ve müşteri isteklerine karşı daha duyarlı olunması gerekmektedir. Stokların azaltılması ancak üretim-dağıtım fonksiyonlarının arasında yakın bir ilişki kurulduğunda sağlanabilmektedir. Bu nedenle firmalar, maliyet avantajının ve müşteri memnuniyetinin sağlanması için üretim-dağıtım operasyonlarını bütünleşik bir yapıda eniyilemeye çalışmalıdır (Chen, 2004).

Tedarik zinciri içinde üretim-dağıtım operasyonlarının bütünleşik olarak ele alınmasının yanı sıra, tedarik zinciri üyelerinin oluşturduğu birçok alt sistemden ve bu sistemlerin birbirleriyle çelişen amaçlarından oluşmaktadır. Bu durum tedarik zinciri problemlerinin çok amaçlı olarak ele alınması gereğini ortaya çıkarmaktadır. Firmaların amaçlarına yönelik başarıları tedarik zinciri boyunca olan ağ ilişkilerindeki koordinasyon ve bütünleşmeyi sağlayan yönetimsel yeteneğe bağlıdır (Lambert and

Cooper, 2000). Bu nedenle, iyi bir iç yönetim ve kontrolün yanı sıra, firmalar arasında da iyi bir bilgi paylaşımı sağlanmalıdır.

Günümüzde bilgi paylaşımının olmadığı tedarik zincirleri, gerek içerdiği alt sistemlerin karmaşıklığı gerek bütünleşik yapısı nedeniyle pek çok belirsizliği içinde barındırmaktadır. Belirsizlik kaynaklarının çok fazla olmasının yanı sıra, tedarik zinciri genelinde, hammaddelerin tedariki, üretim tesislerinden dağıtım merkezlerine, perakendecilere gönderilen ürünlerin miktarları ve müşteri talepleri kesin olarak belirlenmemektedir. Bu durumda tedarik zinciri üyeleri arasındaki ürün akışının koordinasyonun sağlanması giderek güçleşmektedir.

Tedarik zincirinde belirtilen konulara ilişkin çalışmalar incelendiğinde, Chandra ve Fisher (1994) koordineli üretim-dağıtım planlamasında, iki yaklaşım ele almışlardır. Birincisinde üretim, çizelgeleme ve araç rotalama problemleri ayrı olarak çözülmüş, diğerinde ise tek bir modelde koordine edilmiştir. Barbarosoğlu ve Özgür (1999) tedarik zincirinde üretim-dağıtım aşamalarını planlayan bir model geliştirmişlerdir. Bununla birlikte, üretim aşamasında kapasite yetersizliği durumunda, dağıtım kararları için uygulanabilen sezgisel bir yaklaşım önermişlerdir.

Yu ve diğerleri (2001) çalışmalarında tedarik zincirindeki kontrol yapılarını, merkezi, merkezi olmayan ve koordineli kontrol olmak üzere üç düzey altında incelemişlerdir. Üretici ve perakendeci için incelenen tedarik zinciri yapısında maliyetler enküçüklenerek her iki üye için de en iyi stok politikası belirlenmeye çalışılmıştır. Chen ve Lee (2004), çok ürünlü, çok kademeli, çok periyotlu bir tedarik zincirinde belirsiz pazar talebi ve ürün fiyatları altında çelişen amaçlar için doğrusal olmayan programlama modeli geliştirmişlerdir. Selim ve diğerleri (2008) tedarik zincirindeki kontrol yapılarını iş birliği yönüyle ele alarak bütünleşik üretim-dağıtım planlaması modeli geliştirmişlerdir. Ele alınan problemdeki amaçları belirsiz kabul ederek, çözümde farklı bulanık matematiksel modelleme yaklaşımları kullanmışlardır.

Erişilebilen literatüre göre, bilgi paylaşımı yönlü tedarik zinciri yapılarını ele alan çalışmalara ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Ayrıca tedarik zincirini üretim-dağıtım planlaması yönüyle ele alan modellerde tedarikçiyi de içinde barındıran çok kademeli bir tedarik zinciri yapısına rastlamak zordur. Yapılan çalışma bu yönüyle diğer çalışmalardan farklıdır ve merkezi ve merkezi olmayan tedarik zinciri yapılarına kıyaslanabilir bir örnek sağlamıştır.

Yapılan çalışmada, çok ürünlü, çok periyotlu ve çok kademeli bir tedarik zinciri ağı, bütünleşik üretim-dağıtım operasyonlarına göre çok amaçlı olarak modellenmiştir. Merkezi ve belirsizlik altındaki, merkezi olmayan tedarik zinciri yapılarını incelemek amacıyla farklı iki senaryo altında model çözümlenmiştir. Merkezi yapı için Hedef Programlama (HP), merkezi olmayan yapı için ise Bulanık Hedef Programlama (BHP) yaklaşımları kullanılarak kıyaslanabilir bir çalışma oluşturulması ve tedarik zincirinin tüm kademelerini içeren bütünleşik bir tedarik zinciri modelinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümde tedarik zinciri ve tedarik zinciri yönetiminde ilişkin genel kavramlara ve geçmiş yıllarda yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Üçüncü bölümde, çok ürünlü, çok periyotlu, çok kademeli bütünleşik üretim-dağıtım probleminde kullanılan çok amaçlı bir model tanımlanmıştır. Dördüncü bölümde tasarlanan modelin merkezi ve merkezi olmayan tedarik zinciri yapılarına göre HP ve BHP yaklaşımlarıyla incelenmesine yer verilmiş, beşinci bölümde ise çalışmanın sonuçları ve gelecek çalışmalara katkısından söz edilmiştir.

BÖLÜM 2

TEDARİK ZİNCİRİ VE YÖNETİMİ

Günümüzün küresel pazarlarında giderek kısalan ürün ömrü çevrimleri ve artan müşteri beklentileri işletmeleri dikkatlerini kullandıkları tedarik zincirlerine yöneltmeye ve bu tedarik zincirlerine yatırım yapmaya zorlamaktadır. Bu durumda, gelişen iletişim ve ulaşım teknolojilerindeki sürekli değişim, tedarik zincirlerinin ve zincirleri yönetmekte kullanılan tekniklerin sürekli biçimde gelişmesine yol açmaktadır.

2.1.Tedarik Zinciri ve Yapısı

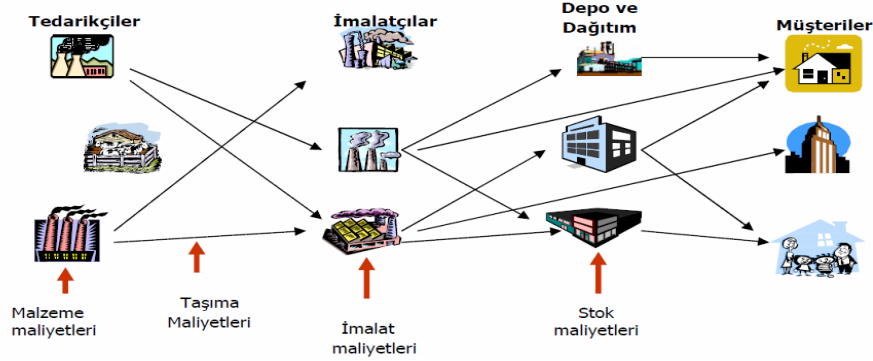
Tedarik zinciri, malzemelerin tedarik edilmesi, tedarik edilen malzemelerin yarı mamul veya nihai ürünlere dönüştürülmesi ve nihai ürünlerin müşterilere dağıtım fonksiyonlarını yerine getiren tedarikçiler, fabrikalar, depolar, dağıtım merkezleri ve perakendeciler ağıdır (Lee and Billington, 1992).

Meindl ve Chopra' ya göre, doğrudan ve dolaylı müşteri taleplerini karşılamak üzere, sadece üretici ve tedarikçiden oluşmayan, aynı zamanda taşımacılar, depo hizmeti verenler, perakendeciler, müşteriler ve diğer tüm aktörleri içeren bir zincirdir (Meindl and Chopra, 2003).

Başka bir tanıma göre, malzemelerin elde edilmesi, bu malzemelerin son ürünlere dönüştürülmesi ve bu son ürünlerin de müşterilere dağıtım işlevlerini gerçekleştiren tesis ve dağıtım seçenekleri ağıdır (Geneshan and Harrison, 1995).

Temel olarak tedarik zinciri; işletme, tedarikçileri ve müşterilerinden meydana gelmektedir. Daha genel bir yaklaşımla tedarik zincirinin bu üç temel aktörüne tedarikçilerin tedarikçileri, müşterilerin müşterileri, depolama, dağıtım ve taşıma gibi lojistik hizmet sağlayıcıları, finans kuruluşları, bağımsız pazarlama kuruluşları, iletişim

ve bilgi hizmeti sağlayıcılar da eklenebilmektedir (Görçün, 2010). Şekil 2.1’de tedarik zincirinin genel yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Tedarik zinciri gösterimi (Simchi-Levi, et al., 2003)

Şekilde tedarikçiler, imalatçılar, depo ve dağıtım merkezleri, müşterilerden oluşan çok kademeli bir tedarik zinciri yapısı bulunmaktadır. Her tedarik zinciri üyesine ilişkin malzeme, imalat, stok maliyetlerinin ve üyeler arası taşımalarda taşıma maliyetlerinin oluştuğu görülmektedir.

Çok kademeli tedarik zinciri yapılarını incelediğimiz zaman, tedarik zinciri genel olarak tedarikçiler, üreticiler, dağıtıcılar, perakendeciler ve müşterilerden oluşmaktadır. Belirtilen tedarik zincirindeki kademe sayısı zincirin yapısına, faaliyet alanına ve ulaştığı alana göre değişebilmektedir. Hammadde tedariki sağlayan tedarikçi firmalar dışında tedarik zinciri üyeleri genel olarak aşağıdaki elemanlardan oluşmaktadır.

Üreticiler; doğada tabii halde bulunan materyalleri işleyerek, bunları yarı mamul ya da mamul haline getiren tedarik zinciri üyeleridir. Bir tedarik zinciri üyesinin üretici olarak değerlendirilebilmesi için hammadde-yarı mamul/ürün ya da yarı mamul-ürün çevrimi içinde yer alması, bu şekilde materyal üzerinde bir katma değer yaratması gerekmektedir (Görçün, 2010).

Dağıtıcılar; fabrikanın kapısından müşteriye kadar olan süreçte yer alan, ürün ya da yarı mamulün müşteriye ulaşması sürecinde taşıma depolama, envanter vb.

faaliyetleri üstlenen tedarik zinciri üyeleridir. Genel olarak dağıtıcılar satış öncesi sürece kadar olan faaliyetleri organize etmektedirler. Müşterilere perakendeciler ve bayilerden sonra en yakın tedarik zinciri üyesi dağıtıcılardır. Aynı zamanda çok sayıda perakendeciden gelen bilgiler dağıtıcılara aktığından dolayı müşterilerin beklentilerini ve talebi en iyi değerlendirecek ve üreticiyi yönlendirecek olan tedarik zinciri üyeleridir.

Perakendeciler; toptancı ya da dağıtıcılardan kendilerine gelen yüksek hacimli ürünleri daha küçük parçalara ayırarak tüketicilere arz eden tedarik zinciri üyeleridir. Perakendeciler müşterilere daha yakın olduklarından dolayı müşterilerin taleplerini, beklentilerini ve gelecekteki yaklaşımlarını daha doğru bir biçimde değerlendirebilmektedirler.

Tüketici konumundaki müşteriler genel olarak tedarik zincirinin en sonunda yer almaktadır. Üretilen ürün ve yarı mamuller müşterilerin talep ve beklentilerine göre üretilmektedir. Dolayısıyla müşteriler tedarik zincirinin yapısı, işleyişi ve alınacak tedarik zinciri kararlarına etki eden en temel unsur olmaktadır.

2.2. Tedarik Zincirinde Çelişen Amaçlar

Tedarik zincirinde temel zorluk, bütünsel eniyilemeye göre sırasıyla planlama sürecinin aşamalarını belirlemektir. Sıralı planlamada, tedarik zincirinin her kademesi, diğer kararların tedarik zinciri üzerindeki etkisine bakmaksızın kendi kârını eniyiler. Tam tersi durumdaki bütünsel eniyilemede amaç, tüm tedarik zincirinin performansını en büyükleyerek tedarik zincirindeki aktiviteleri koordine etmektir (Simchi-Levi, et al., 2003).

Mevcut bilginin kullanımında dikkatli olunmalıdır. Bu durum tedarik zincirini bütünsel eniyiye götürerek çelişen amaçlar ve ödünleşmeleri hesaba katarak sistem genelindeki maliyetlerin azaltılmasını sağlayacaktır. Bunu gerçekleştirmek merkezi sistemlerde daha kolaydır fakat dağıtık sistemlerde de tedarik zinciri bütünleşmesini sağlayacak olan teşvikleri bulmak gerekebilir.

Tedarikçiler ile başlayacak olursak, etkin bir planlama ve işletme için, gerekli hammadde karmasında çok az bir değişkenlikle birlikte istikrarlı hacim gereksinimleri görmek isteyecekleridir. Buna ek olarak, birden fazla müşteriye dağıtım yapmalarını sağlayacak esnek teslim zamanlarını tercih edeceklerdir. Son olarak, onlara ekonomik ölçekte ve alanda avantaj sağlayacak, büyük hacimlerde talep görmek isteyeceklerdir.

Üretim yönetimi de aynı zamanda kendi istek listesine sahiptir. Yüksek üretim maliyetleri, pahalı değişimlerin sayısını sınırlayabilir. Bunun yanı sıra üretim başlangıçlarında kalite problemleri ortaya çıkabilir. Genel olarak üretim yönetimi, üretim etkinliği ve düşük üretim maliyetleri ile yüksek üretkenlik sağlamayı amaçlar. Bu amaçlar, gelecekteki talep bilgisi az bir değişkenlikle biliniyorsa daha kolay gerçekleştirilebilir.

Malzemeler, depolama ve dış lojistik yönetimi de aynı zamanda kendi kriter listelerine sahiptir. Bunlar, miktar indirimleri ile taşıma maliyetlerini düşürmeyi, stok seviyelerini azaltmayı ve hızlı bir şekilde stoğu yenilemeyi içermektedir.

Son olarak perakendecilerin, müşterilerinin memnuniyetini sağlamak için, kısa termin sürelerine, etkin ve doğru sipariş teslimine ihtiyaçları vardır. Müşteriler de sırasıyla, stok ürünlerini, ürünlerde çeşitliliği ve düşük fiyatları talep ederler.

2.3. Tedarik Zinciri Yönetimi

Tipik bir tedarik zincirinde hammaddeler ve ürünler bir veya daha fazla fabrikada üretilmekte, geçici olarak depolanmak üzere depolara sevk edilmekte ve daha sonra perakendecilere ve müşterilere sevk edilmektedir. Bu nedenle, etkin bir Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY) için tedarik zincirinin farklı düzeylerindeki etkileşimleri göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Tedarik zinciri (bazen lojistik ağı da denilmektedir) tedarikçilerden, imalat merkezlerinden, depolardan ve tesisler arasında akan hammaddelerden, ara mamullerden ve nihai mamullerden oluşmaktadır (Simchi-Levi, et al., 2003). Tedarik Zinciri Yönetimi'ne ilişkin literatürde farklı tanımlara yer verilmiştir.

Christopher'a göre Tedarik Zinciri Yönetimi, daha düşük maliyetle daha yüksek katma değer sağlayabilmek için tedarikçiler ile müşteriler arasındaki süreçlerin yönetilmesidir (Christopher, 2005).

Ayers'e göre, tedarikçiden sağlanan ürün ve bilgilerin müşterilerin gereksinimlerine ve taleplerine göre müşterilere gönderilmesine kadar olan sürecin yönetilmesidir (Ayers, 2000).

Simchi-Levi'ye göre Tedarik Zinciri Yönetimi, sürece dahil olan işletmelerin tedarik zinciri sürecine katkı verecek ve katma değer yaratacak tüm fonksiyonlarının belirli bir sistem ile koordinasyonu çerçevesinde bir araya getirilmesi ve işletmelerin kendi başlarına bu fonksiyonları kullanmalarından kaynaklanacak olan maliyetleri en aza indirerek sistemin toplam verimliliğini artırma çabasıdır (Simchi-Levi, et al, 2003).

İlgili tanım birkaç tespiti yönlendirmemizi sağlamaktadır. Birincisi, Tedarik Zinciri Yönetimi maliyet üzerinde etkisi olan ve ürünün müşteri ihtiyaçlarına uymasında rol oynayan her tesisi dikkate alır; tedarikçilerden ve imalat tesislerinden tutun da depo, dağıtım merkezleri, perakendeci ve müşterilere kadar, tüm zincir bileşenleri Tedarik Zinciri Yönetimi'nin ilgi alanı içerisindedir. Dahası, bazı tedarik zinciri analizlerinde tedarikçilerin tedarikçileri ve müşterilerin müşterilerinin dahi, tedarik zinciri performansı üzerinde etkisi nedeniyle, göz önünde bulundurulması gereklidir.

İkincisinde ise, Tedarik Zinciri Yönetimi'nin amacı, tüm sistem boyunca etkin ve düşük maliyetli olmaktır; ulaşım ve dağıtım maliyetlerinden hammadde, yarı mamul, son mamul stoklarına kadar tüm maliyetler minimize edilmelidir. Dolayısı ile Tedarik Zinciri Yönetimi'nde temel amaç sadece ulaşım ya da stok maliyetlerini azaltmak değil, Tedarik Zinciri Yönetimi'ne sistem yaklaşımını uygulamaktır.

Son olarak ise Tedarik Zinciri Yönetimi, tedarikçilerin, imalatçıların depoların ve mağazaların bütünleştirilmesine dayandığı için bir şirketin stratejik, taktik ve

operasyonel düzeydeki birçok faaliyetini kapsamaktadır. Çizelge 2.1’de belirtilen düzeylerden farklı karar bölgelerine göre açıklamalara yer verilmiştir.

Çizelge 2.1. Stratejik, taktik ve operasyonel karar verme örnekleri (Ballou, 2004)

KARAR DÜZEYLERİ			
KARAR BÖLGESİ	STRATEJİK	TAKTİK	OPERASYONEL
Tesis yeri	sayı, büyüklük, depoların, tesislerin ve terminallerin yeri		
Stoklar	stoklama yerleri ve kontrol politikaları	güvenlik stoğu seviyeleri	ikmal miktarları ve zamanlaması
Taşıma	uygun taşıma türünün seçimi	mevsimsel ekipman kiralaması	rotalama, gönderme
Sipariş işleme	sipariş girişi, iletimi ve işleme sistemlerinin tasarımı		sipariş işleme, sonradan karşılama
Müşteri hizmeti	standartlarının oluşturulması	müşteri siparişleri için öncelik kuralları	dağıtımların hızlandırılması
Depolama	gerekli ekipmanın seçimi ve yerleşim tasarımı	mevsimsel yer seçimleri ve özel alan kullanımı	sipariş hazırlanması, yeniden depolama
Satın alma	tedarikçi - alıcı ilişkilerinin gelişimi	anlaşmalar, tedarikçi seçimi, ileriye dönük satın alma	sipariş teslimatı ve tedarik hızlandırılması

Çizelgedeki karar düzeyleri stratejik, taktik ve operasyonel olmak üzere üç sınıfta toplanmaktadır.

- **Stratejik düzey**, firma üzerinde uzun süreli etki oluşturacak kararlarla ilgilidir. Bu düzey, üretim tesislerinin ve depoların sayısı, yerleşim yerleri, kapasiteleri ve lojistik ağı boyunca malzeme akışı üzerine alınan kararlarla ilgilidir.

- **Taktik düzey**, genel olarak 3-4 aydan 1 yıllık süreler içerisinde güncelleştirilen kararlardır. Tedarik Zinciri Yönetimi'nde taktik düzeydeki kararlar; satın alma ve üretim kararlarını, envanter ve ulaşım politikalarını kapsar.
- **Operasyonel düzey** ise çizelgeleme, tedarik zamanı verme, rotalama, kamyonların yüklenmesi gibi günlük kararlar ile ilgilidir.

2.4. Tedarik Zinciri Yönetiminde Karşılaşılan Zorluklar

Tedarik Zinciri Yönetimi'nde karşılaşılan zorluklar genelde aşağıdaki iki temel gözleme dayandırılabilir (Simchi-Levi, et al., 2003):

1. Tüm sistem maliyetlerinin enküçüklendiği ve aynı zamanda sistemin hizmet düzeyinin korunduğu bir tedarik zinciri tasarlamak ve yönetmek oldukça zordur. Bırakın tüm bir sistemi, bir tek tesisin bile maliyetleri enküçükleyecek ve var olan hizmet düzeyinin korunabilecek şekilde yönetilmesi zordur. Bu zorluk tüm bir sistem göz önüne alındığında üstel olarak artmaktadır. Tüm sistem için en iyi çözümü bulma sürecine *bütünsel eniyileme* denir.

2. Her tedarik zincirinin doğasında belirsizlik vardır. Müşteri talebi hiçbir zaman kesin olarak tahmin edilemez, taşıma süreleri hiçbir zaman kesin değildir, makineler ve araçlar öngörülemeyen şekilde bozulabilir. Dolayısı ile tedarik zincirleri, var olan belirsizlikleri azaltacak ve kalan belirsizliklerin etkisinin mümkün olan en az düzeye indirilecek şekilde tasarlanmalıdır.

Tedarik Zinciri Yönetimi'nde, tüm sistem için bütünsel eniyiyi (global optimum) bulmayı zorlaştıran çeşitli nedenler vardır (Simchi-Levi, et al., 2003):

1. Tedarik zinciri karmaşık bir ağıdır. Tedarik zinciri, geniş bir coğrafyaya çoğu zaman bütün dünyaya yayılmış tesisler ağıdır.

2. Tedarik zincirindeki farklı tesisler çoğu zaman birbirinden farklı ve çelişen amaçlara sahiptir. Örneğin, tedarikçiler imalatçıların büyük ve aynı miktarlarda satın alma sözü

vermelerini ve teslimat sürelerinin esnek olmasını ister. Ancak, birçok imalatçı üretim partilerinin büyüklüklerinin mümkün olduğunca küçük olmasının yanı sıra müşteri ihtiyaçlarını ve değişen talebi karşılayabilmek için esneklik ister. Dolayısı ile tedarikçilerin amaçları ile imalatçının sahip olmak istediği esneklik doğrudan çelişmektedir. Üretim kararları, müşteri talebini kesin olarak bilmeksizin alındığı için imalatçıların tedarik ve talebi birbiri ile eşleştirme yetenekleri, büyük oranda, talep ile ilgili bilgi geldikçe tedarik miktarlarını değiştirebilme yeteneklerine bağlıdır. Benzer şekilde, imalatçıların parti miktarlarını büyük tutmak istemeleri hem depo hem de dağıtım merkezlerinin stokları azaltma amacı ile çelişmektedir. Ayrıca, son bahsedilen stokların azaltılması amacı genel olarak ulaşım maliyetlerinde artışa neden olmaktadır.

3. Tedarik zinciri dinamik bir sistemdir. Tedarik zincirleri zaman içerisinde değişen sistemlerdir. Zaman içerisinde yalnızca müşteri talebi ve tedarikçi kapasiteleri değişmez. Bunlarla birlikte, tedarik zincirindeki ilişkilerde değişir. Örneğin, müşterilerin sahip oldukları güç arttıkça imalatçı ve tedarikçiler üzerinde daha kaliteli ve daha çok çeşit ürün üretmeleri için büyük baskılar oluşur. Hatta oluşan baskılar sonucunda her bir müşteri için farklı özelliklerde ürün üretmek zorunda kalınabilir.

4. Zamana bağlı olarak sistemde meydana gelen değişkenlikler de önemli bir faktördür. Talep kesinlikle biliniyor olsa bile (anlaşmalarla bu durum sağlanabilir) planlama süreci mevsimsel dalgalanmalara, eğilimlere, reklâm ve promosyonlara, rakiplerin fiyatlandırma stratejilerine bağlı değişkenlikleri göz önünde bulundurmaya zorundadır. Bu durumda, zamana bağlı olarak değişen talep ve maliyet parametreleri ile en etkin tedarik zinciri stratejilerinin ne olduğunun belirlenmesini zorlaştıran diğer bir faktördür.

2.5. Belirsizliğin Yönetilmesi

Tedarik zincirlerinin belirsizlik altında işleyecek şekilde tasarlanmak zorunda olması tedarik zincirinin bütünsel olarak eniyilenmesini daha da zorlaştırır. Bu belirsizliğe neden olan çeşitli faktörler şunlardır (Simchi-Levi, et al., 2003):

1. Tedarik ve talebin denkleştirilmesi büyük bir sorundur. Tedarik ve talebin denkleştirilmesinin zor olmasının altında yatan neden, talep gerçekleşmeden aylar önce imalatçıların belirli bir üretim miktarı seçmek zorunda olmasıdır. Önceden verilen bu kararlar çok büyük finansal ve tedarik risklerini de beraberinde getirmektedirler.

2. Belirli bir ürün için müşteri talebinin çok değişken olmadığı durumlarda bile, stok ve karşılanamayan sipariş düzeyleri tedarik zinciri boyunca önemli dalgalanmalar gösterir. Tipik bir tedarik zincirinde dağıtıcıların fabrikaya verdikleri siparişlerin miktarı, perakendecinin talebindeki değişimden çok daha fazla dalgalanmaktadır.

3. Talep tahminleri problemi kesin olarak çözememektedir. En gelişmiş talep tahmin teknikleri ile bile talebi kesin olarak tahmin edebilmek mümkün değildir.

4. Tek belirsizlik kaynağı talep değildir. Teslimat zamanları, fire miktarları, girdi/çıkıtı oranları, ulaşım süreleri, yarı mamullerin hazır olmaması gibi faktörler de tedarik zinciri performansını büyük oranda etkileyebilir. Ayrıca, tedarik zincirlerinin büyüklükleri ve yayıldıkları coğrafya büyüdükçe doğal ve insan kaynaklı felaketlerin tedarik zinciri üzerinde etkileri oldukça büyük olabilir.

2.6. Tedarik Zincirinde Bilgi Paylaşımı

Son yıllarda görülen rekabet koşullarının güçleşmesi, küreselleşme, teknolojinin hızla gelişimi, tedarik zincirindeki ağların karmaşıklığının artması ve ürün yaşam sürecinin kısalması vb. gelişmeler işletmelerin, tedarik zinciri stratejilerini yeniden gözden geçirmelerini gerektirmektedir. Bu koşullarda rekabet edebilmek için işletmeler, tedarik zincirlerini etkin olarak yönetebilmelidirler. Tedarik zincirinin etkin olarak yönetilebilmesi, tedarik zinciri üyeleri arasında bilgi paylaşımı ve koordinasyon sağlanmadan mümkün olmamaktadır (Yüksel, 2002).

Bilgi paylaşımı tedarik zinciri yönetiminde temel unsurdur. Tedarik zincirinin üyeleri, faaliyetlerini koordine edebilmek için gerekli bilgiye zamanında ulaşabilmelidirler. Bilgi teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte, işletmeler arasındaki

bilgi paylaşımı çok daha kolaylaşmış ve bilgi paylaşımını etkin olarak gerçekleştiren işletmelerin, tedarik zincirinin bütünleştirilmesinde de önemli başarılar sağladıkları görülmüştür.

Teknolojideki ilerlemeler aynı zamanda işletmelerin dünyanın pek çok yerinden tedarikçi alternatifleri bulmalarını ve gerekli ürünleri satın alma olanağını sağlamıştır. Bilgi teknolojilerindeki ilerlemeler sonucu ürün talep bilgileri direkt satış noktalarından sağlanabilmekte ve böylece işletmeler pazar bilgilerine çok daha hızlı ulaşabilmektedir. Bu gelişmelere bağlı olarak işletmelerin tek başlarına faaliyette bulunmaları güçleşmekte ve bütünleştirilmiş tedarik zinciri çok daha önem kazanmaktadır. İşletmelerin yalnızca işletme içindeki faaliyetlere odaklanıp, tedarik zincirinin üyeleri ile iletişim içerisinde olmadıklarında, müşteri taleplerinin karşılanmaması, yüksek stok maliyetlerine katlanılması, tedarik sürelerinin belirsizliği vb. birçok problemle karşılaşma olasılıkları artacaktır.

Tedarik Zinciri Yönetimi'nde; stok yatırımlarının yönetilmesi, tedarikçiler ile bağlantıların ve müşterilerden geri bildirimlerin sağlanması, müşteri isteklerine hızlı cevap verilmesi, kanal için bir rekabet avantajının belirlenmesi ve bilgi teknolojilerinin sağlanması için gerekli koşulların değerlendirilmesi önemlidir (Chandra and Kumar, 2000).

McCormack'a göre (1999) tedarik zincirinin başarısında kritik gösterge, işletme içindeki bölümler ve tedarik zincirinin üyeleri arasındaki işbirliğinin ve bütünleşmenin derecesidir. İşbirliğinin de en belirgin göstergesi tedarik zinciri üyeleri arasında bilgilerin paylaşımıdır (Yüksel, 2002).

Chen'e göre (1997) tedarik zincirinde maksimum etkinlik, tedarik zincirindeki belirsizliğin ortadan kaldırılması ile başarılabilir ve böylece tedarik zincirinde stok düzeyinin azaltılması mümkün olacaktır (Yüksel, 2002). Tedarik zincirindeki belirsizlik azaltıldığında işletmelerin stok bulundurma gereklilikleri azalacak ve buna bağlı olarak stok taşıma maliyetleri de düşecektir.

Tedarik zincirinin bütünleştirilmesi sonucunda, tüm üyeler gerçekleştirilen iş birliğinden yarar sağlamalıdır. Tedarik zincirinin bütünleştirilebilmesi, tüm üyelerin göstermiş oldukları çabaların karşılığını alacaklarına güvenmeleri ile gerçekleşebilecektir (Lee and Wang, 2001; Yüksel'den, 2002). Tedarik zincirinin etkinliği, tedarik zinciri üyeleri arasında “kazan-kazan “ anlayışının benimsenmesi ile artırılabilir.

Tedarik zinciri yapıları bilgi paylaşımına göre, merkezi ve merkezi olmayan tedarik zinciri olarak iki başlık altında incelenebilmektedir.

2.6.1. Merkezi tedarik zinciri

Merkezi (centralized) sistemlerde kararlar tüm tedarik zinciri için merkezden verilir. Genel olarak amaç tüm tedarik zincirini farklı servis düzeylerine göre tatmin ederek maliyetlerin enküçüklenmesidir. Tedarik zinciri tek bir mekanizma tarafından idare edilse de sistemin birçok organizasyonu içinde barındırdığı açıkça görülmektedir. Bu durumda, gelirler ya da karlar anlaşma mekanizmaları kullanılarak zincir boyunca dağıtılabilir. Böylelikle merkezi kontrol tedarik zincirini bütünsel eniyiye götürebilmektedir (Simchi-Levi, et al., 2003).

Aynı zamanda merkezi sistemler bilginin paylaşımına da izin vermektedir. Günümüzde tedarik zinciri içerisinde elektronik veri değişimini (EDI-electronic data interchange) sağlayan sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemler sayesinde eş zamanlı olarak müşteri talepleri hem üreticiler hem de perakendeciler tarafından izlenebilmektedir. Bu sayede, üreticilerin perakendeci sipariş bilgisine ihtiyaçları kalmamış ve müşteri siparişini direkt olarak sistem üzerinden görebilir hale gelmişlerdir.

2.6.2. Merkezi olmayan tedarik zinciri

Merkezi olmayan (decentralized) sistemlerde, diğer üyelerin tedarik zinciri üzerindeki etkisini hesaba katmadan, her üye kendisi için en etkin stratejiyi belirlemeye

çalışır. Bu nedenle bahsedilen sistemler yerel eniyilemeye yöneliktir (Simchi-Levi, et al., 2003).

Merkezi olmayan sistemlerde, bilgi paylaşımı açısından bakıldığında herhangi bir bilgi paylaşımı ya da sipariş kontrol mekanizması görülemez. Her üye stok ve üretim kararını kendi talep tahminine göre gerçekleştirir. Perakendeciler müşteri talep bilgisini kullanırken, üreticiler perakendeci sipariş bilgilerini kullanmak durumundadır. Bu nedenle tedarik zinciri içerisinde her üyenin birbirinden bağımsız olarak verdiği kararlar doğrultusunda ürün akışının gerçekleştirilmesi gerekir.

2.7. Tedarik Zincirinde Bütünleşik Üretim-Dağıtım Planlaması

Günümüzde, pazarın küreselleşmesi sonucunda rekabet koşulları giderek zorlaşmış ve müşteri beklentileri artmıştır. Geçmişte firmalar süreçlerini ayrı olarak ele alırken günümüzde, müşterilerine daha düşük maliyetle ve daha yüksek servis düzeyi ile ürün ve servis sağlamak için ayrı ayrı karar verme sürecinden ortak tasarım ve kontrol sürecine geçiş yapılmaktadır (Thomas and Griffin, 1996).

Uzun yıllar boyunca işletmeler, yeterli miktarda stok bulundurmaya suretiyle, üretim ve dağıtım süreçlerini ayrı ayrı ele almışlardır. Ancak böyle bir yaklaşım, stok maliyetlerinin yükseltmesine ve teslimat sürelerinin uzamasına yol açmaktadır. Bu nedenle günümüzde üretim ve dağıtım kararları firmalarda bütünleşik olarak verilmektedir (Chen, 2004).

Erişilebilen literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, ele alınan problemlerin farklı karar seviyeleri için oluşturulduğu ve daha çok taktiksel karar seviyesinin kullanıldığı gözlenmiştir. Bununla birlikte kullanılan deterministik modelleme yaklaşımlarının yanı sıra, stokastik yaklaşımlar ve son yıllarda bulanık modelleme yaklaşımlarına yer verildiği tespit edilmiştir. Aynı zamanda tedarik zinciri kademeleri de incelenerek, tüm kademeleri ve özellikle tedarikçileri dahil eden tedarik zinciri modellerinin daha az olduğu belirlenmiştir. İncelenen çalışmalar tedarik zinciri üyelerinin yalnızca kendi

süreçlerine ve amaçlarına bakılmasından çok tüm zincir boyunca ortak bir koordinasyonun sağlanmasına çalışıldığını göstermektedir.

Tedarik zincirinde belirtilen alanlarda ele alınan çalışmalar, bütünlük üretim-dağıtım planlaması modelleri ve bulanık matematiksel programlama modelleri olmak üzere iki başlık altında incelenmiştir.

2.7.1. Bütünlük üretim-dağıtım planlaması modelleri

Tedarik zincirinde, üretim-dağıtım planlaması modelleri incelendiğinde pek çok çalışmaya rastlamak mümkündür. Üretim-dağıtım problemlerinin farklı yönleri ve yapıları birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Çizelge 2.2’de geçmiş yıllarda üretim-dağıtım planlaması alanında yapılan çalışmalar yer almaktadır.

Çizelge 2.2. Geçmiş yıllardaki çalışmalarda üretim-dağıtım planlaması modelleri

Yazarlar	Karar seviyesi	Çalışmanın konusu ve modelleme yaklaşımı
Benjamin (1989)	Taktiksel	Üretim, taşıma ve stoklama maliyetlerini analiz ederek, doğrusal olmayan programlama modeli ve sezgisel yöntem kullanmıştır.
Martin et al. (1993)	Taktiksel	Üretim, dağıtım ve stoklama kararlarını eniyilemek için doğrusal bir programlama modeli tasarlamışlardır. Tedarikçiler ve perakendeciler göz önüne alınmamıştır.
Chen and Wang (1997)	Taktiksel	Bütünlük üretim, dağıtım ve tedarik planlaması için doğrusal programlama modeli önermişlerdir. Modelde dağıtıcılar göz önüne alınmamıştır.
Mcdonald and Karimi (1997)	Taktiksel	Çok tesisli, çok periyotlu bir kimya sektöründe üretim-dağıtım planlaması için karma tamsayılı programlama modeli sunmuşlardır. Tedarikçiler ve dağıtıcılar göz önüne alınmamıştır.
Barbarosoğlu and Özgür(1999)	Taktiksel	TZ’de üretim-dağıtım planlaması için karma tamsayılı programlama modeli geliştirmişlerdir. Tedarikçiler göz önüne alınmamıştır.
Özdamar and Yazgaç (1999)	Taktiksel	Bir üretim-dağıtım planlamasında, toplam maliyetleri en küçükmeyi amaçlayan, karma tamsayılı doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir.

Çizelge 2.2. Geçmiş yıllardaki çalışmalarda üretim-dağıtım planlaması modelleri (devam)

Yazarlar	Karar seviyesi	Çalışmanın konusu ve modelleme yaklaşımı
Dogan and Goetschalckx (1999)	Taktiksel ve stratejik	Çok firmalı bir tedarik zincirinin tasarımında karma tamsayılı doğrusal bir model geliştirmişlerdir.
Lee and Kim (2000)	Taktiksel	Çok ürünlü, çok periyotlu bir TZ yapısında analitik ve benzetim modelini birleştiren melez bir model önermişlerdir.
Dhaenens-flipo and Finke (2001)	Taktiksel	Çok ürünlü, çok periyotlu bir TZ'de üretim-dağıtım planlaması için karma tamsayılı doğrusal bir model geliştirmişlerdir. Tedarikçiler göz önüne alınmamıştır.
Jayaraman and Pirkul (2001)	Taktiksel ve stratejik	Üretim dağıtım planlaması için karma tamsayılı programlama modeli geliştirmişlerdir.
Bredstrom and Ronnqvist (2002)	Taktiksel ve operasyonel	Üretim planlama ve rota çizelgeleme için karma tamsayılı doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir.
Goetschalckx et al. (2002)	Taktiksel ve stratejik	Çok firmalı, tek ürünlü bir üretim-dağıtım ağı için karma tamsayılı programlama ve sezgisel yöntem kullanmışlardır.
Jang et al. (2002)	Taktiksel ve stratejik	TZ'de üretim-dağıtım planlaması için kamsayılı doğrusal programlama ve sezgisel yöntem geliştirmişlerdir.
Kallrath (2002)	Stratejik ve Operasyonel	Bir kimya endüstrisinde, üretim-dağıtım planlamasında karma tamsayılı doğrusal programlama modeli kullanmışlardır. Tedarikçiler ve dağıtıcılar göz önüne alınmamıştır.
Lee et al. (2002)	Taktiksel	Tedarik zincirinde üretim dağıtım planlaması için melez bir model önermişlerdir. Tedarikçiler göz önüne alınmamıştır.
Lee and Kim (2002)	Taktiksel	Üretim-dağıtım planlaması problemleri için analitik bir model ile benzetim modelini birleştiren melez bir model geliştirmişlerdir. Tedarikçiler göz önüne alınmamıştır.
Chen et al. (2003)	Taktiksel	Çok ürünlü, çok periyotlu bir tedarik zincirinde, çok amaçlı doğrusal olmayan karma tamsayılı programlama modeli önermişlerdir. Tedarikçiler göz önüne alınmamıştır.
Gupta and Maranas (2003)	Taktiksel	Biri üretim, diğeri dağıtım planlamasında kullanılmak üzere iki aşamalı stokastik bir model sunmuşlardır. TZ yapısında tedarikçiler göz önüne alınmamıştır.

Çizelge 2.2. Geçmiş yıllardaki çalışmalarda üretim-dağıtım planlaması modelleri (devam)

Yazarlar	Karar seviyesi	Çalışmanın konusu ve modelleme yaklaşımı
Lababidi et al. (2004)	Taktiksel	Çok ürünlü, çok periyotlu bir tedarik zinciri yapısında üretim-dağıtım planlaması için tamsayılı doğrusal olmayan programlama ve stokastik programlama kullanmışlardır.
Ryu et al. (2004)	Taktiksel	Üretim-dağıtım planlaması için doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir. Tedarikçiler göz önüne alınmamıştır.
Kanyaklar and Adil (2005)	Taktiksel ve operasyonel	Çok ürünlü, çok tesisli bir TZ’de üretim –dağıtım planlaması için doğrusal programlama modeli sunmuşlardır. Tedarikçiler ve dağıtıcılar göz önüne alınmamıştır.
Park (2005)	Taktiksel	Çok kademeli, çok periyotlu bir tedarik zincirinde üretim-dağıtım planlaması için karma tamsayılı programlama modeli önermişlerdir, dağıtıcılar göz önüne alınmamıştır.
Oh and Karimi (2006)	Taktiksel	Çok üretim tesisli, çok periyotlu bir TZ’de üretim-dağıtım planlaması için doğrusal programlama modeli önermişlerdir.
Rizk et al. (2006)	Operasyonel	Çok ürünlü, çok periyotlu bir TZ yapısında üretim-dağıtım planlaması için tamsayılı programlama modeli sunmuşlardır.
Ekşioğlu et al. (2007)	Taktiksel	Çok üretim tesisli, çok periyotlu bir TZ’de üretim-dağıtım planlaması için tamsayılı programlama modeli ve sezgisel yöntem önermişlerdir. Tedarikçiler ve dağıtıcılar göz önüne alınmamıştır.
Bilgen and Ozkarahan (2007)	Taktiksel	Çok periyotlu bir TZ’de farklı iki liman arasındaki taşımları bütünleştiren karma tam sayılı doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir. Tedarikçiler göz önüne alınmamıştır.
Chern and Hsieh (2007)	Taktiksel	Ana üretim planlaması için çok amaçlı doğrusal programlama ve sezgisel yöntem kullanmışlardır. Tedarikçiler göz önüne alınmamıştır.
Meijboom and Obel (2007)	Taktiksel	TZ’nin farklı kademelerindeki koordinasyonu inceleyen karma tamsayılı doğrusal bir model geliştirmişlerdir, dağıtıcılar göz önüne alınmamıştır.
Rizk et al. (2008)	Operasyonel	Tek üretim tesisli, çok dağıtım merkezli bir yapıda üretim-dağıtım planlaması için karma tamsayılı programlama modeli önermişlerdir.
Romo et al. (2009)	Taktiksel ve operasyonel	Doğalgaz üretim-dağıtım planlaması için karma tamsayılı programlama modeli sunmuşlardır. Tedarikçiler, perakendeciler ele alınmamıştır.

Çizelgedeki çalışmalar, genel olarak bütünleşik üretim-dağıtım planlaması modelleridir ve ilgili konudaki belli başlı çalışmalar kısaca özetlenmiştir.

Benjamin (1989) üretim-dağıtım kararlarını bütünleşik bir yapıda incelemiş, üretim, taşıma ve stoklamanın düşük bir maliyetle gerçekleştirilebileceğini göstermeye çalışmıştır. Tek tedarikçili, tek varış noktalı ve çok tedarikçili ve çok varış noktalı olmak üzere iki durumu analiz etmiştir. Her tedarikçinin, her varış noktası için ne kadarlık üretim yapıp göndermesi gerektiğini tespit etmeye çalışırken, problemin doğrusal olmayan yapısını çözmek için sezgisel bir algoritma kullanmıştır. Martin ve diğerleri (1993), bardak üreticisi bir firma için, üretim, stok ve dağıtım fonksiyonlarına ilişkin karar değişkenlerini içeren doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir. Model çok üretim tesisli ve çok müşterili bir yapının taktiksel düzeydeki, üretim, dağıtım ve stoklama kararlarını eniyilemek için tasarlanmıştır. Chandra ve Fisher (1994) üretim ve dağıtım planlamasının koordine edilmesinin önemini vurgulamış ve üretim-dağıtım planlamasının kontrolünde iki yaklaşım mukayese edilmiştir. İlkinde üretim çizelgeleme ve araç rotalama problemleri ayrı ayrı çözülmüş, ikincisinde ise tek bir modelde koordine edilmiştir.

Mcdonald ve Karimi (1997) çok üretim tesisli, çok periyotlu ve çok ürünlü bir yapıdaki kimya sektöründe üretim-dağıtım planlaması problemini çözmek için karma tamsayılı deterministik bir doğrusal programlama modeli sunmuştur. Chen ve Wang (1997) çelik sektöründe tedarik zinciri konusunda bütünleşik tedarik, üretim ve dağıtım planlamasının çözümü için doğrusal bir programlama modeli önermişleridir. Vidal ve Goetschalckx (1999), stratejik seviyedeki karar problemleri için geliştirilen üretim-dağıtım modellerini gözden geçirmişlerdir. Küresel tedarik zinciri modellerine dikkat çeken yazarlara ait çalışmanın ana parçası karma tamsayılı programlama modellerinin incelenmesidir.

Özdamar ve Yazgaç (1999), bir merkezi üretim tesisi ile farklı bölgelerde bulunan depolama merkezlerini kapsayan bir sistem için bir üretim-dağıtım modeli geliştirmişlerdir. Çalışmada, stok maliyetleri ve taşıma maliyetlerini de kapsayan toplam sistem maliyeti en küçüklenmiştir. Üretim kapasitesi, stok dengesi eşitlikleri ve

filo büyüklüğü, sistemin kısıtlarını oluşturmuştur. Barbarosoğlu ve Özgür (1999) tedarik zincirinde üretim ve dağıtım aşamalarının planlandığı bir model geliştirmişlerdir. Bununla birlikte, üretim aşamasında kapasite yetersizliği durumunda, dağıtım kararları için uygulanabilen sezgisel bir yaklaşım önermişlerdir. Sonuç olarak, biri üretim diğeri taşıma planlaması olmak üzere iki aşamalı olarak modeli çözmek için lagrange ve sezgisel gevşetme teknikleri ile çözülebilir bir karma tamsayılı doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir.

Dhaenens-Flipo ve Finke'nin (2001) yaptığı çalışmada ise çok süreçli, çok ürünli ve çok periyotlu bir problem söz konusudur. Ele alınan sistemde üretim ve dağıtım maliyetleri belirli ve birbiriyle ilişkilidir. Bu bütünsel üretim-dağıtım problemi, birkaç 0-1 değişken ilave edilmiş bir şebeke akış modeli olarak modellenmiştir. Sonuç olarak çok firmalı, çok ürünli ve çok periyotlu yapılarda kullanılan karma tamsayılı doğrusal bir program modeli geliştirmişlerdir.

Jayaraman ve Pirkul (2001) karma tamsayılı doğrusal programlama yöntemiyle tedarik zinciri tasarımı ve planlaması için entegre bir model öne sürmüşlerdir. Sakawa ve diğerleri (2001) yapı malzemesi üreten bir Japon firmasında üretim ve taşıma planlaması için karma tamsayılı doğrusal bir model geliştirmişlerdir.

Tedarik Zinciri Yönetimi'ndeki bütünsel üretim-dağıtım problemlerinin çözümü için analitik modellerin geliştirildiğini hatırlatan Lee ve Kim (2002), bu analitik modellerin, işlem sürelerinin kesin olarak bilindiği varsayımından yola çıktığına ya da işlem sürelerini göz ardı edildiğine dikkat çekmiştir. Lee ve Kim, gerçek hayattaki sistemlerde tahmin edilemeyen etkenlerin (beklenmeyen gecikmeler, kuyuklar, arızalar, vb.) ortaya çıkabilmesi nedeniyle, analitik modellerin gerçek işlem sürelerinin dinamik yapısını doğru olarak yansıtamayacağını ileri sürmüşlerdir. Bu sorunu çözebilmek için analitik model ile benzetim modelini birleştiren melez bir yaklaşım önerilmiştir. Analitik modeldeki "işlem zamanı" dinamik bir etken olarak ele alınmış ve bağımsız olarak geliştirilen benzetim modelinden elde edilen sonuçlarla düzeltilmiştir. Çalışmada, yinelemeli melez analitik-benzetim çözüm yöntemi

uygulanarak, bütünleşik tedarik zinciri sistemi için, stokastik yapıları yansıtabilen, daha gerçekçi en iyi üretim-dağıtım planları elde edilmiştir.

Bredstrom ve Ronnqvist (2002) biri taşıma maliyetlerini dikkate alan üretim planlaması, diğeri çok periyotlu üretim çevresinde dağıtım planlaması olmak üzere iki bağımsız karma tamsayılı doğrusal programlama modeli belirlemişlerdir. Jang ve diğeri (2002) Tedarik Zinciri Yönetimi için dört modüllü bir sistem geliştirmişlerdir. Bu modüller: tedarik zinciri tasarımı, üretim-dağıtım planlaması, model yönetimi ve veri işleme modülüdür. Tedarik zinciri tasarımı ve birkaç tedarikçinin malzeme taşıma konularıyla ilgili olan üretim planlama modelleri karma tamsayılı doğrusal programlama ile formüle edilmektedir. Ryu ve diğeri (2004) biri üretim planlaması diğeri dağıtım planlaması olmak üzere, iki düzeyli model yaklaşımı ile doğrusal bir model önermişlerdir. Kanyalkar ve Adil (2005) çok ürünlü ve çok üretim merkezli tedarik zincirinde, detaylı üretim ve dinamik dağıtım planlaması için doğrusal bir programlama modeli önermişlerdir.

Park (2005) çok üretim tesisi, çok toptancı ve çok periyot çevresinde karma tamsayılı doğrusal programlama kullanan entegre bir taşıma ve üretim planlaması modeli önermiştir. Benzer şekilde yazar, çıktıları taşıma planlaması amaçlı diğeri bir alt modelde girdi olan bir üretim planlaması modeli önermekte ve aynı teknikte toplam kârın en büyüklüğüne hedeflenmektedir. Rizk ve diğeri (2006) ölçek ekonomilerinin önemsendiği dağıtım süreci için üç farklı fonksiyonun kullanıldığı çok ürünlü, çok periyotlu bir TZ yapısında karma tamsayılı programlama modeli sunmuşlardır. Ekşioğlu ve diğeri (2006), karma tamsayılı doğrusal programlama formülasyonunun eklendiği akış ve grafik ağı olarak, çok tesis, çok periyot ve tek ürün çerçevesinde bütünleşik bir taşıma ve üretim planlaması modeli geliştirmişlerdir. Oh ve Karimi (2006) çok üretim merkezli, çok periyotlu bir kimya sektöründe çok uluslu bir şirket için üretim ve dağıtım planlamasını entegre eden doğrusal bir programlama modeli önermişlerdir. Ekşioğlu ve diğeri (2007) bu modeli lagrange analiz tekniği ile çözülen çok ürünlü bir model olacak şekilde genişletmişlerdir.

Bilgen ve Özkarahan (2007) çok periyotlu bir çevrede karma tamsayılı doğrusal programlama yöntemleriyle hububat endüstrisinde farklı iki liman arasındaki taşımaları, yüklemeleri ve karmaşıkları bütünleştiren bir model önermişlerdir. Meijboom ve Obel (2007) orta dönem planlaması için karma tamsayılı doğrusal bir model geliştirmişlerdir. Bu yazarlar aynı zamanda, tedarik zincirinin farklı kademelerindeki koordinasyonu da incelemişlerdir. Rizk ve diğerleri (2008) tek üretim tesisi ve farklı dağıtım merkezlerinin bulunduğu bir çevrede üretim ve dağıtım planlaması için karma tamsayılı doğrusal bir model önermişlerdir. Romo ve diğerleri (2009) Norveç doğal gaz üretimini ve taşınmasını eniyi hale getirmek için karma tamsayılı doğrusal programlama çerçevesinde bir model kullanmışlardır.

2.7.2. Bulanık matematiksel programlama modelleri

Tedarik zincirlerinin modellenmesinde bulanık matematiksel programlama modelleri kullanarak çözüm arayan araştırmacıların sayısı son yıllarda giderek arttığı görülmüştür. Tez çalışmasında merkezi olmayan tedarik zinciri yapısı için bir bulanık matematiksel programlama yöntemi kullanıldığından dolayı literatürdeki benzer çalışmalar incelenmiştir.

Çizelge 2.3. Geçmiş yıllardaki çalışmalarda bulanık matematiksel programlama modelleri

Yazarlar	Karar Seviyesi	Çalışmanın konusu ve modelleme yaklaşımı
Petrovic et al. (1998)	Operasyonel	Belirsiz talep ve hammadde tedariki durumunda bulanık matematiksel model geliştirmişlerdir.
Sakawa et al. (2001)	Taktiksel	Üretim-dağıtım planlaması için bulanık matematiksel programlama modeli geliştirmişlerdir, dağıtıcılar ele alınmamıştır.
Chen and Lee (2004)	Taktiksel	Belirsiz talep altındaki bir TZ yapısında, çok amaçlı doğrusal olmayan karma tam sayılı programlama modeli ve bulanık kümeleri kullanmışlardır, tedarikçiler ele alınmamıştır.
Demirli and Yimer (2006)	Taktiksel	Üretim-dağıtım planlamasında maliyet belirsizlikleri altında bulanık, karma tamsayılı matematiksel programlama modeli sunmuşlardır.

Çizelge 2.3. Geçmiş yıllardaki çalışmalarda bulanık matematiksel programlama modelleri

Yazarlar	Karar Seviyesi	Çalışmanın konusu ve modelleme yaklaşımı
El Wahed and Lee (2006)	Taktiksel	Çok amaçlı bir dağıtım probleminin çözümünde bulanık hedef programlama yaklaşımı kullanmışlardır.
Xie et al. (2006)	Taktiksel	Belirsiz müşteri talebinin bulunduğu bir TZ'nin modellenmesinde bulanık küme teorisi ve sezgisel yöntem kullanmışlardır.
Aliev et al. (2007)	Taktiksel	Çok ürünlü, çok periyotlu bir TZ'de üretim-dağıtım planlaması için bulanık matematiksel programlama ve sezgisel yöntem kullanılmıştır. Tedarikçiler göz önüne alınmamıştır.
Roghianian et al. (2007)	Taktiksel	Belirsiz talep ve üretim kapasitesi altında çok amaçlı doğrusal olmayan bir model için, bulanık matematiksel programlama ve stokastik programlama yaklaşımı kullanmışlardır. Tedarikçiler göz önüne alınmamıştır.
Selim et al. (2008)	Taktiksel	Çok kademeli, çok periyotlu, çok ürünlü bir TZ'de, çok amaçlı bulanık matematiksel programlama modeli geliştirmişlerdir. Tedarikçiler göz önüne alınmamıştır.
Torabi and Hassini (2008)	Taktiksel	Çok kademeli bir TZ'de, çok amaçlı tam sayılı programlama ve bulanık matematiksel programlama modeli kullanılmıştır.
Liang (2008)	Taktiksel	Çok ürünlü, çok periyotlu TZ'de üretim-dağıtım planlaması için bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir.
Liang and Cheng (2008)	Taktiksel	Çok ürünlü, çok periyotlu TZ'de üretim-dağıtım planlaması için bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir.
Peidro et al. (2009)	Taktiksel	Çok ürünlü, çok kademeli, çok periyotlu bir TZ'de üretim, dağıtım, tedarik planlaması için bulanık karma tamsayı doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir.
Bilgen (2010)	Taktiksel	Bütünleşik üretim-dağıtım planlaması problemi için bulanık karma tamsayı doğrusal programlama modeli önermişlerdir. Tedarikçiler göz önüne alınmamıştır.

Çizelge 2.3.'deki çalışmalar, genel olarak bulanık matematiksel programlama modellerinin kullanıldığı çalışmalardır ve ilgili konudaki belli başlı çalışmalar kısaca özetlenmiştir.

Petrovic ve diğ erleri (1998) belirsiz talep ve hammadde tedar iğ i altında, bulanık tedarik zinciri modeli geliştirmiştir. Hammadde tedar iğ i, üretim ve son müşterilere kadar dağıtım aşamalarını incelemişlerdir. Çalışmadaki amaç, her aşamada stok miktarları ve sipariş büyüklüklerinin belirlenmesidir. Sakawa ve diğ erleri (2001) bulanık matematiksel programlama kullanarak modellerindeki bazı parametrelere belirsizliğ i dahil etmişlerdir.

Chen ve Lee (2004) belirsiz pazar talebinin bulunduğ u çok ü rünlü, çok kademeli ve çok periyotlu TZ yapılarında, satıcıyla alıcı arasındaki ü rü n fiyatları konusundaki uzlaşma tercihlerini aynı anda dikkate alarak çelişen amaçları gerçekleştirmek için karma tamsayılı doğrusal olmayan bir programlama modeli ortaya koymuşlardır. Belirsiz talep miktarlarının modellenmesinde, bilinen olasılıklara sahip farklı senaryolar kullanılmış; satıcıların ve alıcıların ü rü n fiyatları ile ilgili birbirine uymayan tercihleri ise bulanık kümeler kullanılarak ifade edilmiştir. Modelin çözümünde kullanılmak üzere iki-aşamalı bulanık karar verme yöntemi sunulmuş ve sayısal bir ö rnekle açıklanmıştır.

Chen ve diğ erleri (2006) bulanık karar verme çerçevesinde en uygun tedarik zinciri anlaşmasını seçmeye yönelik bir çalışma sunmuşlardır. Kumar ve diğ erleri (2006) bulanık parametreler altında çok amaçlı tedarikçi seçimi probleminde bulanık hedef programlama yaklaşımını kullanmışlardır. Abd El-Wahed ve Lee (2006) bulanık ve çoklu amaçları bulunan taşıma planlaması probleminin çözümünü belirlemek için etkileşimli bulanık bir programlama yöntemi tasarlamışlardır. Bu yöntem her bir amaç fonksiyonunun alt sınıra yakın etkili bir çözümünü bulmak için en kötü üst sınırı en küçüklemeye odaklanmaktadır. Hedef programlama, bulanık programlama ve etkileşimli programlamanın birleştirildiğ i bu yöntemin, sadece çok amaçlı taşıma problemi için değ il, diğ er çok amaçlı karar verme problemlerinin çözümü için de etkili bir yöntem olduğ u vurgulanmıştır.

Xie, Petrovic ve Burnham (2006) tedarik zincirinin belirsiz müşteri talebiyle işletildiği bir yapıda stok yönetimi ve kontrolü sağlayan iki seviyeli hiyerarşik yapı bir modeli, bulanık kümelerle tasarlamışlardır. Demirli ve Yimer (2006) sipariş üzerine üretim yapan bir tedarik zincirinde bütünleşik üretim ve dağıtım planlaması için bulanık karma tamsayılı bir model sunmuşlardır. Bütünleşik planlama konusunda Chen ve Chang (2006)'ın çalışmasında çok ürünlü, çok kademeli ve çok periyotlu TZ modelini bulanık parametrelerle ele alınmıştır. Bulanık tedarik zinciri modellerinin bulanık amaç değerlerini hesaplamada kullanılabilen bir çözüm yöntemi önerilmiştir. Chen ve Chang, birim hammadde maliyetlerinin, birim taşıma maliyetlerinin ve talep miktarlarının bulanık olduğu durumda, bulanık toplam maliyetin üyelik fonksiyonunu bulmak için bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Yaklaşımın temelini, α kesmeleri ve Zadeh'in bulanık bir modeli kesin modellere dönüştürmede kullandığı yöntem oluşturmaktadır. Tahmini üyelik fonksiyonunu türetebilmek için, farklı olasılık düzeyleri için bulanık toplam maliyetin alt ve üst sınırları hesaplanmış ve ilgili eniyi faaliyet planları üretilmiştir. Önerilen yöntemin geçerliliğini göstermek üzere, çalışmada bulanık parametrelere sahip olan dört aşamalı bir tedarik zinciri için beş planlama dönemini kapsayan bir model oluşturulmuş ve çözülmüştür. Önerilen yaklaşımın, bulanık parametreler barındıran tedarik zincirlerini daha iyi temsil edebildiği sonucuna varılmıştır.

Aliev ve diğerleri (2007) çok ürünlü ve çok periyotlu, üretim ve dağıtım planlaması için bütünleşik bulanık doğrusal programlama modeli önermişlerdir. Modelin hem amaç fonksiyonu, hem de karar değişkenleri bulanık olarak kabul edilmiştir. Selim ve diğerleri (2008) önerdikleri modelde bulanık amaçlara dayalı bir programlama yaklaşımını benimseyerek, çok ürünlü, çok periyotlu, çok kademeli bir üretim-dağıtım probleminin çözümüne olanak sağlamışlardır. Torabi ve Hassani (2008) çok tedarikçi, tek üretici ve çok dağıtım merkezinden oluşan tedarik zinciri planlaması problemi için yeni bir, çok amaçlı olasılıksal karma tamsayılı doğrusal model geliştirmişlerdir. Modelleri, piyasa talebi, maliyet, zaman katsayıları ve kapasite düzeyleri gibi bazı parametrelerin kesin olmayan doğasının yanı sıra çeşitli çelişen amaçları da dikkate alarak, tedarik, üretim ve dağıtım planlarını bütünleştirmektedir. Liang (2008) bulanık ortamlarda, çoklu bulanık amaçlarla birlikte bütünleşik çok

ürünlü, çok periyotlu, üretim ve dağıtım problemlerini çözmek için bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modeli sunmuştur. Modelde bulanık amaçların yanı sıra, iş gücü seviyeleri, makine kapasiteleri ve müşteri talepleri de bulanık olarak ele alınmıştır.

Liang ve Cheng (2008) her bir kaynaktaki stok düzeyi, mevcut makine kapasitesi ve işçilik düzeyinin yanı sıra piyasa talebi, her bir varış noktasındaki mevcut depo hacmi ve toplam bütçe kısıtına bağlı olarak, toplam maliyetleri ve toplam dağıtım zamanını eşzamanlı olarak en küçükleme için bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modeli önermektedir.

Yakın zamanda, Peidro, Mula, Poler ve Verdegay (2009); Peidro, Mula, Jimenez, ve Botella (2009) otomobil endüstrisinde ortaya çıkan tedarik zinciri planlama problemlerini çözmek için iki farklı bulanık programlama yaklaşımı önermişlerdir. Çalışmalarında önerilen model çok kademeli, çok ürünlü, çok düzeyli ve çok periyotlu tedarik zinciri ağı içerisinde tedarik, üretim ve dağıtım planlaması faaliyetlerini bütünleştirmektedir. Bilgen (2010) çalışmasında bütünleşik üretim ve dağıtım planlaması probleminin belirsiz doğasını göz önüne alarak çoklu üretim hatları, çoklu tesis ve çoklu dağıtım merkezlerinden oluşan bir yapıda bulanık amaç ve kısıtlar altında yeni bir karma tamsayılı doğrusal programlama modeli sunmuştur.

BÖLÜM 3

ÇOK ÜRÜNLÜ, ÇOK KADEMELİ VE ÇOK AMAÇLI TEDARİK ZİNCİRİ YAPISINDA BÜTÜNLEŞİK ÜRETİM-DAĞITIM PROBLEMİ

Tedarik zinciri tasarımında, bütünleşik üretim dağıtım problemleri en çok ele alınan konulardandır. Çünkü tedarik zinciri boyunca ürünlerin akışının tespiti ve farklı taşıma alternatiflerinin kullanımı gerekmektedir. Bu çalışmada, hipotetik olarak, çok amaçlı, çok ürünlü ve çok periyotlu üretim-dağıtım planlaması modeli oluşturulmuştur. Ele alınan tedarik zincirinde birçok tedarikçi, dağıtıcı ve perakendeci firma ile birlikte bir firmaya ait üretim tesisleri bulunmaktadır. Her tedarik zinciri üyesinin kârını en büyükmeye yönelik amaçları modele farklı kısıtlar altında katılmıştır. Belirtilen çok amaçlı problem yapısı merkezi ve merkezi olmayan bilgi paylaşımı yapıları altında, Hedef Programlama (HP) ve Bulanık Hedef Programlama (BHP) yaklaşımlarıyla incelenmiştir.

3.1. Üretim-Dağıtım Problemi

Geçmiş yıllarda çoğu firma taleplerini karşılayacak kadar stok bulundurarak, üretim ve dağıtım aşamalarını ayrı şekilde ele almıştır. Ancak böyle bir yaklaşım firmaların stok maliyetlerinin yükselmesine ve müşterilere teslim edilecek ürünlerin teslimat sürelerinin uzamasına sebep olmuştur. Üretim ve dağıtım operasyonlarının bütünleşik olarak ele alınması firmaların müşteri beklentilerine zamanında cevap vermesini ve firma için maliyet avantajı oluşturmasını sağlayacaktır.

Tipik bir üretim dağıtım problemi; m sayıda üretim tesisi ve n sayıda müşteri ile tanımlanabilir. Üretim tesislerinde üretilen ürünler, tesislerden müşterilere taşınır. Her üretim tesisi (i) kapasite limitine (s_i) ve üretilen ürünlerin ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_m$) bir fonksiyonu olan $f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_m)$ üretim maliyetine sahiptir. Üretim tesisi i 'den müşteri c 'ye yapılan taşımanın birim maliyeti c_{ij} olarak gösterilir. Problem tek zaman

periyodunu içerir ve her müşteri j 'nin talebi d_j 'nin karşılanması gerekir. Bu problem taşıma ve üretim maliyetlerini en küçükleyecek şekilde bir üretim-dağıtım planı arar. Problem, Chen (2004) tarafından izleyen matematiksel formülasyon ile ifade edilmiştir:

$$\text{enk} \left\{ f(x_1, x_2, \dots, x_m) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} y_{ij} \right\} \quad (3.1)$$

k.a.

$$\sum_{j=1}^n y_{ij} = x_i, \quad i=1,2,\dots,m \quad (3.2)$$

$$\sum_{i=1}^m y_{ij} = d_j, \quad j=1,2,\dots,n \quad (3.3)$$

$$x_i \leq s_i, \quad i=1,2,\dots,m \quad (3.4)$$

$$x_i, y_{ij} \geq 0, \quad i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n \quad (3.5)$$

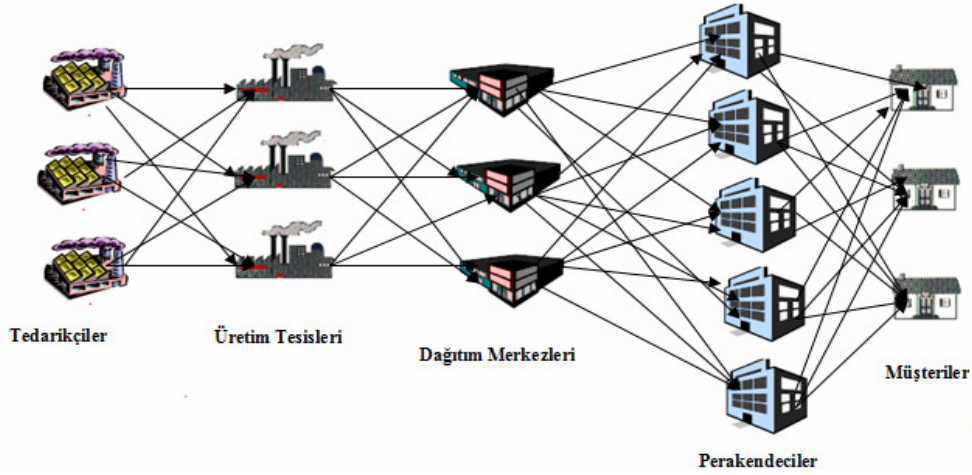
x_i ve y_{ij} sırasıyla üretim tesisi i 'deki üretim miktarı ve üretim tesisi i 'den müşteri j 'ye gönderilen ürün miktarını temsil etmektedir. Taşıma ve üretim maliyetlerini içeren amaç fonksiyonunu (3.1) göstermektedir. (3.2), (3.3), (3.4) tedarik ve talebin doğrusal kısıtlarıdır. Son kısıt (3.5) ise karar değişkenleri için negatif olmama şartını getirmektedir (Chen, 2004).

Temel yapısı belirtilen şekilde olan üretim-dağıtım problemleri, çok ürünlü, çok periyotlu, çok kademeli ve birçok taşıma türü içeren farklı problemlere uygulanabilmektedir. Çalışmada ele alınan bütünlük üretim-dağıtım problemi yapısındaki problemler literatürde NP-zor olarak tanımlanmıştır (Özceylan vd.,2009).

3.2. Problemin Tanımlanması

Çalışmada tedarikçiler, üretim tesisleri, dağıtıcılar, perakendeciler ve müşterilerden oluşan çok kademeli bir tedarik zinciri ele alınmıştır. Tedarik zinciri içindeki tüm firmalar arasındaki ürün akışını koordine etmek amacıyla üretim-dağıtım

problemi yapısı kullanılmıştır. Belirtilen üretim-dağıtım problemi, çok kademeli, çok ürünlü, çok periyotlu, çok amaçlı bir yapıya sahiptir ve hipotetik olarak oluşturulmuştur. Tedarikçiler, üretim tesisleri, dağıtım merkezleri ve perakendeciler arasında farklı taşıma türleri kapasitelerine göre seçilebilmektedir. Üretim tesislerinin hepsi aynı firmaya ait olup, tedarikçiler, dağıtım merkezleri ve perakendeciler birbirinden bağımsız firmalardır. Modelde üretim tesislerinin kârını en büyükmeye ve iş istasyonlarındaki boşta kalma zamanını en küçükmeye yönelik iki amacı, diğer zincir üyeleri olan perakendeciler, dağıtıcılar ve tedarikçilerin ise kârlarını en büyükmeye yönelik çelişen amaçları bulunmaktadır.



Şekil 3.1. Problemden ele alınan tedarik zincirinin gösterimi

Ele alınan problem tedarik zinciri üyeleri arasındaki bilgi paylaşımına göre iki durum altında incelenmiştir. Birinci durumda (merkezi tedarik zinciri), tedarik zinciri içindeki talep bilgisinin tüm tedarik zinciri üyeleri tarafından paylaşıldığı (deterministik olduğu) ve bu doğrultuda tedarik zinciri üyelerinin amaçlarını eniyilemeye çalıştığı; ikinci durumda (merkezi olmayan tedarik zinciri) ise tedarik zinciri içinde ortak bilgi paylaşımı olmadan talep bilgisinin yalnızca perakendeciler tarafından görülebildiği ve diğer tedarik zinciri üyelerinin belirsiz bir talep doğrultusunda amaçlarını eniyilemeye çalıştıkları kabul edilmiştir.

3.3. Varsayımlar

- Üretim tesisleri 3 farklı tedarikçiden hammaddelerini temin etmektedir.
- Üretim tesislerinde üretilen 5 çeşit ürünün her birinin 3 farklı hammaddesi bulunmaktadır, ürün hammadde listesi Ek.1’de yer almaktadır.
- Tedarikçilerden üretim tesislerine yapılan taşımaların maliyeti tedarikçiye aittir.
- Tedarikçiler stok tutmaz ve ne talep edilirse aynı zaman periyodunda üretim tesislerine gönderir.
- Tedarikçiler hammaddeleri üretim tesislerine göndermek için 3 farklı taşıma türü kullanabilirler.
- Tedarikçiler her bir hammadde için birim değişken hammadde maliyetine sahiptir.
- Tedarikçilerin kullandıkları taşıma türlerine göre sabit ve birim değişken taşıma maliyetleri mevcuttur.
- Üretim tesisleri çoklu iş istasyonlarından (7’şer adet) meydana gelmiştir.
- Her üretim tesisinde üretilen farklı ürünlerden her biri, bir iş istasyonundan geçmektedir.
- 3 adet üretim tesisi aynı üretici firmaya aittir.
- Tedarikçiler, dağıtım merkezleri ve perakendecilerin her biri birbirinden bağımsızdır.
- İşletmede 5 çeşit ürün üretilmektedir.
- Talebi karşılamak üzere, üretim tesislerinde normal ve fazla mesaili üretim seçenekleri mevcuttur.
- Üretim sisteminde ortaya çıkan birim değişken maliyet üretim tesisinden, üretim tesisine değişmektedir.
- Üretim tesisleri için satın alma maliyeti, üretim maliyetinin içine dahil edilmemiştir.
- Üretim ve dağıtım sistemi birbirine bağlı ve yakın olarak birbiriyle ilişkili kabul edilmiştir.
- Ürünleri üretim tesislerinden dağıtım merkezlerine, dağıtım merkezlerinden de perakendecilere, gönderebilmek için 3 farklı taşıma türü kullanılabilir.

- Taşıma maliyeti, sabit maliyet (taşıma türüne bağlı) ve değişken maliyetten (miktarla bağlı) oluşmaktadır.
- Perakendeciler müşteri siparişlerini karşılayamadıkları durumda, sipariş karşılayamama maliyetine maruz kalırlar.
- Perakendecilere ilişkin taşıma maliyetleri bulunmamakta ve taşımaların müşterilerine ait olduğu kabul edilmektedir.
- 4'er aylık dönemlerden oluşan 3 periyot ile bir yıllık üretim-dağıtım planlaması oluşturulmuştur.

TZ sistemindeki karar vericiler bütünleşik üretim-dağıtım problemi için izleyen kararları vermeyi amaçlamaktadırlar.

- Her bir üretim tesisinin her periyotta hangi tedarikçiden, hangi hammaddeden, ne kadar alacağı
- Her periyotta tedarikçilerden hangi taşıma türleriyle, hangi ürünlerin, hangi üretim tesislerine taşınacağı
- Her periyotta her üretim tesisindeki her bir iş istasyonunda, her bir üründen ne kadar üretileceği.
- Her periyotta, her üretim tesisindeki, her iş istasyonunda, ürünlerin ne kadarının normal mesaide ve ne kadarının fazla mesaide üretileceği.
- Her periyotta, her üretim tesisindeki, her bir iş istasyonunun boşa kalma süreleri.
- Her periyotta, her üretim tesisinde, perakendecide ve dağıtım merkezinde her ürün için tutulması gereken stok miktarı.
- Her periyotta, hangi taşıma türleriyle, hangi ürünlerin, hangi üretim tesisinden dağıtım merkezine ve hangi dağıtım merkezinden hangi perakendeciye taşınacağı.
- Her periyot sonunda, her perakendeci ve her ürün için karşılanamayan ürün miktarları.
- Her periyotta, her perakendeciden her müşteriye her ürün için satış miktarı.

3.4. Matematiksel Model

Çalışmada tanımlanan probleme ilişkin matematiksel modelde, Selim ve arkadaşlarının (2008) çalışmalarında ele aldıkları modelin terim ve gösterimleri esas alınarak, yeni kısıtlar ve amaç fonksiyonları ile yeni terim ve gösterimler içeren bir model tasarlanmıştır, Ek.2’de modelin GAMS programında yazımı verilmiştir.

Kümeler

r	hammadeler
s	tedarikçiler
i	ürünler
j	iş istasyonları
m	üretim tesisleri
p	dağıtım merkezleri
q	perakendeciler
t	zaman periyotları
k	taşıma türleri
c	müşteriler

Parametreler

b_{ri}	i.ürünün üretilmesi için gerekli r. hammadde miktarı
$USPSM_{rsmt}$	m. üretim tesisi için t periyodunda r hammaddesini tedarikçi s’den almanın birim fiyatı
$TCLSM_{ksm}$	tedarikçi s’den üretim tesisi m’ye k. taşıma türü için toplam kapasite (miktar/sefer)
$FTCSM_{ksmt}$	t periyodunda tedarikçi s’den üretim tesisi m’ye k. taşıma türü ile sabit taşıma maliyeti
$UTCSM_{ksmt}$	t periyodunda tedarikçi s’den üretim tesisi m’ye k. taşıma türü ile birim taşıma maliyeti

ULS_{rst}	t periyodunda tedarikçi s'den gönderilebilecek hammadde r'nin üst limiti (tedarikçinin kapasitesi)
CS_{rs}	s tedarikçisi için r hammaddesinin maliyeti
a_{imjt}	t periyodunda m üretim tesisindeki j. iş istasyonunda i.ürünün üretilmesi için geçen süre
CO_{mjt}	t periyodunda üretim tesisi m'deki j. iş istasyonudaki her dakika için fazla mesai maliyeti
CP_{imjt}	t periyodunda üretim tesisi m'deki j. iş istasyonunda üretilen i ürünü için birim değişken üretim maliyeti
UTC_{mjt}	t periyodunda m üretim tesisindeki j. iş istasyonunun dakika başına boşa kalma maliyeti
SMN_{im}	i ürününü üretim tesisi m'de tutmanın birim maliyeti
RP_{mjt}	t periyodunda m üretim tesisindeki j. iş istasyonunda erişilebilir düzenli çalışma zamanı (dk)
$CAPO_{mjt}$	t periyodunda m üretim tesisindeki j. iş istasyonundaki fazla mesai kapasitesi(dk)
TM_m	üretim tesisi m'nin ürün tutma kapasitesi
LPR_{imjt}	t priyodunda m üretim tesisindeki j. iş istasyonunda en az üretilmesi gereken miktar
$TCLPW_{kmp}$	üretim tesisi m den dağıtım merkezi p ye k. taşıma türünün kapasitesi
$USPPW_{it}$	t periyodunda i. ürün için üretim tesislerinden dağıtım merkezlerine birim satış fiyatı
$FTCPW_{kmpt}$	t periyodunda üretim tesisi m'den dağıtım merkezi p'ye k. taşıma türünün sabit taşıma maliyeti
$UTCPW_{kmpt}$	t periyodunda üretim tesisi m'den dağıtım merkezi p'ye k. taşıma türünün birim taşıma maliyeti
SP_{ip}	i ürününü dağıtım merkezi p'de tutmanın birim maliyeti
TP_p	dağıtım merkezi p'nin ürün tutma kapasitesi
$TCLWR_{kpq}$	dağıtım merkezi p'den perakendeci q'ya k. taşıma türü kapasitesi
$USPWR_{ipqt}$	t periyodunda i. ürün için dağıtım merkezlerinden perakendecilere birim satış fiyatı

FTCWR_{kpqt}	t periyodunda dağıtım merkezi p'den perakendeci q'ya k. taşıma türünün sabit taşıma maliyeti
UTCWR_{kpqt}	t periyodunda dağıtım merkezi p'den perakendeci q'ya k. taşıma türünün birim taşıma maliyeti
SQ_{iq}	i. ürünü perakendeci q'da tutmanın birim maliyeti
TQ_q	perakendeci q'nun ürün tutma kapasitesi
USPRC_{iqct}	t periyodunda i. ürün için perakendecilerden müşterilere birim satış fiyatı
CBLG_{iq}	perakendeci q'ya i. ürünün birim karşılamama maliyeti
CD_{iqct}	t periyodunda, perakendeci q dan müşteri c tarafından talep edilen i. ürünün miktarı

Modeldeki parametrelerin bir kısmı Selim ve arkadaşlarının (2008) modelindeki verilerden yaralanılarak türetilmiştir. Diğer parametreler; a_{imjt} [7-10], RP_{mjt} [20.000-25.000] , $CAPO_{mjt}$ [3000-9500], LPR_{imjt} [100-300], $FTCSM_{ksmt}$ [500,1400], $UTCSM_{ksmt}$ [0,5-3], CS_{rs} [8,13], ULS_{rst} [100.000-9.000.000], SMN_{im} [6-15], $USPRC_{iqct}$ [900-1300], CP_{imjt} [105-200], $TCLSM_{ksmt}$ [50.0000-450.000] değerleri arasında düzgün dağıldığı kabul edilerek rassal biçimde belirlenmiştir.

Karar Değişkenleri

SM_{krsmt}	t periyodunda k. taşıma türü kullanılarak tedarikçi s'den üretim tesisi m'ye gönderilen hammadde miktarı
X_{imjt}	t periyodunda üretim tesisi m'deki j. iş istasyonunda üretilen i ürünü için üretim miktarı
LP_{kimpt}	t periyodunda üretim tesisi m'den dağıtım merkezi p'ye k. taşıma türü kullanılarak gönderilen i. ürün miktarı
O_{mjt}	t periyodunda üretim tesisi m'deki j. iş istasyonunda kullanılan fazla mesai süresi
MINV_{imt}	t periyodunda üretim tesisi m deki i. ürün için periyot sonu stoğu
UT_{mjt}	t periyodunda m üretim tesisindeki j. iş istasyonundaki boşa kalma süresi

$PINV_{ipt}$ t periyodunda dağıtım merkezi p deki i ürünü için periyot sonu stoğu

PQ_{kipqt} t periyodunda dağıtım merkezi p'den perakendeci q'ya k. taşıma türü kullanılarak gönderilen i. ürün miktarı

$QINV_{igt}$ t periyodunda perakendeci q'da i. ürün için dönem sonu stok miktarı

BLG_{iqct} t periyodu sonunda perakendeci q tarafından c müşterisine ait i ürünü için karşılanamayan ürün miktarı

QC_{iqct} t periyodunda perakendeci q'dan müşteri c'ye satılan i ürün miktarı

$Y_{kmpt} \begin{cases} 1, t \text{ periyodunda üretim tesisi } m \text{ ile dağıtım merkezi } p \text{ arasında k.taşıma türü kullanılırsa,} \\ 0, dd. \end{cases}$

$Z_{kpqt} \begin{cases} 1, t \text{ periyodunda dağıtım merkezi } p \text{ ile perakendeci } q \text{ arasında k.taşıma türü kullanılırsa,} \\ 0, dd. \end{cases}$

$YP_{imjt} \begin{cases} 1, t \text{ periyodunda üretim tesisi } m\text{'deki } j. \text{ iş istasyonunda } i.\text{ürün üretilirse,} \\ 0, dd. \end{cases}$

$SG_{ksmt} \begin{cases} 1, t \text{ periyodunda tedarikçi } s \text{ ile üretim tesisi } m \text{ arasında k.taşıma türü kullanılırsa,} \\ 0, dd. \end{cases}$

Amaçlar

Modele ilişkin kârı büyükmeye yönelik olan amaçlar genel olarak her üyenin satış gelirinden, taşıma maliyeti, stoklama maliyeti, üretim maliyeti, satın alma maliyeti ve karşılayamama maliyetlerinin çıkarılması ile hesaplanmıştır. Üretim tesislerinin ikinci amacı olan iş istasyonları için boşa kalma süresinin en küçüklenmesi de bir diğer amaç olarak ayrıca belirtilmiştir.

Tedarikçi S'nin kâr fonksiyonu (S-Kâr)

Tedarikçi kârı (3.6), satış gelirinden, üretim tesislerine yaptığı taşımaların sabit ve değişken maliyetleri ve gönderdiği hammaddelere ilişkin tedarikçi maliyetinin çıkartılması ile elde edilmiştir.

S-Kâr = Satış geliri- Toplam taşıma maliyeti - Toplam tedarikçi maliyeti

$$Enb \left\{ \sum_k \sum_r \sum_s \sum_m (USPSM_{rsmt} \cdot SM_{krsmt}) - \sum_k \sum_s \sum_m \sum_t (FTCSM_{ksmt} \cdot SG_{ksmt}) \right. \\ \left. - \sum_k \sum_r \sum_s \sum_m \sum_t (UTCSM_{ksmt} \cdot SM_{krsmt}) - \sum_r \sum_s \sum_t (CS_{rs} \cdot SM_{krsmt}) \right\} \quad (3.6)$$

Üretim tesisi M'nin kâr fonksiyonu (M-Kâr)

Üreticinin karı (3.7), satış gelirinden, üretim maliyeti, boşa kalma maliyeti, satın alma maliyeti, sabit ve değişken taşıma maliyetleri ve stok maliyetinin çıkartılması ile elde edilmiştir. Üretim tesisleri için ikinci olarak, her periyotta her üretim tesisindeki, her bir iş istasyonunda boşa kalma süresinin en küçülenmesi (3.8) amaçlanmaktadır.

M-Kâr = Satış geliri - Toplam üretim maliyeti- Toplam boşa kalma maliyeti - Toplam Taşıma Maliyeti- Toplam Satın alma Maliyeti - Toplam Stok maliyeti

$$Enb \left\{ \sum_k \sum_i \sum_m \sum_p \sum_t (LP_{kimpt} \cdot USPPW_{it}) - \sum_i \sum_m \sum_j \sum_t (CP_{imjt} \cdot X_{imjt}) - \sum_m \sum_j \sum_t (CO_{mjt} \cdot O_{mjt}) \right. \\ \left. - \sum_m \sum_j \sum_t (UTC_{mjt} \cdot UT_{mjt}) - \sum_k \sum_m \sum_p \sum_t (FTCPW_{kmpt} \cdot Y_{kmpt}) - \sum_k \sum_i \sum_m \sum_p \sum_t (UTCPW_{kmpt} \cdot LP_{kimpt}) \right. \\ \left. - \sum_k \sum_r \sum_s \sum_m \sum_t (USPSM_{rsmt} \cdot SM_{krsmt}) - \sum_i \sum_m \sum_t (SMN_{im} \cdot MINV_{imt}) \right\} \quad (3.7)$$

M-Süre =Toplam boşa kalma süresi

$$Enk \left\{ \sum_m \sum_j \sum_t UT_{mjt} \right\} \quad (3.8)$$

Dağıtım Merkezi P'nin kâr fonksiyonu (P-Kâr)

Dağıtım merkezlerinin kârı (3.9), satış gelirinden sabit ve değişken taşıma maliyetlerinin, satın alma maliyetinin ve stoklama maliyetinin çıkartılması ile elde edilmiştir.

P-Kâr = Satış geliri – Toplam satın alma maliyeti – Toplam taşıma maliyeti – Toplam stok maliyeti

$$\begin{aligned}
 & Enb \left\{ \sum_k \sum_i \sum_p \sum_q \sum_t (USPWR_{ipqt} \cdot PQ_{kipqt}) - \sum_k \sum_i \sum_m \sum_p \sum_t (USPPW_{it} \cdot LP_{kimpt}) \right. \\
 & - \sum_k \sum_p \sum_q \sum_t (FTCWR_{kpqt} \cdot Z_{kpqt}) - \sum_k \sum_i \sum_p \sum_q \sum_t (UTCWR_{kpqt} \cdot PQ_{kipqt}) \\
 & \left. - \sum_i \sum_p \sum_t (SP_{ip} \cdot PINV_{ipt}) \right\} \quad (3.9)
 \end{aligned}$$

Perakendeci Q'nun kâr fonksiyonu (Q-Kâr)

Perakendecilerin kârı (3.10), satış gelirinden, satın alma maliyeti, stoklama maliyeti ve karşılayamama maliyetinin çıkartılması ile elde edilmiştir.

Q-Kâr = Satış geliri – Toplam satın alma maliyeti – Toplam stok maliyeti- Toplam karşılayamama maliyeti

$$\begin{aligned}
 & Enb \left\{ \sum_i \sum_q \sum_c \sum_t (USPRC_{iqct} \cdot QC_{iqct}) - \sum_k \sum_i \sum_p \sum_q \sum_t (USPWR_{ipqt} \cdot PQ_{kipqt}) - \sum_i \sum_q \sum_t (SQ_{iq} \cdot QINV_{iqt}) \right. \\
 & \left. - \sum_i \sum_q \sum_c \sum_t (CBLG_{iq} \cdot BLG_{iqct}) \right\} \quad (3.10)
 \end{aligned}$$

Kısıtlar

$$\sum_i a_{imjt} \cdot X_{imjt} \leq RP_{mjt} + CAPO_{mjt} \quad \forall m, j, t \quad (3.11)$$

Her bir üretim tesisinin, her bir iş istasyonu için periyot temelinde toplam üretim miktarı için harcanan süre, ilgili periyottaki normal ve fazla mesai kapasite sürelerinin toplamını aşamaz (3.11).

$$X_{imjt} \cdot a_{imjt} \leq (RP_{mjt} \cdot YP_{imjt}) + (CAPO_{mjt} \cdot YP_{imjt}) \quad \forall i, m, j, t \quad (3.12)$$

Her bir ürün için, her bir üretim tesisinin, seçilen her bir iş istasyonunda periyot temelinde harcanan süre, o istasyon için ilgili periyottaki normal ve eğer kullanılıyorsa fazla mesai süreleri toplamını aşamaz (3.12).

$$X_{imjt} \geq LPR_{imjt} \cdot YP_{imjt} \quad \forall i, m, j, t \quad (3.13)$$

Her bir üretim tesisindeki iş istasyonunda, her ürün ve her periyot için üretim yapılması durumunda, iş istasyonunda, ilgili periyotta üretilen miktar, üretilmesi gereken en az miktardan fazla olmalıdır (3.13).

$$O_{mjt} = \sum_i (X_{imjt} \cdot a_{imjt}) - RP_{mjt} + UT_{mjt} \quad \forall m, j, t \quad (3.14)$$

Her bir üretim tesisinin, her bir iş istasyonunda her bir periyotta fazla mesai için harcanan süre toplam üretim süresi ile normal mesai kapasitesi farkı ile boşta kalınan sürenin toplamına eşittir (3.14).

$$\sum_j X_{imjt} \geq \sum_k \sum_p LP_{kimpt} \quad \forall i, m, t \quad (3.15)$$

Kısıt (3.15) üretim tesisleri için denge eşitliğidir; t periyodunda üretim tesisi m'deki, j. iş istasyonunda üretilen miktar, üretim tesisi m'den dağıtım merkezlerine gönderilen toplam ürün miktarından büyük ya da eşit olmalıdır. Üretimden artan kısım stoklanacaktır.

$$O_{mjt} - CAPO_{mjt} \leq 0 \quad \forall j, m, t \quad (3.16)$$

Her bir tesisin, her bir iş istasyonunun belirli bir periyottaki kullanılan fazla mesai süresi ilgili kapasiteyi aşamaz (3.16).

$$PINV_{ipt} = PINV_{ipt-1} + \sum_k \sum_m LP_{kimpt} - \sum_k \sum_q PQ_{kipqt} \quad \forall i, p, t \quad (3.17)$$

Kısıt (3.17) dağıtım merkezleri için denge kısıtıdır. Her bir periyotta ürün bazında dağıtım merkezi p'ye gelen ürünlerin miktarı, dağıtım merkezi p'de depolanan ve gönderilen ürün miktarına eşit olmalıdır.

$$QINV_{igt} = QINV_{igt-1} + \sum_k \sum_p PQ_{kipqt} - \sum_c QC_{igt} \quad \forall i, q, t \quad (3.18)$$

Kısıt (3.18) perakendeciler için denge kısıtıdır. Her bir periyotta ürün bazında her bir perakendecide tutulan ürün miktarı, bir önceki dönemden elde kalan, o periyotta dağıtım merkezlerinden gelen ve o periyotta müşterilere gönderilen miktara eşittir.

$$MINV_{imt} = MINV_{imt-1} + \sum_j X_{imjt} - \sum_k \sum_p LP_{kimpt} \quad \forall i, m, t \quad (3.19)$$

Kısıt (3.19) üretim alanları için denge kısıtıdır. Her bir periyotta ürün bazında her bir üretim tesisinde tutulan ürün miktarı, bir önceki dönemden kalan miktar, üretilen miktar ve perakendecilere gönderilen miktara eşittir.

$$\sum_i QINV_{igt} \leq TQ_q \quad \forall q, t \quad (3.20)$$

$$\sum_i PINV_{ipt} \leq TP_p \quad \forall p, t \quad (3.21)$$

$$\sum_i MINV_{imt} \leq TM_m \quad \forall m, t \quad (3.22)$$

Kısıt (3.20), (3.21) ve (3.22) sırasıyla dağıtım merkezleri, perakendeciler ve üretim tesisleri için ürün stoklamayı mevcut kapasiteyle sınırlandırmaktadır.

$$TCLPW_{k-1,mp} Y_{kmpt} \leq \sum_i LP_{kimpt} \leq TCLPW_{kmp} Y_{kmpt} \quad \forall k, m, p, t \quad (3.23)$$

$$TCLWR_{k-1,pq} Z_{kpqt} \leq \sum_i PQ_{kipqt} \leq TCLWR_{kpq} Z_{kpqt} \quad \forall k, p, q, t \quad (3.24)$$

$$TCLSM_{(k-1)sm} .SG_{ksmt} \leq \sum_r SM_{krsmt} \leq TCLSM_{ksm} .SG_{ksmt} \quad \forall k, s, m, t \quad (3.25)$$

Kısıt (3.23), (3.24) ve (3.25) sırasıyla, üretim tesisleri ve dağıtım merkezleri, dağıtım merkezleri ve perakendeciler, üretim tesisleri ve tedarikçiler arasında birkaç taşıma türünün kullanılabilceğini göstermektedir.

$$\sum_k \sum_s SM_{krsmt} - \sum_i \sum_j (b_{ri} . x_{imjt}) = 0 \quad \forall r, m, t \quad (3.26)$$

Kısıt (3.26) tedarikçilerden gönderilen hammadde miktarının, üretim tesislerinde üretilen ürünler için gerekli hammadde miktarına eşit olması gerektiğini ifade eder.

$$\sum_k \sum_m SM_{krsmt} \leq ULS_{rst} \cdot \sum_k \sum_m SG_{ksmt} \quad \forall k, r, s, t \quad (3.27)$$

Kısıt (3.27) tedarikçilerden gönderilecek hammadde miktarının tedarikçi kapasitesini aşmaması gerektiğini göstermektedir.

$$BLG_{iqct} = BLG_{iqct-1} + CD_{iqct} - QC_{iqct} \quad \forall i, q, c, t \quad (3.28)$$

Kısıt (3.28) göre bir periyottaki i ürünü için karşılanamayan miktar, bir önceki dönemden kalan karşılanamayan miktar ve o dönemdeki müşteri talebinden, aynı dönemde gönderilen miktarın farkıdır.

$$QC_{iqct} = CD_{iqct} \quad \forall i, q, c, t \quad (3.29)$$

Kısıt (3.29)'e göre müşteri talebinin karşılanması için, her müşteriye her perakendeciden her ürün için gönderilen miktarın periyot bazında, müşteri talebine eşit olması gerektiğini göstermektedir.

$$LP_{kimpt}, O_{jmt}, MINV_{imt}, PINV_{ipt}, QINV_{iqt}, BLG_{iqct}, X_{imt}, PQ_{kipqt}, QC_{iqct}, SM_{krsmt}, UT_{mjt} \geq 0 \quad (3.30)$$

$$Y_{kmp} \in \{0,1\} \quad \forall k, m, p, t \quad (3.31)$$

$$YP_{imjt} \in \{0,1\} \quad \forall i, m, j, t \quad (3.32)$$

$$Z_{kpqt} \in \{0,1\} \quad \forall k, p, q, t \quad (3.33)$$

$$SG_{ksmt} \in \{0,1\} \quad \forall k, s, m, t \quad (3.34)$$

Son olarak kısıt (3.30) sıfırdan büyük olma kısıtlamasını getirmekte ve (3.31), (3.32), (3.33) ve (3.34)'te karar değişkenlerinin 0-1 tamsayı olma koşulu yer almaktadır.

- Modelde; 15 farklı türde hammadde ($r=1, \dots, 15$), üç tedarikçi ($s=1, \dots, 3$), beş çeşit ürün ($i=1, \dots, 5$), her üretim tesisinde yedi iş istasyonu ($j=1, \dots, 7$), üç

üretim tesisi ($m=1,\dots,3$), üç dağıtım merkezi ($p=1,\dots,3$), beş perakendeci ($q=1,\dots,5$), üç zaman periyodu ($t=1,\dots,3$), üç taşıma türü ($k=1,\dots,3$) ve üç müşteri ($c=1,\dots,3$) bulunmaktadır.

- $SM_{krsmt}(k \times r \times s \times m \times t) = 1215$; $MINV_{imt}(i \times m \times t) = 45$; $UT_{mjt}(m \times j \times t) = 63$; $LP_{kimt}(k \times i \times m \times p \times t) = 405$; $X_{imjt}(i \times m \times j \times t) = 315$; $O_{mjt}(m \times j \times t) = 63$; $PINV_{ipt}(i \times p \times t) = 45$; $PQ_{kipqt}(k \times i \times p \times q \times t) = 675$; $QINV_{iqt}(i \times q \times t) = 75$; $BLG_{iqct}(i \times q \times c \times t) = 225$; $QC_{iqct}(i \times q \times c \times t) = 225$; $Y_{kmpt}(k \times m \times p \times t) = 81$; $Z_{kpqt}(k \times p \times q \times t) = 135$; $YP_{imjt}(i \times m \times j \times t) = 315$; $SG_{ksmt}(k \times s \times m \times t) = 81$ olmak üzere toplam 3963 adet karar değişkeni mevcuttur.
- Üretim tesislerine ait kısıtlar 2286, tedarikçilere ait kısıtlar 1917, dağıtım merkezlerine ait kısıtlar 1044 ve perakendecilere ait kısıtlar 1065 adet olmak üzere modelde toplam 6312 adet kısıt bulunmaktadır.

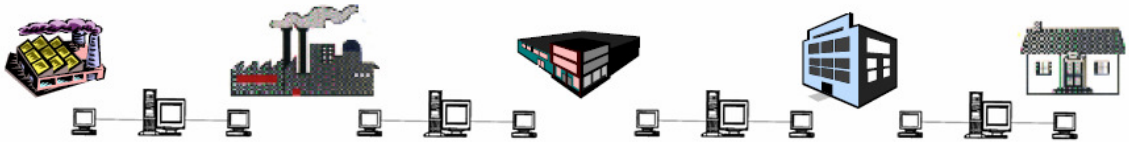
BÖLÜM 4

MERKEZİ VE MERKEZİ OLMAYAN TEDARİK ZİNCİRİ YAPILARI İÇİN ÇÖZÜM

Tanımlanan probleme ilişkin tasarlanan çok amaçlı, karma tamsayılı model, farklı iki tedarik zinciri kontrol yapısını karşılaştırmak amacıyla örnek bir veri seti (Ek.1) kullanılarak, Intel Core2 CPU, 2.00 GHz özellikli bilgisayarda GAMS 22.8'in CPLEX çözücüsü ile çözülmüştür. İzleyen kısımda farklı iki kontrol yapısı kısaca açıklanarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

4.1. Merkezi Tedarik Zinciri Yapısında Hedef Programlama Yaklaşımı

Modeli belirtilen yapıya göre incelediğimizde talep bilgisinin eş zamanlı olarak tüm tedarik zinciri üyelerinin kullandığı ortak bir bilgi sistemi üzerinden görüldüğü kabul edilmiştir.



Şekil 4.1. Tedarik zinciri üyeleri arasındaki eş zamanlı bilgi paylaşımının gösterimi

Şekil 4.1.'de tüm tedarik zinciri üyeleri eş zamanlı olarak müşteri talebini kullanarak, zincir boyunca üretim dağıtım kararları merkezi talep bilgisine göre verilmektedir. Elektronik veri değişimi (Electronic Data Interchange-EDI) tabanlı bu durumda, talep bilgisi zincirin tüm üyeleri tarafından senkronize olarak elde edebilmektedir (Yu, et al., 2001).

Merkezi tedarik zinciri (centralized supply chain) yapısında tedarik zinciri üyelerinin her birinin diğerleri ile çelişen amaçlarını eniyileyecek şekilde, uygun

üretim-dağıtım politikasının belirlenebilmesi gerekmektedir. Bu nedenle çok amaçlı problemlerin çözümünde kullanılan hedef programlama yaklaşımı belirtilen tedarik zinciri yapısındaki problemin çözümü için kullanılmıştır.

4.1.1. Hedef programlama

Doğrusal programlamanın bir uzantısı olan hedef programlama, çok kriterli karar verme alanı içerisinde bilinen en eski yaklaşımlardandır. Hedef Programlamada (HP) her bir amaç, göz önünde bulundurulmuş kısıtlar altında verilen değer veya hedef değer başarılmak istenir (Tamiz, 1996). Hedef programlama, doğrusal programlamada olduğu gibi amaçları doğrudan en büyükmek veya en küçükmek yerine, hedefler arasındaki sapmaları minimize etmektedir. Sapma değişkenler her bir hedeften hem pozitif yönde hem de negatif yönde sapmalar şeklinde iki boyutta gösterilir. Amaç fonksiyonu yalnızca bu sapma değişkenlerden oluşturulur.

x , karar değişkeni vektörü; X uygun çözüm kümesi; $f_k(x)$, k . amaç fonksiyonu; d_k^+ ve d_k^- , çözümün hedefin altında veya üstünde gerçekleştiğini ölçen sapma değişkenleri; P_l , l . Öncelik sınıfı J_l 'i gösteren simge; w_k^+ ve w_k^- , sapma değişkenlerinin göreceli önem ağırlıkları ve t_k , k . hedef değeri olmak üzere HP'nin genel matematiksel modeli:

$$f_k(x) + d_k^- - d_k^+ = t_k, \quad k=1,2,\dots,p,$$

$$x \in X,$$

$$x, d_k^-, d_k^+ \geq 0; d_k^+, d_k^- d_k^+ = 0; \quad k=1,2,\dots,p,$$

k.a.

$$\text{enk} \sum_{i=1}^l P_i \left[\sum_{k \in J_i} (w_k^- d_k^- + w_k^+ d_k^+) \right] \quad (4.1)$$

şeklinde verilir. Modelin amaç fonksiyonu (4.1), birinci öncelik sınıfı J_1 'den başlayarak, karar vericinin amaç fonksiyonlarıyla ilgili hedeflediği değerler t_k 'dan istemediği ağırlıklı sapmaların toplamını en küçükler. Amaç fonksiyonu, aynı öncelik sınıfında yer alan istenmeyen sapmalar arasında, karar vericinin göreceli önem ağırlıkları vasıtasıyla bir ödünleşmeye izin verirken, farklı öncelik sınıfında yer alan sapmalar arasında ödünleşmeye izin vermez. Modelin eşitlik kısıtları, k. amaç fonksiyonunun hedeflenen değeri t_k 'dan negatif ve pozitif sapmaları belirler (Üstün, 2007).

4.1.2. Modelin hedef programlama yaklaşımıyla çözümü

Çalışmada tasarlanan modelin hedef programlama yaklaşımı ile çözümünde, tedarik zinciri üyelerinin kârlarını en büyükmeye yönelik hedefleri belirlenmiş ve hedeflerden negatif yöndeki sapmaları en küçükmek amaçlanmıştır. Üretim tesisleri için ise boşta kalma süresinin en küçükmeye yönelik, pozitif sapmanın en küçükmeye amaçlanmıştır. Tedarik zinciri üyelerinin her birinin hedef değerleri, diğer üyelerin amaçları göz önünde bulundurulmadan yalnızca ilgili üyenin amacı enbüyüklenecek veya enküçükmeye şekilde, modelin farklı amaçlara göre tek tek çözümü ile belirlenmiştir.

$$Enk z = S_{11}^- + S_{12}^- + S_{13}^- + S_2^- + S_{31}^- + S_{32}^- + S_{33}^- + S_{41}^- + S_{42}^- + S_{43}^- + S_{44}^- + S_{45}^- + S_5^+ \quad (4.2)$$

k.a.

$$\begin{aligned} & \sum_k \sum_r \sum_s \sum_m (USPSM_{rsmt} \cdot SM_{krsmt}) - \sum_k \sum_s \sum_m \sum_t (FTCSM \cdot SG_{ksmt}) \\ & - \sum_k \sum_r \sum_s \sum_m \sum_t (UTCSM_{ksmt} \cdot SM_{krsmt}) - \sum_r \sum_s \sum_t (CS_{rs} \cdot SM_{krsmt}) + S_{11}^- - S_{11}^+ = 10.415.883,77 \\ & \sum_k \sum_r \sum_s \sum_m (USPSM_{rsmt} \cdot SM_{krsmt}) - \sum_k \sum_s \sum_m \sum_t (FTCSM \cdot SG_{ksmt}) \\ & - \sum_k \sum_r \sum_s \sum_m \sum_t (UTCSM_{ksmt} \cdot SM_{krsmt}) - \sum_r \sum_s \sum_t (CS_{rs} \cdot SM_{krsmt}) + S_{12}^- - S_{12}^+ = 11.357.942,92 \\ & \sum_k \sum_r \sum_s \sum_m (USPSM_{rsmt} \cdot SM_{krsmt}) - \sum_k \sum_s \sum_m \sum_t (FTCSM \cdot SG_{ksmt}) \\ & - \sum_k \sum_r \sum_s \sum_m \sum_t (UTCSM_{ksmt} \cdot SM_{krsmt}) - \sum_r \sum_s \sum_t (CS_{rs} \cdot SM_{krsmt}) + S_{13}^- - S_{13}^+ = 10.495.181,59 \end{aligned} \quad (4.3)$$

$$\begin{aligned}
& \sum_k \sum_i \sum_m \sum_p \sum_t (LP_{kimpt} \cdot USPPW_{it}) - \sum_i \sum_m \sum_j \sum_t (CP_{imjt} \cdot X_{imjt}) - \sum_m \sum_j \sum_t (CO_{mjt} \cdot O_{mjt}) \\
& - \sum_m \sum_j \sum_t (UTC_{mjt} \cdot UT_{mjt}) - \sum_k \sum_m \sum_p \sum_t (FTCPW_{kmpt} \cdot Y_{kmpt}) - \sum_k \sum_i \sum_m \sum_p \sum_t (UTCPW_{kmpt} \cdot LP_{kimpt}) \\
& - \sum_k \sum_r \sum_s \sum_m \sum_t (USPSM_{rsmt} \cdot SM_{krsmt}) - \sum_i \sum_m \sum_t (SMN_{im} \cdot MINV_{imt}) + S_2^- - S_2^+ = 25.082.270,29
\end{aligned} \tag{4.4}$$

$$\sum_m \sum_j \sum_t UT_{mjt} + S_5^- - S_5^+ = 0,00 \tag{4.5}$$

$$\begin{aligned}
& \sum_k \sum_i \sum_q \sum_t (USPWR_{ipt} \cdot PQ_{kipqt}) - \sum_k \sum_i \sum_m \sum_t (USPPW_{it} \cdot LP_{kimpt}) \\
& - \sum_k \sum_q \sum_t (FTCWR_{kpqt} \cdot Z_{kpqt}) - \sum_k \sum_i \sum_q \sum_t (UTCWR_{kpqt} \cdot PQ_{kipqt}) \\
& - \sum_i \sum_t (SP_{ip} \cdot PINV_{ipt}) + S_{31}^- - S_{31}^+ = 8.845.606,00
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \sum_k \sum_i \sum_q \sum_t (USPWR_{ipt} \cdot PQ_{kipqt}) - \sum_k \sum_i \sum_m \sum_t (USPPW_{it} \cdot LP_{kimpt}) \\
& - \sum_k \sum_q \sum_t (FTCWR_{kpqt} \cdot Z_{kpqt}) - \sum_k \sum_i \sum_q \sum_t (UTCWR_{kpqt} \cdot PQ_{kipqt}) \\
& - \sum_i \sum_t (SP_{ip} \cdot PINV_{ipt}) + S_{32}^- - S_{32}^+ = 8.894.095,00
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \sum_k \sum_i \sum_q \sum_t (USPWR_{ipt} \cdot PQ_{kipqt}) - \sum_k \sum_i \sum_m \sum_t (USPPW_{it} \cdot LP_{kimpt}) \\
& - \sum_k \sum_q \sum_t (FTCWR_{kpqt} \cdot Z_{kpqt}) - \sum_k \sum_i \sum_q \sum_t (UTCWR_{kpqt} \cdot PQ_{kipqt}) \\
& - \sum_i \sum_t (SP_{ip} \cdot PINV_{ipt}) + S_{33}^- - S_{33}^+ = 11.212.214,00
\end{aligned} \tag{4.6}$$

$$\begin{aligned}
& \sum_i \sum_q \sum_c \sum_t (USPRC_{iqct} \cdot QC_{iqct}) - \sum_k \sum_i \sum_p \sum_t (USPWR_{ipq} \cdot PQ_{kipqt}) - \sum_i \sum_t (SQ_{iq} \cdot QINV_{igt}) \\
& - \sum_i \sum_c \sum_t (CBLG_{iq} \cdot BLG_{iqct}) + S_{41}^- - S_{41}^+ = 13.008.797,00
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \sum_i \sum_q \sum_c \sum_t (USPRC_{iqct} \cdot QC_{iqct}) - \sum_k \sum_i \sum_p \sum_t (USPWR_{ipq} \cdot PQ_{kipqt}) - \sum_i \sum_t (SQ_{iq} \cdot QINV_{igt}) \\
& - \sum_i \sum_c \sum_t (CBLG_{iq} \cdot BLG_{iqct}) + S_{42}^- - S_{42}^+ = 12.734.913,00
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \sum_i \sum_q \sum_c \sum_t (USPRC_{iqct} \cdot QC_{iqct}) - \sum_k \sum_i \sum_p \sum_t (USPWR_{ipq} \cdot PQ_{kipqt}) - \sum_i \sum_t (SQ_{iq} \cdot QINV_{igt}) \\
& - \sum_i \sum_c \sum_t (CBLG_{iq} \cdot BLG_{iqct}) + S_{43}^- - S_{43}^+ = 13.836.884,54
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \sum_i \sum_q \sum_c \sum_t (USPRC_{iqct} \cdot QC_{iqct}) - \sum_k \sum_i \sum_p \sum_t (USPWR_{ipq} \cdot PQ_{kipqt}) - \sum_i \sum_t (SQ_{iq} \cdot QINV_{igt}) \\
& - \sum_i \sum_c \sum_t (CBLG_{iq} \cdot BLG_{iqct}) + S_{44}^- - S_{44}^+ = 11.944.054,00 \\
& \sum_i \sum_q \sum_c \sum_t (USPRC_{iqct} \cdot QC_{iqct}) - \sum_k \sum_i \sum_p \sum_t (USPWR_{ipq} \cdot PQ_{kipqt}) - \sum_i \sum_t (SQ_{iq} \cdot QINV_{igt}) \\
& - \sum_i \sum_c \sum_t (CBLG_{iq} \cdot BLG_{iqct}) + S_{45}^- - S_{45}^+ = 13.596.727,00
\end{aligned}$$

(4.7)

$$\sum_i a_{imjt} \cdot X_{imjt} \leq RP_{mjt} - CAPO_{mjt} \quad \forall m, j, t \quad (3.11)$$

$$X_{imjt} \cdot a_{imjt} \leq (RP_{mjt} \cdot YP_{imjt}) + (CAPO_{mjt} \cdot YP_{imjt}) \quad \forall i, m, j, t \quad (3.12)$$

$$X_{imjt} \geq LPR_{imjt} \cdot YP_{imjt} \quad \forall i, m, j, t \quad (3.13)$$

$$O_{mjt} = \sum_i (X_{imjt} \cdot a_{imjt}) - RP_{mjt} + UT_{mjt} \quad \forall m, j, t \quad (3.14)$$

$$\sum_j X_{imjt} \geq \sum_k \sum_p LP_{kimpt} \quad \forall i, m, t \quad (3.15)$$

$$O_{mjt} - CAPO_{mjt} \leq 0 \quad \forall j, m, t \quad (3.16)$$

$$PINV_{ipt} = PINV_{ipt-1} + \sum_k \sum_m LP_{kimpt} - \sum_k \sum_q PQ_{kipqt} \quad \forall i, p, t \quad (3.17)$$

$$QINV_{igt} = QINV_{igt-1} + \sum_k \sum_p PQ_{kipqt} - \sum_c QC_{iqct} \quad \forall i, q, t \quad (3.18)$$

$$MINV_{imt} = MINV_{imt-1} + X_{imt} - \sum_k \sum_p LP_{kimpt} \quad \forall i, m, t \quad (3.19)$$

$$\sum_i QINV_{igt} \leq TQ_q \quad \forall q, t \quad (3.20)$$

$$\sum_i PINV_{ipt} \leq TP_p \quad \forall p, t \quad (3.21)$$

$$\sum_i MINV_{imt} \leq TM_m \quad \forall m, t \quad (3.22)$$

$$TCLPW_{k-1,mp} Y_{kmpt} \leq \sum_i LP_{kimpt} \leq TCLPW_{kmp} Y_{kmpt} \quad \forall k, m, p, t \quad (3.23)$$

$$TCLWR_{k-1,pq} Z_{kpqt} \leq \sum_i PQ_{kipqt} \leq TCLWR_{kpq} Z_{kpqt} \quad \forall k, p, q, t \quad (3.24)$$

$$TCLSM_{(k-1)sm} SG_{ksmt} \leq \sum_r SM_{krsmt} \leq TCLSM_{ksm} SG_{ksmt} \quad \forall k, s, m, t \quad (3.25)$$

$$\sum_k \sum_s SM_{krsmt} - \sum_i \sum_j (b_{ri} \cdot x_{imjt}) = 0 \quad \forall r, m, t \quad (3.26)$$

$$\sum_k \sum_m SM_{krsmt} \leq ULS_{rst} \cdot \sum_k \sum_m SG_{ksmt} \quad \forall k, r, s, t \quad (3.27)$$

$$BLG_{iqct} = BLG_{iqct-1} + CD_{iqct} - QC_{iqct} \quad \forall i, q, t \quad (3.28)$$

$$QC_{iqct} = CD_{iqct} \quad \forall i, q, c, t \quad (3.29)$$

$$LP_{kimpt}, O_{jmt}, MINV_{lmt}, PINV_{ipt}, QINV_{iqt}, BLG_{iqct}, X_{imt}, PQ_{kipqt}, QC_{iqct}, SM_{krsmt}, UT_{mjt} \geq 0 \quad (3.30)$$

$$Y_{kmpjt} \in \{0,1\} \quad \forall k, m, p, t \quad (3.31)$$

$$YP_{imjt} \in \{0,1\} \quad \forall i, m, j, t \quad (3.32)$$

$$Z_{kpqt} \in \{0,1\} \quad \forall k, p, q, t \quad (3.33)$$

$$SG_{ksmt} \in \{0,1\} \quad \forall k, s, m, t \quad (3.34)$$

Hedef Programlama Yaklaşımına göre amaç fonksiyonu (4.2) ile kâr hedefleri için negatif, boşta kalma zamanını en küçükleme yönelik hedef için pozitif sapmalar en küçükleme çalışılmıştır. Kısıt (4.3) tedarikçilerin kârlarını en büyükleme yönelik hedefini göstermektedir. Kısıt (4.4) üretim tesislerinin kârını en büyükleme yönelik ve kısıt (4.5) boşta kalma zamanını en küçükleme yönelik hedeflerini göstermektedir. Kısıt (4.6) dağıtım merkezlerinin kârını ve kısıt (4.7) perakendecilerin kârını en büyükleme yönelik hedeflerini göstermektedir. Diğer kısıtlar (3.11-3.34) asıl modeldeki kısıtların aynısıdır. HP yaklaşımına göre çözüm sonuçları Çizelge 4.1.'de yer almaktadır.

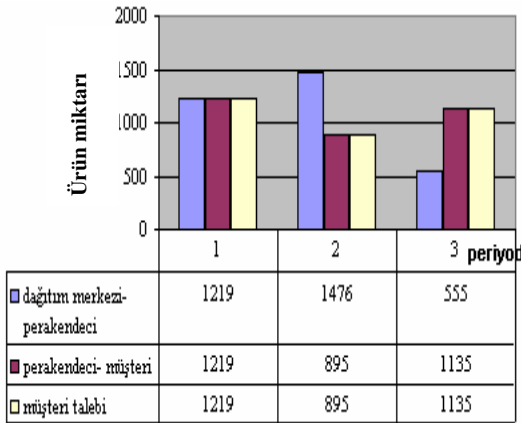
Çizelge 4.1. Hedef programlama yaklaşımına göre çözüm sonuçları

TZ Üyeleri	Tek Amaca Göre Hedef Değerleri (kâr enb)	Hedef Programlama Çözüm Sonuçları				
		Tedarik Zinciri Üyelerinin Kârları	Negatif Sapma Değeri	Stok Maliyetleri	Taşıma Maliyetleri	Karşılayamama Maliyeti
Tedarikçi 1	10.415.883,77	1.308.339,67	9.107.544,11		477.819,75	
Tedarikçi 2	11.357.942,92	537.153,30	10.820.789,62		194.121,06	
Tedarikçi 3	10.495.181,59	2.179.251,36	8.315.930,23		670.149,12	
Üretici	25.082.270,29	10.106.641,58	14.975.628,71		895.861,12	
Dağıtıcı 1	8.845.606,00	4.241.312,18	4.604.293,82	-	566.417,13	
Dağıtıcı 2	8.894.095,00	608.433,43	8.285.661,57	-	89.239,61	
Dağıtıcı 3	11.212.214,00	3.330.521,85	7.881.692,15	-	424.401,19	
Perakendeci 1	13.008.797,00	12.758.339,78	250.457,22	4.817,22		-
Perakendeci 2	12.734.913,00	12.622.219,07	112.693,93	3.333,93		-
Perakendeci 3	13.836.884,54	13.706.555,00	130.329,54	-		-
Perakendeci 4	11.944.054,00	11.642.944,67	301.109,33	2.201,33		-
Perakendeci 5	13.596.727,00	13.391.279,23	205.447,77	4.095,38		-
TOPLAM	151.424.569,12	86.432.991,12	64.991.578,00	14.447,86	3.318.008,98	-
	Tek Amaca Göre Hedef Değerleri (boşta kalma süresi enk)	Boşta Kalma Süresi	Pozitif Sapma Değeri			
Üretici	0,00	780.940,86	780.940,86			

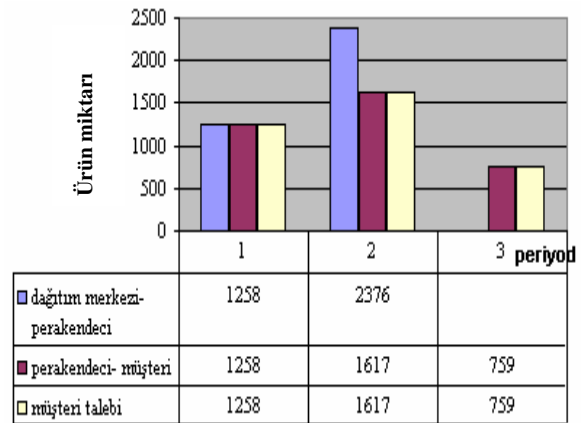
Çizelge 4.1'deki, hedef programlama yaklaşımına göre elde edilen çözüm sonuçlarına göre; üretici, tedarikçi ve dağıtım merkezlerinin ortak çözümde hedef değerlerinden sapmalarının oldukça fazla olduğu görülmüştür. Bu durum hedef değerleri belirlenirken, üretici, dağıtıcı ve tedarikçilerin tedarik zinciri boyunca fazlaca ürün göndermek istemelerinden ve hedef değerlerini kapasitelerine göre belirlemelerinden kaynaklanmaktadır, perakendeciler ise asıl müşteri talebi ile orantılı olarak hedef değerini belirledikleri için hedeflerinden fazla sapma meydana gelmemiştir. Talebin belirgin olduğu bu yapıya göre perakendecilerde genel olarak karşılayamama maliyeti oluşmamıştır. Taşıma maliyetleri kullanılan taşıma türü ve gönderilen ürün miktarıyla orantılı olarak sırasıyla, tedarikçilerde (477.819,75pb; 194.121,06 pb; 670.149,12 pb), üretim tesislerinde (895.861,12pb) ve dağıtım merkezlerinde (566.417,13pb; 89.239,61pb; 424.401,19pb) oluşmuştur.

Merkezi yapıda üretim tesislerinin ve dağıtım merkezlerinin stok tutmadığı, dolayısıyla stok maliyetlerinin oluşmadığı gözlenmiştir. Stok maliyetleri birim stok maliyeti ve adedine bağlı olarak perakendeci 3 hariç diğer perakendecilerde (4.817,22pb; 3.333,93pb; 2.201,33pb; 4.095,38pb) meydana gelmiştir. Üretim tesislerinin, iş merkezleri için boшта kalma süresini en küçükmeye yönelik hedefi 780.940,86dk olarak gerçekleşmiştir. Elde edilen kâr, maliyet ve boшта kalma süresinin değerlerinin yanı sıra, probleme ilişkin karar değişkenlerinin değerleri Ek.3'te verilmiştir.

Merkezi tedarik zinciri yapısında, genel olarak üyeler arasındaki ürün akışını gözlemleyebilmek için, dağıtım merkezleri, perakendeciler ve müşteriler arasındaki ürün gönderimleri bir tek ürün baz alınarak, grafiklerle ifade edilmiştir. Şekil 4.2 ve 4.3'te perakendeci 1 ve perakendeci 2 için gelen ve gönderilen ürün miktarları gösterilmiştir.



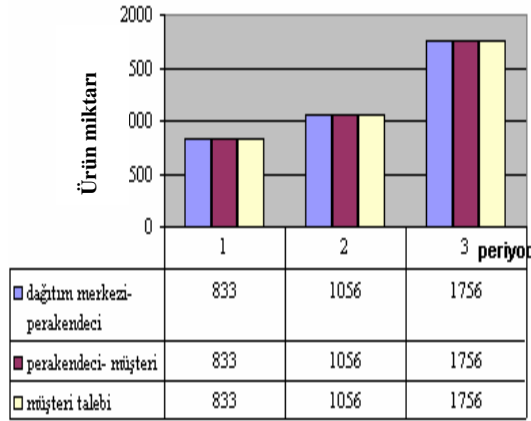
Şekil 4.2. Perakendeci 1 için ürün akışı (merkezi TZ)



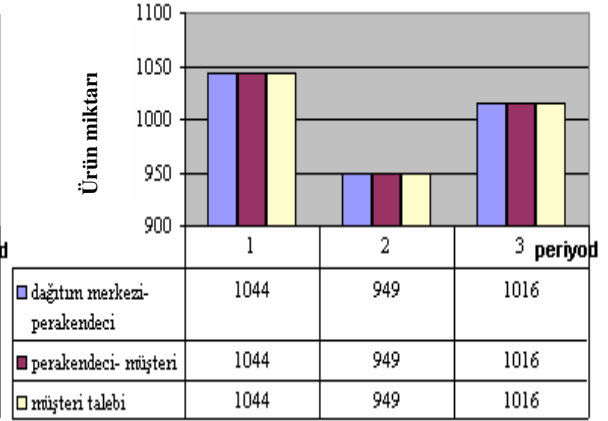
Şekil 4.3. Perakendeci 2 için ürün akışı (merkezi TZ)

Şekil 4.2' de ilk periyotta perakendeci 1 için gelen ve gönderilen ürün miktarları eşit gerçekleşmiştir. 2. periyotta ise dağıtım merkezlerinden gelen ürünlerin bir kısmı 3. periyottaki talebin de karşılanmasını sağlamıştır. Şekil 4.3'te ilk periyotta perakendeci 1'e gelen ve gönderilen ürün miktarları eşit gerçekleşmiştir. 2. periyotta ise dağıtım merkezlerinden gelen ürünlerin bir kısmı 3. periyottaki talebin de

karşılanmasını sağlamıştır ve 3. periyotta perakendecilere ürün gönderimi yapılmamıştır. Genel olarak üyeler arasında talebi karşılayacak şekilde düzgün bir ürün akışı mevcuttur. Şekil 4.4 ve 4.5'te perakendeci 3 ve perakendeci 4 için gelen ve gönderilen ürün miktarları gösterilmiştir.

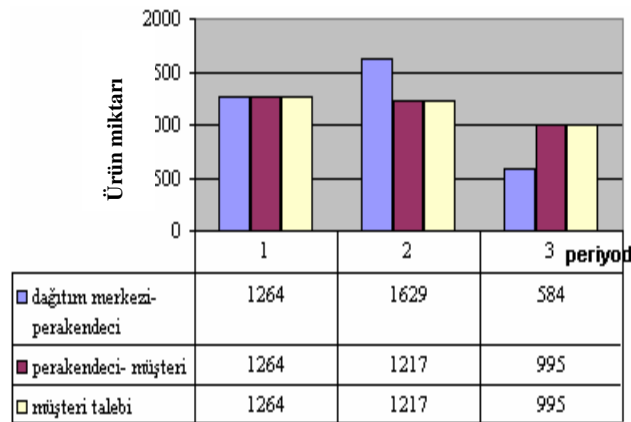


Şekil 4.4. Perakendeci 3 için ürün akışı (merkezi TZ)



Şekil 4.5. Perakendeci 4 için ürün akışı (merkezi TZ)

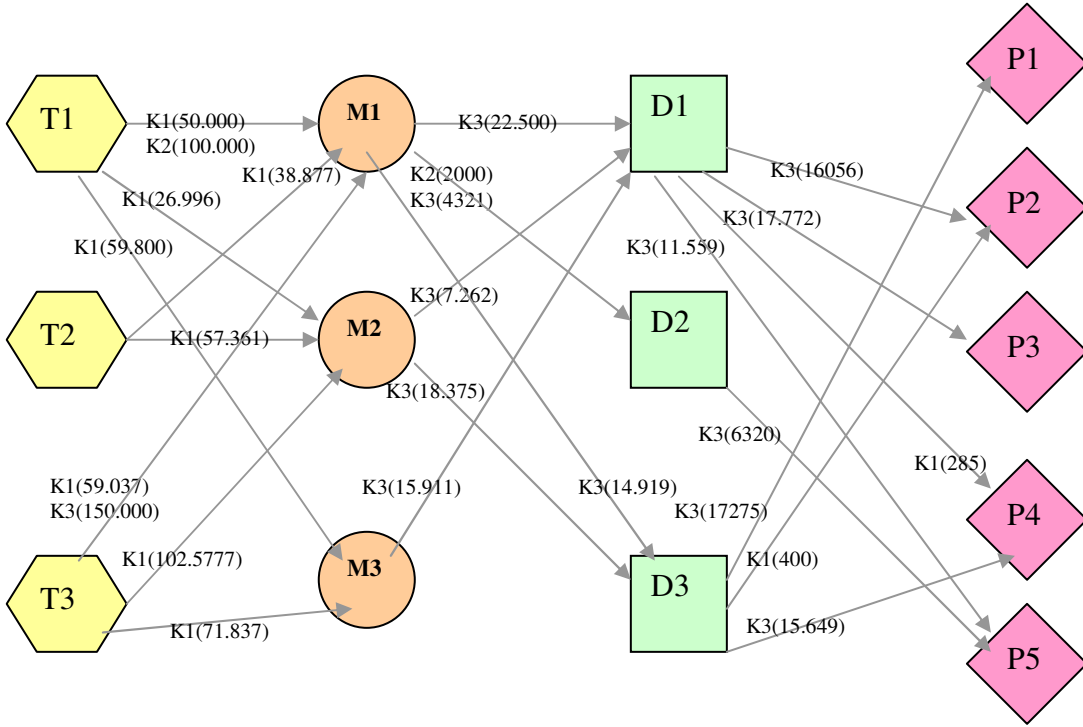
Şekil 4.4 ve Şekil 4.5 'te her periyot için gelen gönderilen ürün miktarı ve müşteri talebi birbirine eşittir. Tam olarak üyeler arasında düzenli bir ürün akışı bulunmaktadır. Şekil 4.6'da perakendeci 5 için gelen ve gönderilen ürün miktarları gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Perakendeci 5 için ürün akışı (merkezi TZ)

Şekilde perakendeci 5 için gelen ve gönderilen ürünlerin, talebi karşılayacak miktarlarda ve düzenli olduğu görülmektedir. 2. periyotta dağıtım merkezlerinden gelen ürünlerin bir kısmı ile 3. periyodun talebi de karşılanmıştır.

Genel olarak perakendecilerin talepleri merkezi yapıda zamanında tedarik edilmiştir. Merkezi yapıda perakendecilere gelen ürünler ve perakendecilerden gönderilen miktarlar, müşteri talebi ile aynı seviyede gerçekleşmiş ve tüm perakendeciler için karşılayamama maliyeti oluşmamıştır. Tedarik zinciri üyeleri arasında kullanılan farklı taşıma türleriyle gönderilen ürün miktarları Şekil 4.7'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Tedarik zinciri üyeleri arasında farklı taşıma türleri ile ürün akışının gösterimi (merkezi TZ)

Şekilde tedarik zinciri üyeleri arasında kullanılan farklı taşıma türleriyle gönderilen ürün miktarları ve tedarik zincirindeki genel ürün akışı gösterilmiştir. Tedarikçiler ve üretim tesisleri arasındaki hammadde akışı, üretim tesislerinde üretilen ürünlerin miktarına bağlı olarak, K1, K2 ve K3 taşıma türleri ile gerçekleştirilmiştir. Üretim tesisleri ve dağıtım merkezleri, arasında yapılan taşımalarda K2 ve K3; dağıtım

merkezleri ve perakendeciler arasında yapılan taşımalarda ise K3 ve K1 taşıma türlerinin tercih edildiği görülmektedir.

Merkezi tedarik zinciri yapısında, istenilen ve gönderilen ürün miktarları birbirine eşittir. Bu sayede tedarik zinciri boyunca düzenli bir ürün akışı sağlanmıştır. Tedarik zinciri üyelerinin çelişen amaçları doğrultusunda en iyi hedef değerleri elde edilmeye çalışılmış ve genel olarak belirlenen hedeflere yakın değerler elde edilmiştir. Bu doğrultuda belirlenen karar değişkenleri ile üyelerin tedarik zinciri boyunca vermesi gereken kararlar tespit edilmiştir. Belirlenen karar değişkenlerinin değerleri Ek.3'te verilmiştir.

4.2. Merkezi Olmayan Tedarik Zinciri Yapısında Bulanık Hedef Programlama Yaklaşımı

Modeli belirtilen yapıya göre incelediğimizde talep bilgisinin eş zamanlı olarak tedarik zinciri üyeleri tarafından görülemediği kabul edilmiştir. Bu durumda her tedarik zinciri üyesi kendi kararları doğrultusunda ürün gönderimi yapacak ve her kademe birbirinden bağımsız olarak kontrol edilecektir. Üyeler arasında bilgi paylaşımı ya da sipariş koordinasyonu bulunmayacaktır. Üretici ve dağıtıcılar, üretim ve gönderim kararlarını, perakendecilerin sipariş bilgisini kullanarak, kendi talep tahminlerine göre gerçekleştirecektir (Yu, et al., 2001).

Merkezi olmayan tedarik zinciri (decentralized supply chain) yapısında da tedarik zinciri üyelerinin her birinin amacını eniyileyecek şekilde uygun üretim-dağıtım politikasının belirlenebilmesi gerekmektedir. Bu nedenle belirsiz parametrelili ve çok amaçlı problemlerin çözümünde kullanılan Bulanık Hedef Programlama (BHP) yaklaşımı problemin çözümü için kullanılmıştır. Bulanık hedef programlama yaklaşımından bahsedilmeden önce bulanık mantık kavramını tanımlamak gerekmektedir.

4.2.1. Bulanık mantık

İnsanoğlu günlük hayatını sürdürürken pek çok sorun ile karşılaşmakta ve geçmişte edindiği bilgi ve deneyimlerden yararlanarak çözümler üretmektedir. Bu sorunların bir kısmı tamamen belirli olmakta ve kolayca tanımlanabildiğinden dolayı çözüm getirilmesi de kolay olmaktadır. Bunun yanı sıra, belirsizlikler içeren veya tam olarak tanımlanamayan sorunların çözümü ise nispeten zor olmakta ve görecelilik arz etmektedir. Bu tür durumlarda karar vericiler hangi şartlarda ve boyutlarda karar verirlerse versinler, bir belirsizlik ortamı içinde bu işlevlerini yerine getirmek zorundadırlar. Ancak karar vericiler karar sürecinde klasik bilimsel yaklaşım ve bu yaklaşımın içerdiği yöntemleri kullanıyorlarsa, sonuçta verilen kararlar, iyi – kötü, güzel – çirkin, doğru – yanlış, evet – hayır, siyah – beyaz ya da 0 – 1 gibi yönlü kararlar olacaktır. Oysa gerçek yaşam mutlak ayırım üzerine kurulu değildir ve karar ortamlarında mutlak siyah ve mutlak beyazın yanında binlerce gri tonunu da mevcuttur (Yaralıoğlu, 2004)

Belirtilen karar ortamlarının değerlendirilmesinde, Lütfi Asker ZADEH (1965) tarafından yayınlanan “Fuzzy Sets” isimli makale belirsizlik kavramının yeniden değerlendirilmesinde bir dönüm noktası teşkil etmektedir. Kesin olmayan sınırlara sahip elemanların oluşturduğu bulanık küme teorisi, olasılık teorisinin temelini oluşturan Aristo mantığına alternatif bir düşünce olarak bilim dünyasında yerini almıştır. Bulanık küme teorisinin üyelikten üye olmamaya dereceli olarak geçişi açıklama yeteneği, gerek sosyal bilimler ve gerekse fen bilimleri alanlarında geniş faydalar sağlamaktadır. Bulanık mantık, belirsizliğin ölçülmesinde çok faydalı olmasının yanı sıra, yaşayan dildeki belirsizlik kavramlarının anlamlı bir şekilde tanımlanmasına imkan vermektedir (Umarusman, 2007). Şekil 4.8’de klasik ve bulanık mantık arasındaki farklılıklar verilmiştir.

Klasik Mantık	Bulanık Mantık
A <u>veya</u> A Değil	A <u>ve</u> A Değil
Kesin	Kısmi
Hepsi veya Hiçbiri	Belirli Derecelerde
0 veya 1	0 ve 1 Arasında Süreklilik
İkili Birimler	Bulanık Birimler

Şekil 4.8. Klasik Mantık-Bulanık Mantık Arasındaki Temel Farklılıklar
(Yaralıoğlu, 2004)

Zadeh' e göre bulanık mantık çoklu değerlidir. Klasik mantığın 0 – 1 önermelerine karşılık bulanık mantık, üç veya daha fazla sayıda önerme oluşturur (Güneş, 1997: Yaralıoğlu'ndan, 2004).

Bulanık mantığın başlıca özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- “doğru”, ”çok doğru”, ”az çok doğru” v.b. gibi sözel olarak ifade edilen (linguistik-dilsel-değişkenli) doğruluk derecelerine sahip olması,
- Geçerliliği kesin değil fakat yaklaşık olan çıkarım kurallarına sahip olması,
- Her kavramın bir derecesi olması,
- Her mantıksal sistemin bulanıklaştırılabilmesi,
- Bulanık mantıkta bilginin, bulanık kısıtlara ait değişkenlerin esnekliği veya denkliliğiyle yorumlanması.

Klasik küme teorisine göre, belirli bir alana ait bütün bireyler iki bakış açısından incelenir. Bunlar, kümeye ait olan elemanlar ve ait olmayan elemanlardır. Kümeye üye ve kümeye üye olmayan elemanlar arasında kesin ve belirsiz olmayan bir ayrım söz konusudur. Bulanık mantık teorisi ise her bir elemana matematiksel olarak üyelik derecesini temsil eden bir değer atayarak kümeyi oluşturmaktadır.

Eğer, $A \subseteq X \in (-\infty, +\infty)$ ' da, söz konusu kümenin bir elemanı ise $\mu_A(x)$ üyelik fonksiyonu $X \rightarrow [0,1]$ aralığında oluşur. Diğer bir deyişle A kümesi $A = [a_1, a_3]$ aralığında ise genel olarak $\mu_A(x)$ üyelik fonksiyonu (4.8) formülüyle gösterilebilir.

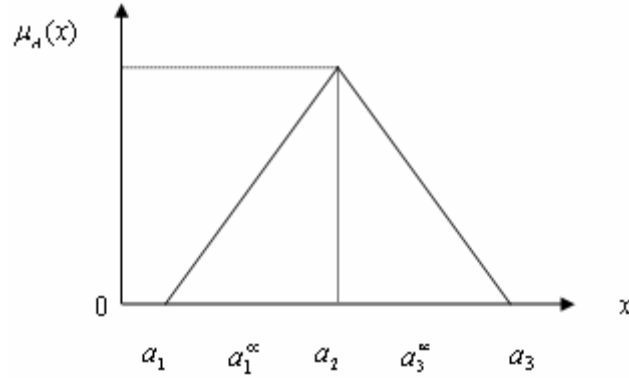
$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ 1, & a_1 \leq x \leq a_3 \\ 0 & x > a_3 \end{cases} \quad (4.8)$$

Üyelik fonksiyonları içerisinde en çok kullanılanlardan bir tanesi üçgensel üyelik fonksiyonudur.

$\mu_A(x)$ üçgensel üyelik fonksiyonu, (4.9) formülünde tanımlanmıştır (Triantaphyllou, 2000: Yaralıoğlu'ndan, 2004).

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x > a_3 \end{cases} \quad (4.9)$$

(4.9) formülüne göre küme, $A = (a_1, a_2, a_3)$ olmalıdır. Burada a_2 normal değerli üyelik olarak tanımlanabilir. Bulanık mantık bu noktada bir α katsayısına bağlı olarak a_2 ' ye yakın değerlerin, bu değere yüklenen anlam ile temsil edileceğini varsaymaktadır. Diğer bir deyişle a_2 ' deki belirsizlik, varsayılacak ya da dağılıma göre bulunabilecek bir α katsayısı ile tolere edilebilir. Söz konusu komşuluk Şekil 4.9' da gösterilmiştir (Lootsma, 1997: Yaralıoğlu'ndan, 2004).



Şekil 4.9. α katsayısına bağlı olarak sınır değerlerinin gösterimi

α değeri bulanık mantık terminolojisinde kesim katsayısı olarak adlandırılır. a_1^α ve a_3^α sayıları ise a_2 normal değerinin komşuluğunu oluşturan aralığın alt ve üst sınır değerleridir. Diğer bir deyişle a_1^α ve a_3^α aralığındaki tüm sayılar a_2 normal değeri ile aynı anlama sahiptir. a_1^α ve a_3^α değerleri (4.10) ve (4.11) formülleri yardımıyla bulunabilir (Terano, 1997; Yaralıoğlu'ndan, 2004).

$$\frac{a_1^\alpha - a_1}{a_2 - a_1} = \alpha \quad (4.10)$$

$$\frac{a_3 - a_3^\alpha}{a_3 - a_2} = \alpha \quad (4.11)$$

(4.10) ve (4.11) formüllerinden $\forall \alpha \in [0,1]$ için $A_\alpha = [a_1^\alpha, a_3^\alpha]$ aralığı oluşturulabilir. a_1^α ve a_3^α değerleri (4.12) ve (4.13) formüllerinde gösterilmiştir.

$$a_1^\alpha = \alpha(a_2 - a_1) + a_1 \quad (4.12)$$

$$a_3^\alpha = a_3 - (a_3 - a_2)\alpha \quad (4.13)$$

A ve B gibi iki bulanık kümenin üyelik fonksiyonları $\mu_A(x)$ ve $\mu_B(x)$ 'ye göre kesişimi, bulanık C kümesi ve $\mu_C(x)$ üyelik fonksiyonu ile ifade edilir (4.14).

$$\mu_C(x) = \mu_A(x) \cap \mu_B(x) = \text{enb}[\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad x \in X \quad (4.14)$$

A ve B gibi iki bulanık kümenin üyelik fonksiyonları $\mu_A(x)$ ve $\mu_B(x)$ 'ye göre birleşimi C kümesi ve $\mu_C(x)$ üyelik fonksiyonu ile ifade edilir (4.15).

$$\mu_C(x) = \mu_A(x) \cup \mu_B(x) = \text{enk}[\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad x \in X \quad (4.15)$$

Üyelik fonksiyonu değerlerine ilişkin işlemlerin yanı sıra bulanık mantık kavramı içinde bulanık matematiksel programlama ve bulanık hedef programlama yaklaşımları ele alınması gereken konulardandır.

4.2.2. Bulanık hedef programlama

Bellman ve Zadeh, 1970 yılında klasik karar verme modellerini incelemek sureti ile bulanık ortamda karar verebilmek için bir model geliştirmişlerdir. Belirsizlik altındaki bir karar verme durumunda, amaç fonksiyonu ve kısıtlar belirsiz veya bulanıktır. Bu bulanıklık, amaç fonksiyonu ve kısıtların üyelik fonksiyonu yardımı ile karakterize edilebilir. Bulanık ortamda amaç fonksiyonu ve kısıtların değerlendirilmesi klasik optimizasyon yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilir (Zimmermann, 1987: Umarusman'dan, 2007).

Geleneksel yaklaşımlarda karar verme sürecinin ana bileşenleri aşağıdaki gibi oluşturulur (Bellman ve Zadeh, 1970: Umarusman'dan, 2007).

- Alternatiflerin kümesinin belirlenmesi,
- Farklı alternatifler arasında yapılacak olan seçim için kısıtların tanımlanması,

- Alternatifler arasında yapılacak bir tercihten her bir alternatifin kazancı (veya kaybı) ile ilgili bir amaç fonksiyonunun tanımlanması

şeklinde açıklanır. Bir bulanık ortamda karar vermenin en geniş bakış açısından karar verme süreci incelendiğinde, farklı ve belki de bulanık kararın önerdiği çok doğal kavramsal bir yapı meydana gelmektedir. Bu yapının en önemli özelliği kısıtlara ve hedeflere göre bulanık kararın “simetri” kavramıdır. Bulanık karar vermede simetri kavramı, bulanık hedefler ve bulanık kısıtlar arasında hiçbir farkın olmaması olarak açıklanır.

Bulanık hedefler ve bulanık kısıtlar üyelik fonksiyonları kullanılarak nitelendirilirler. Bulanık küme teorisinde “logical and” kavramının karşılığı klasik kümede kesişimdir. Bulanık ortamda karar verme, bulanık hedeflerin ve bulanık kısıtların kesişimi olarak açıklanır (Bellman ve Zadeh, 1970). Öncelikle konuyla ilgili belirli kavramlar açıklanacaktır.

Bulanık Hedef : Bulanık bir hedef, evrensel kümenin bir alt kümesi olan \tilde{G} bulanık kümesi veya $\mu_G(x)$ üyelik fonksiyonu ile ifade edilebilir. $\mu_G(x)$ üyelik fonksiyonu, $\mu_G(x) \in [0,1]$ koşulu ile belirli bir x vektörünün bulanık hedefe olan üyelik derecesini gösterir. $\mu_G(x) = 1$ iken ilgili hedefe tamamen ulaşıldığı, $\mu_G(x) = 0$ iken ilgili hedefe ulaşılmadığı ve $0 < \mu_G(x) < 1$ iken ilgili hedefe kısmen ulaşıldığı düşünülür.

Bulanık Kısıt : Bulanık amaçların yanı sıra, olayları niteleyen kısıtların parametre değerleri ve/veya sağ taraf sabitleri bulanık olabilir. Ayrıca, kısıtlarda yer alan \leq , $=$ ve \geq ilişkilerinde bazı toleranslara izin verilebilir. Dolayısıyla, bulanık ortamdaki olaylar bileşeni *bulanık kısıtlar* olarak ele alınabilir. Bulanık kısıtlar, evrensel kümede yer alan \tilde{C} bulanık kümesi veya $\mu_C(x)$ üyelik fonksiyonu ile ifade edilebilir. Bulanık kısıt kümesinin üyelik fonksiyonu, $\mu_C(x) \in [0,1]$ koşulu ile belirli bir x vektörünün bulanık kısıta olan üyelik derecesini gösterir. Burada, ilgili kısıtın

tamamen doyurulduğu durum $\mu_C(x)=1$ ile, ilgili kısıtın tamamen doyurulmadığı durum $\mu_C(x)=1$ ile, ve ilgili kısıtın kısmen doyurulduğu durum ise $0 < \mu_C(x) < 1$ ile ifade edilir (Özkan, 2003)

Bulanık Karar: Bulanık hedefler ve/veya bulanık kısıtlarla verilen bir kararın bulanık olması kaçınılmazdır. Bellman ve Zadeh'e göre bulanık bir karar, verilen hedefler ve kısıtların uzlaştırılmasından belirlenen bulanık bir küme olarak tanımlanır (Yager ve diğerleri, 1987: Özkan'dan, 2003). Bulanık hedef ve bulanık kısıtların bir alt kümesi olan bulanık karar kümesi, \tilde{D} kümesi veya $\mu_D(x)$ üyelik fonksiyonu ile ifade edilebilir. Bulanık karar kümesi, bulanık kısıt doyumunun ve bulanık hedef başarımının eş zamanlı olarak karşılanma derecesini gösterir. Bulanık karar kümesi, genellikle \tilde{G} hedefine ulaşmak ve \tilde{C} kısıtını doyumak" şeklinde ifade edilen bir kurala göre belirlenir (Kacprzycz ve Orlovski, 1987: Özkan'dan, 2003). Bu kural, bulanık karar kümesinin, hedef ve kısıtların bir kesişim kümesi olarak tanımlanmasını gerektirir. Dolayısıyla, bulanık karar kümesi matematiksel olarak $\tilde{D} = \tilde{G} \cap \tilde{C}$ şeklinde ifade edilebilir. Burada, kesişim kümesi genellikle minimum işlemcisi ile belirlenir. n adet bulanık hedef ve m adet bulanık kısıt olduğunda, bulanık karar kümesi (4.16) gibi tanımlanır (Zimmermann, 1991: Özkan'dan, 2003)

$$\mu_D(x) = \min \left[\mu_{\tilde{G}_i}(x), \mu_{\tilde{C}_j}(x) \right]; \quad \forall x \in U; i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m \quad (4.16)$$

Karar vericiler, bulanık karar kümesinin bulanıklıktan arındırılmasını veya $\mu_D(x)$ kümesinden geleneksel bir kararın verilmesini isteyebilirler. Böyle bir durum, bulanık karar kümesinin en yüksek üyelik dereceli elemanının belirlenmesi anlamına gelir. Bu ise, Bellman ve Zadeh'e göre matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilir (Yager ve diğerleri, 1987: Özkan'dan, 2003). Burada x^M , eniyileme yönündeki bir kararı ifade eder (4.17).

$$\mu_{\bar{D}}(x^M) = \max_{x \in U} \mu_{\bar{D}}(x) = \max_{x \in U} \left\{ \min \left[\mu_{\bar{G}_i}(x), \mu_{\bar{C}_j}(x) \right] \right\} \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m \quad (4.17)$$

Bulanık hedef programlama içerisinde birçok yaklaşım yer almaktadır. Bu yaklaşımlardan en eski ve en çok kullanılanlardan biri Zimmerman yaklaşımı olarak isimlendirilmiştir.

Zimmerman yaklaşımı

Çok amaçlı problemlerin çözümü için birçok yöntem geliştirilmiştir. Fakat bu yöntemlerin çoğu belirsiz dilsel ifadeleri ifade edememektedir. 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 (1978) kullanılarak, bulanık hedeflere ve bulanık kısıtlara sahip çok amaçlı programlama modelleri bulanık olmayan (crisp) doğrusal programlama formuna dönüştürülebilmektedir.

Zimmerman (1978), bulanık doğrusal programlama problemlerinin çözümünde Belman ve Zadeh (1970) yaklaşımını kullanmıştır. Bu yaklaşımın belirgin özelliği, kısıtların ve hedeflerin aynı ortamda incelenmesidir. Bu yaklaşımda, karar verici amaç fonksiyonlarının arzu edilen değerini başlangıçta belirler. (4.18) modelinin başlangıçta verilen amaç fonksiyonu değeri b_0 ve p_0 tolerans miktarı, bulanık kısıt için tolerans değeri p_i olmak üzere aşağıda verilen dönüşüm gerçekleştirilir.

$$\overset{\approx}{\text{Mak}} \quad cx \quad \Rightarrow \quad cx \geq b_0 + p_0 \quad (4.18)$$

Kısıtlar,

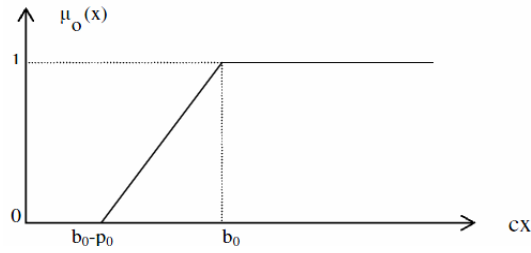
$$\underset{\approx}{(Ax)_i} \leq b_i \quad \Rightarrow \quad (Ax)_i \leq b_i + p_i$$

Bulanık küme teorisinde, bulanık amaç ve bulanık kısıtlar için tanımlanan üyelik fonksiyonları kullanılarak bulanık model gerçekleştirilir. Bulanık amaç fonksiyonu için

tolerans miktarına göre doğrusal üyelik fonksiyonu (4.19)'daki gibi tanımlanır.

$$\mu_0(x) = \begin{cases} 1, & cx > b_0 \\ 1 - \frac{b_0 - cx}{p_0}, & b_0 - p_0 \leq cx \leq b_0 \\ 0, & cx < b_0 - p_0 \end{cases} \quad (4.19)$$

Amaç fonksiyonu için tanımlanan bulanık üyelik fonksiyonu Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Burada amaç fonksiyonu $b_0 - p_0$ noktasından itibaren üyelik fonksiyonu 1'e kadar artan değerler almakta, b_0 noktasına geldiğinde ve bu noktadan sonra üyelik fonksiyon değeri hep 1 olmaktadır.

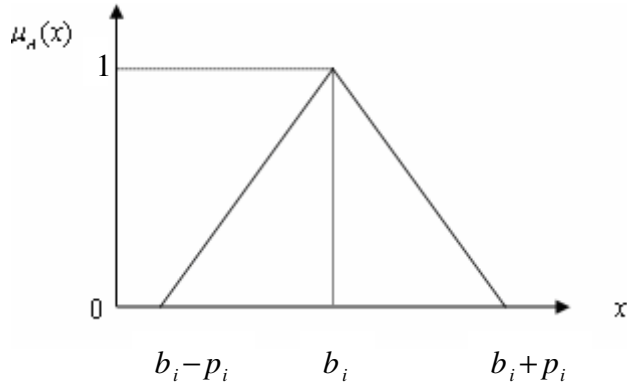


Şekil 4.10. Amaç fonksiyonu için bulanık üyelik fonksiyonu gösterimi

Bulanık amaç fonksiyonuna ait üyelik fonksiyonu artan sürekli doğrusal fonksiyondur. Bulanık kısıt için tolerans miktarına göre doğrusal üyelik fonksiyonu (4.20)'deki gibi tanımlanır.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & (Ax)_i < b_i - p_i \\ \frac{(Ax)_i - (b_i - p_i)}{p_i}, & b_i - p_i \leq (Ax)_i \leq b_i \\ \frac{(b_i + p_i) - (Ax)_i}{p_i}, & b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + p_i \\ 0, & (Ax)_i > b_i + p_i \end{cases} \quad (4.20)$$

Bulanık kısıt için tanımlanan üyelik fonksiyonu Şekil 4.11.'de gösterilmiştir. Şekilde, “ b_i ” üyelik fonksiyonu 1 olan değer ve diğerleri de “ p_i ” uzaklığındaki değerleri göstermektedir. Bu değerler b_i 'ye yaklaştıkça üyelik fonksiyonları da 1'e yaklaşmaktadır.



Şekil 4.11. Kısıtlara ilişkin üyelik fonksiyonu gösterimi

Bellman ve Zadeh'in “max-min” işlemcisine göre (4.18) modeli için eniyi çözüm, (4.21)'de verilmiştir.

$$\mu_{\bar{D}}(x^M) = \max_{x \in U} \mu_{\bar{D}}(x) = \max_{x \in U} \left\{ \min \left[\mu_{\bar{G}_i}(x), \mu_{\bar{C}_j}(x) \right] \right\} \quad (4.21)$$

Burada $\mu_{\bar{D}}$ karar uzayı D'nin üyelik fonksiyonudur. Eğer $\lambda = \mu_{\bar{D}}$ olarak alınırsa (4.18) modeli bulanık karar tanımından aşağıdaki gibi tekrar düzenlenir.

Enb λ

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

k.a.

$$(Ax)_i \leq b_i + (1 - \lambda)p_i \quad (4.22)$$

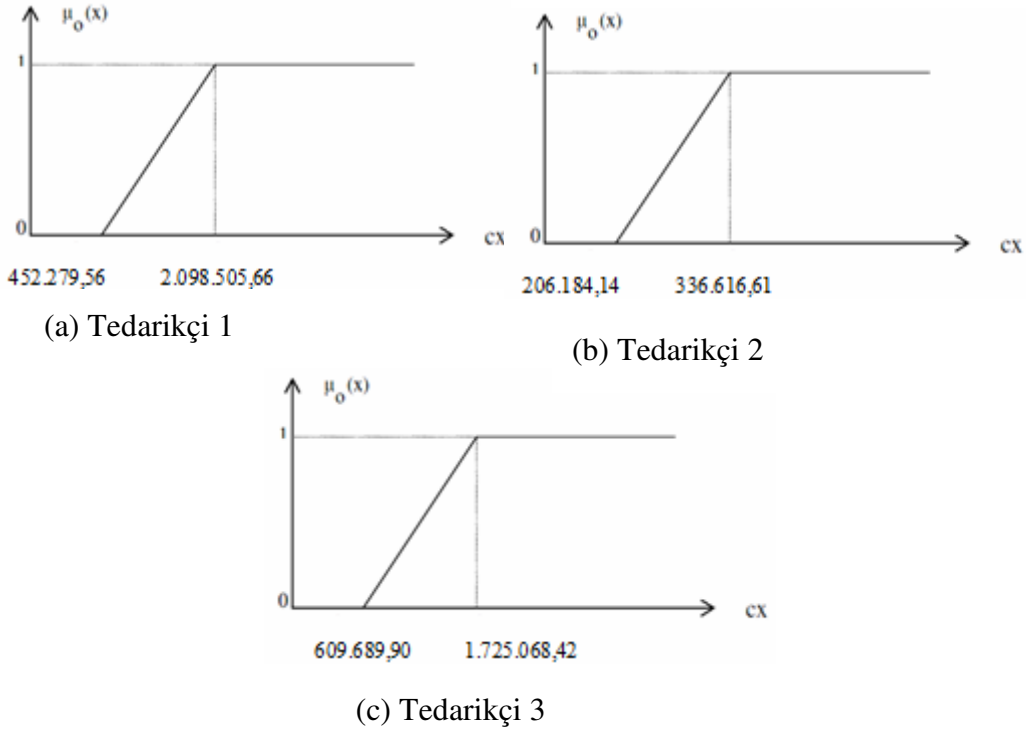
$$x \geq 0 \quad \text{ve} \quad \lambda \in [0,1]$$

Bulanık model (4.22), klasik doğrusal programlama modelidir. Buradan λ üyelik derecesine göre bir tek eniyi çözüm elde edilir.

4.2.3. Modelin bulanık hedef programlama yaklaşımıyla çözümü

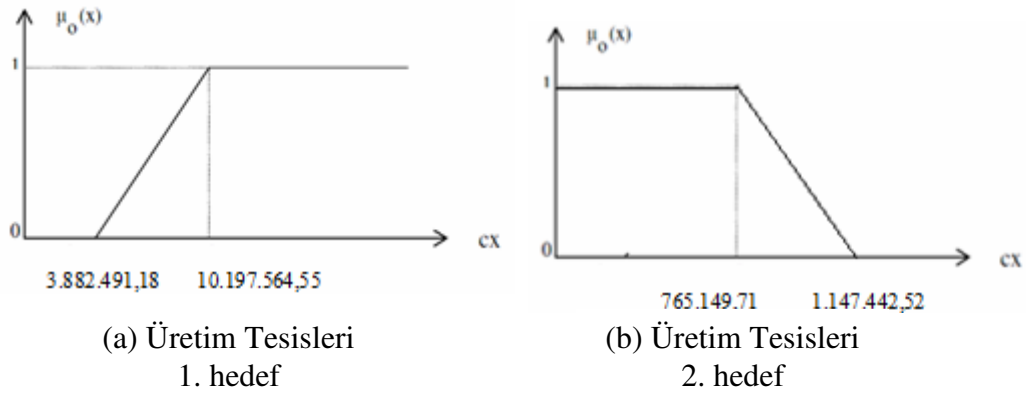
Çok amaçlı modelin çözümü ile ilgili olarak, merkezi olmayan tedarik zinciri yapısında Zimmerman yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yaklaşımın kullanımındaki temel neden merkezi olmayan bir tedarik zinciri yapısında, talep bilgisinin ve dolayısı ile perakendecilere gönderilecek ürün miktarlarının (bulanık kısıt) belirgin olmayışı ve bu nedenle her tedarik zinciri üyesinin kesin olmayan hedeflere (bulanık amaç fonksiyonları) sahip olmasındandır. Zimmerman yaklaşımı, kesin olmayan amaç fonksiyonlarını ve kısıtları bütünleştirerek çok amaçlı problemlerin çözümüne imkân sağlamaktadır.

Çalışmada kullanılan bulanık hedef programlama yaklaşımına göre her üyenin amacı ve perakendecilere gönderim kısıtı belirsiz olarak kabul edilmiştir. Tüm bulanık amaçlar ve bulanık kısıt λ değeri ile birleştirilmiş ve λ 'yı en büyüleyecek şekilde, yeni bir amaç fonksiyonu oluşturulmuştur. Hedefler için alt sınır ve üst sınır değerlerinin oluşturulabilmesi için model çok amaçlı olarak talebin en az ve en yüksek olabileceği durumlara göre ağırlıklı toplam yöntemiyle, tüm üyelere eşit ağırlıklar verilerek çözülmüştür. Amaç fonksiyonunda yer alan her bir amacın değeri, bulanık amaçlar için sınır değerleri olarak kabul edilmiştir. Gönderim kısıtındaki belirsizliğin üyelik fonksiyonu ile ifade edilebilmesi için en küçük, en olası ve en büyük olan talep değerleri, merkezi yapıda kullanılan müşteri talebi veri tablosu dikkate alınarak belirlenmiştir. Şekil 4.12'de tedarikçilerin amaçlarına ilişkin üyelik fonksiyonu grafikleri yer almaktadır.



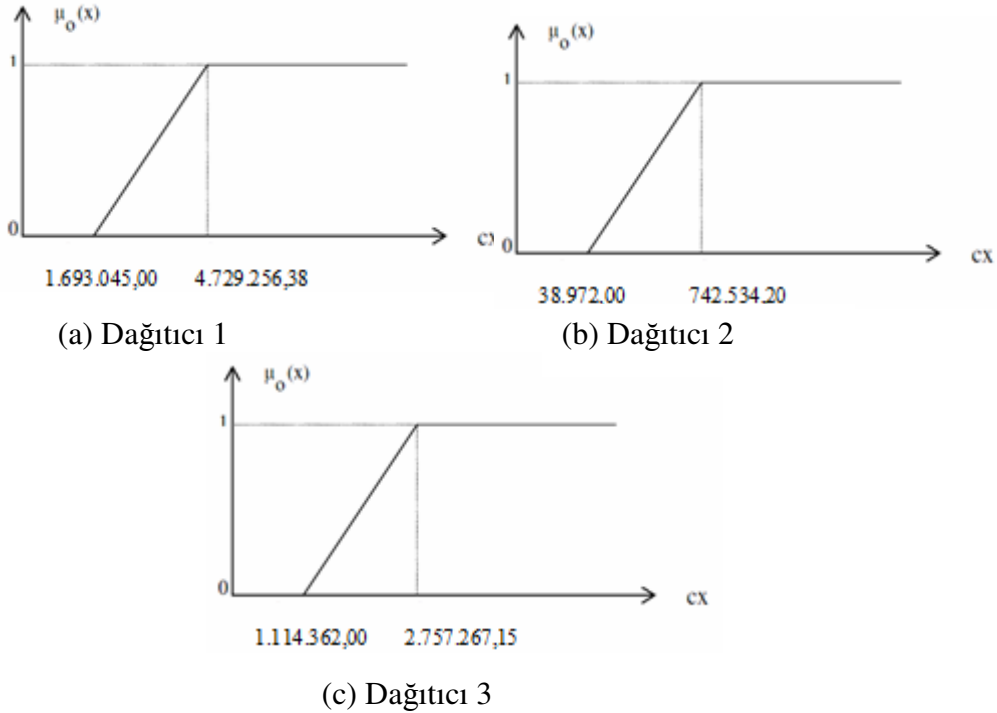
Şekil 4.12. Tedarikçilerin amaçları için üyelik fonksiyonları gösterimi

Şekilde tedarikçilerin amaçları için kârın en küçük değeri alt sınır olarak belirlenmiş ve kâr amacının bu değer altına düşmemesi istenmiştir. Kârın istenen üst sınırdaki ve bu değer üzerinde olduğu her noktada üyelik fonksiyonu "1" değerini alacaktır. Alt ve üst sınır arasında bir değer alması halinde ise üyelik fonksiyonu değeri $[0,1]$ aralığında değişecektir. Şekil 4.13'te üretim tesislerinin amaçlarına ilişkin üyelik fonksiyonu grafikleri yer almaktadır.



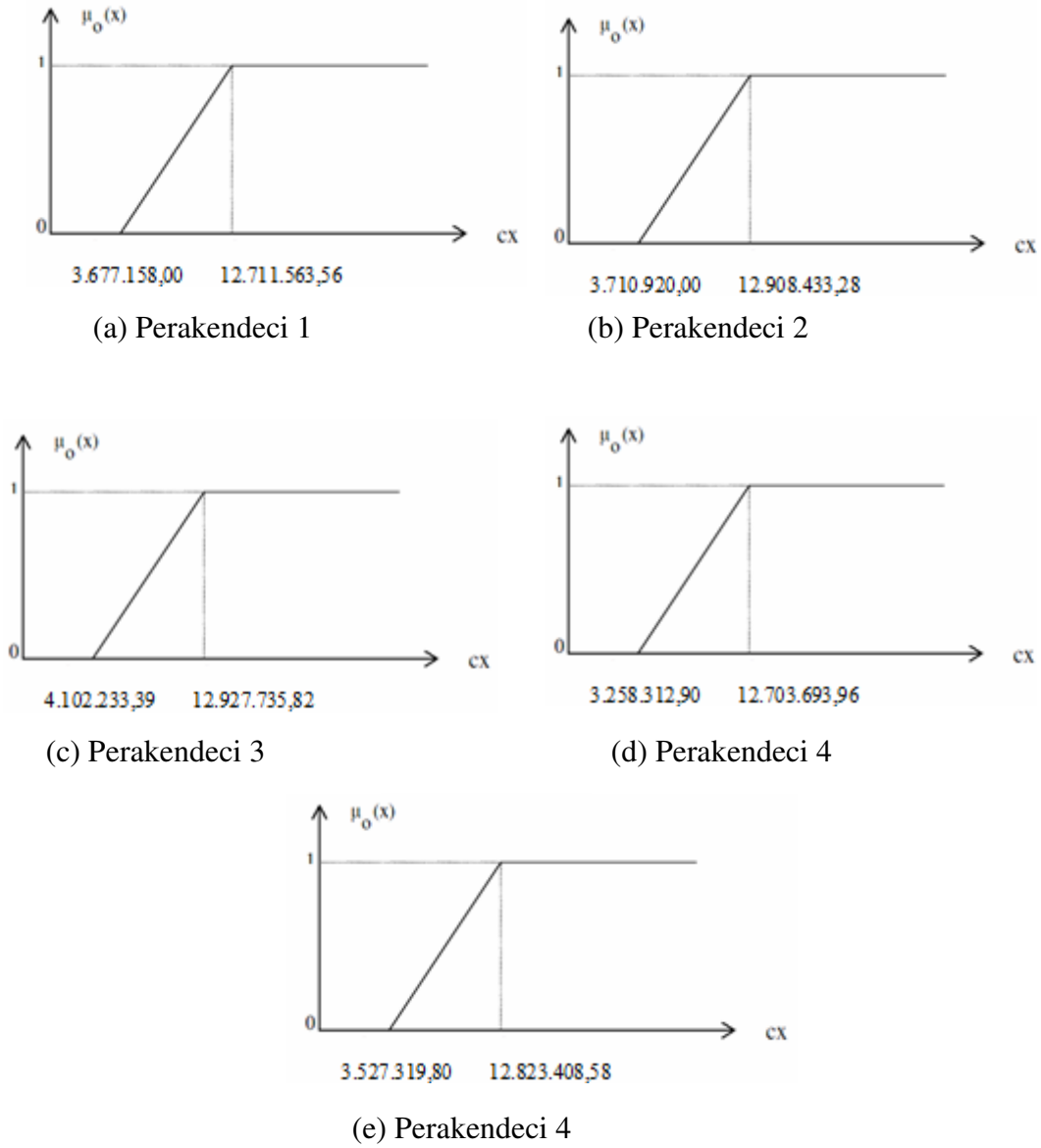
Şekil 4.13. Üretim tesislerinin amaçları için üyelik fonksiyonları gösterimi

Şekilde üretim tesislerinin birinci amacı için kârın en küçük değeri alt sınır olarak belirlenmiş ve kâr amacının bu değerin altına düşmemesi istenmiştir. Kârın istenen üst sınırdan ve bu değerin üzerinde olduğu her noktada üyelik fonksiyonu “1” değerini alacaktır. Alt ve üst sınır arasında bir değer alması halinde ise üyelik fonksiyonu değeri $[0,1]$ aralığında değişecektir. Üretim tesislerinin ikinci amacında ise boşta kalma süresinin üst sınır değerinden daha az olması istenmektedir, belirlenen alt sınırdan veya bu sınırın altında olduğu takdirde üyelik fonksiyonu değeri “1” olacaktır. Şekil 4.14’te dağıtım merkezlerinin amaçlarına ilişkin üyelik fonksiyonu grafikleri yer almaktadır.



Şekil 4.14. Dağıtım merkezlerinin amaçları için üyelik fonksiyonları gösterimi

Şekilde dağıtım merkezlerinin amaçları için kârın en küçük değeri alt sınır olarak belirlenmiş ve kâr amacının bu değerin altına düşmemesi istenmiştir. Kârın istenen üst sınırdan ve bu değerin üzerinde olduğu her noktada üyelik fonksiyonu “1” değerini alacaktır. Alt ve üst sınır arasında bir değer alması halinde ise üyelik fonksiyonu değeri $[0,1]$ aralığında değişecektir. Şekil 4.15’te perakendecilerin amaçlarına ilişkin üyelik fonksiyonu grafikleri yer almaktadır.

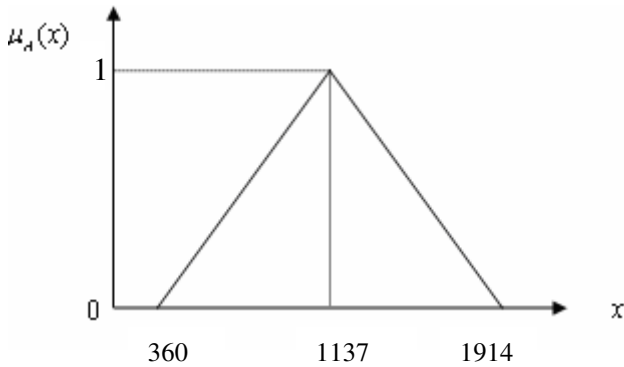


Şekil 4.15. Perakendecilerin amaçları için üyelik fonksiyonları gösterimi

Şekilde tedarikçilerin amaçları için kârın en küçük değeri alt sınır olarak belirlenmiş ve kâr amacının bu değer altına düşmemesi istenmiştir. Kârın istenen üst sınırdaki ve bu değer üzerinde olduğu her noktada üyelik fonksiyonu "1" değerini alacaktır. Alt ve üst sınır arasında bir değer alması halinde ise üyelik fonksiyonu değeri $[0,1]$ aralığında değişecektir.

Genel olarak amaç fonksiyonlarının alt sınırından üst sınıra doğru arttıkça üyelik fonksiyonunun 1'e yaklaştığı, üst sınıra yani belirli bir değere ulaştıktan sonra ise hep 1 olarak kabul edildiği görülmektedir. Üyelerin kârlarını en büyükmeye yönelik olan amaçları, şekillerde gösterilen üyelik fonksiyonları ile tariflenebilir. Çünkü kâr amacının üstten sınırlandırılması mümkün değildir ve belirli bir değer (alt sınır) altına inmemesi istenir, belirli bir değere (üst sınır) ulaşması ve sonrasında da devamlı artması beklenir.

Gönderim kısıtının ise üyelik fonksiyonu ile gösteriminde, talebin olası değeri üyelik fonksiyonunun 1 olduğu nokta olarak kabul edilebilir. Diğer en küçük ve en büyük olan talep değerleri ve bu değerler ile olası değer arasında kalan değerlerde, olası talebe yaklaştıkça üyelik fonksiyonu değeri de 1'e yaklaşır. Şekil 4.16'da bulanık kısıta ilişkin üyelik fonksiyonu gösterimine yer verilmiştir.



Şekil 4.16. Dönemsel talep için üyelik fonksiyonu gösterimi

Şekilde, her bir perakendeciye her periyotta gönderilecek ürün miktarının olası değeri 1137, en küçük değeri 360 ve en büyük değeri 1914 olarak alınmıştır. Gönderim 1137'ye yaklaştıkça üyelik fonksiyonu da 1'e yaklaşmaktadır.

Belirlenen üyelik fonksiyonlarına göre talep bilgisinin belirsiz olduğu merkezi olmayan tedarik zinciri yapısı için Zimmerman yaklaşımına göre doğrusal bir model oluşturulmuştur. Modeldeki amaç fonksiyonu, bulanık amaçların ve kısıtın tatmin düzeyini (λ) en büyükleyecek şekilde düzenlenmiştir.

$$Enb\lambda \quad (4.23)$$

k.a.

$$\begin{aligned} & ((1-\lambda)*1.646.226,10) + \sum_k \sum_r \sum_s \sum_m (USPSM_{rsmt} \cdot SM_{krsmt}) - \sum_k \sum_s \sum_m \sum_t (FTCSM \cdot SG_{ksmt}) \\ & - \sum_k \sum_r \sum_s \sum_m \sum_t (UTCSM_{ksmt} \cdot SM_{krsmt}) - \sum_r \sum_s \sum_t (CS_{rs} \cdot SM_{krsmt}) \geq 2.098.505,66 \\ & ((1-\lambda)*130.432,47) + \sum_k \sum_r \sum_s \sum_m (USPSM_{rsmt} \cdot SM_{krsmt}) - \sum_k \sum_s \sum_m \sum_t (FTCSM \cdot SG_{ksmt}) \\ & - \sum_k \sum_r \sum_s \sum_m \sum_t (UTCSM_{ksmt} \cdot SM_{krsmt}) - \sum_r \sum_s \sum_t (CS_{rs} \cdot SM_{krsmt}) \geq 336.616,61 \\ & ((1-\lambda)*1.115.378,52) + \sum_k \sum_r \sum_s \sum_m (USPSM_{rsmt} \cdot SM_{krsmt}) - \sum_k \sum_s \sum_m \sum_t (FTCSM \cdot SG_{ksmt}) \\ & - \sum_k \sum_r \sum_s \sum_m \sum_t (UTCSM_{ksmt} \cdot SM_{krsmt}) - \sum_r \sum_s \sum_t (CS_{rs} \cdot SM_{krsmt}) \geq 1.725.068,42 \end{aligned} \quad (4.24)$$

$$\begin{aligned} & ((1-\lambda)*6.315.073,37) + \sum_k \sum_i \sum_m \sum_p \sum_t (LP_{kimpt} \cdot USPPW_{it}) - \sum_i \sum_m \sum_j \sum_t (CP_{imjt} \cdot X_{imjt}) - \sum_m \sum_j \sum_t (CO_{mjt} \cdot O_{mjt}) \\ & - \sum_m \sum_j \sum_t (UTC_{mjt} \cdot UT_{mjt}) - \sum_k \sum_m \sum_p \sum_t (FTCPW_{kmpt} \cdot Y_{kmpt}) - \sum_k \sum_i \sum_m \sum_p \sum_t (UTCPW_{kmpt} \cdot LP_{kimpt}) \\ & - \sum_k \sum_r \sum_s \sum_m \sum_t (USPSM_{rsmt} \cdot SM_{krsmt}) - \sum_i \sum_m \sum_t (SMN_{imt} \cdot MINV_{imt}) \geq 10.197.564,55 \end{aligned} \quad (4.25)$$

$$-(382.292,81*(1-\lambda)) + \sum_m \sum_j \sum_t UT_{mjt} \leq 765.149,71 \quad (4.26)$$

$$\begin{aligned} & ((1-\lambda)*3.036.211,38) + \sum_k \sum_i \sum_q \sum_t (USPWR_{ipt} \cdot PQ_{kipqt}) - \sum_k \sum_i \sum_m \sum_t (USPPW_{it} \cdot LP_{kimpt}) \\ & - \sum_k \sum_q \sum_t (FTCWR_{kpqt} \cdot Z_{kpqt}) - \sum_k \sum_i \sum_q \sum_t (UTCWR_{kpqt} \cdot PQ_{kipqt}) \\ & - \sum_i \sum_t (SP_{ip} \cdot PINV_{ipt}) \geq 4.729.256,38 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & ((1-\lambda)*703.562,20) + \sum_k \sum_i \sum_q \sum_t (USPWR_{ipt} \cdot PQ_{kipqt}) - \sum_k \sum_i \sum_m \sum_t (USPPW_{it} \cdot LP_{kimpt}) \\ & - \sum_k \sum_q \sum_t (FTCWR_{kpqt} \cdot Z_{kpqt}) - \sum_k \sum_i \sum_q \sum_t (UTCWR_{kpqt} \cdot PQ_{kipqt}) \\ & - \sum_i \sum_t (SP_{ip} \cdot PINV_{ipt}) \geq 742.534,20 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& ((1-\lambda)*1.642.905,15) + \sum_k \sum_i \sum_q \sum_t (USPWR_{ipt} \cdot PQ_{kipqt}) - \sum_k \sum_i \sum_m \sum_t (USPPW_{it} \cdot LP_{kimpt}) \\
& - \sum_k \sum_q \sum_t (FTCWR_{kpqt} \cdot Z_{kpqt}) - \sum_k \sum_i \sum_q \sum_t (UTCWR_{kpqt} \cdot PQ_{kipqt}) \\
& - \sum_i \sum_t (SP_{ip} \cdot PINV_{ipt}) \geq 2.757.267,15
\end{aligned} \tag{4.27}$$

$$\begin{aligned}
& ((1-\lambda)*9.034.405,56) + \sum_i \sum_q \sum_c \sum_t (USPRC_{iqct} \cdot QC_{iqct}) - \sum_k \sum_i \sum_p \sum_t (USPWR_{ipq} \cdot PQ_{kipqt}) \\
& - \sum_i \sum_t (SQ_{iq} \cdot QINV_{iqt}) - \sum_i \sum_c \sum_t (CBLG_{iq} \cdot BLG_{iqct}) \geq 12.711.563,56
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& ((1-\lambda)*9.197.513,28) + \sum_i \sum_q \sum_c \sum_t (USPRC_{iqct} \cdot QC_{iqct}) - \sum_k \sum_i \sum_p \sum_t (USPWR_{ipq} \cdot PQ_{kipqt}) \\
& - \sum_i \sum_t (SQ_{iq} \cdot QINV_{iqt}) - \sum_i \sum_c \sum_t (CBLG_{iq} \cdot BLG_{iqct}) \geq 12.908.433,28
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& ((1-\lambda)*8.825.502,43) + \sum_i \sum_q \sum_c \sum_t (USPRC_{iqct} \cdot QC_{iqct}) - \sum_k \sum_i \sum_p \sum_t (USPWR_{ipq} \cdot PQ_{kipqt}) \\
& - \sum_i \sum_t (SQ_{iq} \cdot QINV_{iqt}) - \sum_i \sum_c \sum_t (CBLG_{iq} \cdot BLG_{iqct}) \geq 12.927.735,82
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& ((1-\lambda)*9.445.381,06) + \sum_i \sum_q \sum_c \sum_t (USPRC_{iqct} \cdot QC_{iqct}) - \sum_k \sum_i \sum_p \sum_t (USPWR_{ipq} \cdot PQ_{kipqt}) \\
& - \sum_i \sum_t (SQ_{iq} \cdot QINV_{iqt}) - \sum_i \sum_c \sum_t (CBLG_{iq} \cdot BLG_{iqct}) \geq 12.703.693,96
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& ((1-\lambda)*9.296.088,78) + \sum_i \sum_q \sum_c \sum_t (USPRC_{iqct} \cdot QC_{iqct}) - \sum_k \sum_i \sum_p \sum_t (USPWR_{ipq} \cdot PQ_{kipqt}) \\
& - \sum_i \sum_t (SQ_{iq} \cdot QINV_{iqt}) - \sum_i \sum_c \sum_t (CBLG_{iq} \cdot BLG_{iqct}) \geq 12.823.408,58
\end{aligned} \tag{4.28}$$

$$\sum_i a_{imjt} \cdot X_{imjt} \leq RP_{mjt} - CAPO_{mjt} \quad \forall m, j, t \tag{3.11}$$

$$X_{imjt} \cdot a_{imjt} \leq (RP_{mjt} \cdot YP_{imjt}) + (CAPO_{mjt} \cdot YP_{imjt}) \quad \forall i, m, j, t \tag{3.12}$$

$$X_{imjt} \geq LPR_{imjt} \cdot YP_{imjt} \quad \forall i, m, j, t \tag{3.13}$$

$$O_{mjt} = \sum_i (X_{imjt} \cdot a_{imjt}) - RP_{mjt} + UT_{mjt} \quad \forall m, j, t \tag{3.14}$$

$$\sum_j X_{imt} \geq \sum_k \sum_p LP_{kimpt} \quad \forall i, m, t \quad (3.15)$$

$$O_{mjt} - CAPO_{mjt} \leq 0 \quad \forall j, m, t \quad (3.16)$$

$$PINV_{ipt} = PINV_{ipt-1} + \sum_k \sum_m LP_{kimpt} - \sum_k \sum_q PQ_{kipqt} \quad \forall i, p, t \quad (3.17)$$

$$QINV_{iqt} = QINV_{iqt-1} + \sum_k \sum_p PQ_{kipqt} - \sum_c QC_{iqct} \quad \forall i, q, t \quad (3.18)$$

$$MINV_{imt} = MINV_{imt-1} + X_{imt} - \sum_k \sum_p LP_{kimpt} \quad \forall i, m, t \quad (3.19)$$

$$\sum_i QINV_{iqt} \leq TQ_q \quad \forall q, t \quad (3.20)$$

$$\sum_i PINV_{ipt} \leq TP_p \quad \forall p, t \quad (3.21)$$

$$\sum_i MINV_{imt} \leq TM_m \quad \forall m, t \quad (3.22)$$

$$TCLPW_{k-1,mp} Y_{kmpt} \leq \sum_i LP_{kimpt} \leq TCLPW_{kmp} Y_{kmpt} \quad \forall k, m, p, t \quad (3.23)$$

$$TCLWR_{k-1,pq} Z_{kpqt} \leq \sum_i PQ_{kipqt} \leq TCLWR_{kpq} Z_{kpqt} \quad \forall k, p, q, t \quad (3.24)$$

$$TCLSM_{(k-1)sm} \cdot SG_{ksmt} \leq \sum_r SM_{krsmt} \leq TCLSM_{ksm} \cdot SG_{ksmt} \quad \forall k, s, m, t \quad (3.25)$$

$$\sum_k \sum_s SM_{krsmt} - \sum_i \sum_j (b_{ri} \cdot x_{imjt}) = 0 \quad \forall r, m, t \quad (3.26)$$

$$\sum_k \sum_m SM_{krsmt} \leq ULS_{rst} \cdot \sum_k \sum_m SG_{ksmt} \quad \forall k, r, s, t \quad (3.27)$$

$$BLG_{iqct} = BLG_{iqct-1} + CD_{iqct} - QC_{iqct} \quad \forall i, q, c, t \quad (3.28)$$

$$\sum_k \sum_p PQ_{kipqt} \leq 1914 - (777 * \lambda) \quad \forall i, q, t \quad (4.29)$$

$$\sum_k \sum_p PQ_{kipqt} \geq 360 + (777 * \lambda) \quad \forall i, q, t \quad (4.30)$$

$$LP_{kimpt}, O_{jmt}, MINV_{imt}, PINV_{ipt}, QINV_{iqt}, BLG_{iqct}, X_{imt}, PQ_{kipqt}, QC_{iqct}, SM_{krsmt}, UT_{mjt} \geq 0 \quad (3.30)$$

$$Y_{kmpt} \in \{0,1\} \quad \forall k, m, p, t \quad (3.31)$$

$$Y_{imjt} \in \{0,1\} \quad \forall i, m, j, t \quad (3.32)$$

$$Z_{kpqt} \in \{0,1\} \quad \forall k, p, q, t \quad (3.33)$$

$$SG_{ksmt} \in \{0,1\} \quad \forall k, s, m, t \quad (3.34)$$

$$0 \leq \lambda \leq 1 \quad (4.31)$$

Bulanık Hedef Programlama Yaklaşımına göre amaç fonksiyonu (4.23) tüm bulanık hedefler ve kısıt için tatmin seviyesini (λ) en büyükmeye çalışmıştır. Tüm üyelerin hedeflerine ilişkin amaç fonksiyonları modele kısıt olarak ilave edilmiştir. Kısıt (4.24) tedarikçilerin kârlarını en büyükmeye yönelik hedefini göstermektedir. Kısıt (4.25) üretim tesislerinin kârını en büyükmeye yönelik ve kısıt (4.26) boşta kalma zamanını en küçükmeye yönelik hedefini göstermektedir. Kısıt (4.27) dağıtım merkezlerinin kârını ve kısıt (4.28) perakendecilerin kârını en büyükmeye yönelik hedeflerini göstermektedir. Müşteri talebinin dağıtımlar tarafından görülmediği varsayılarak, üyelerin geçmiş dönemlerdeki perakendeci siparişine göre talep tahmini yaptığı kabul edilmiştir. Kısıt (4.29) ve (4.30)'da her bir perakendeciye gönderilen ürün miktarı bulanıklaştırılmış ve bunun için gönderim miktarına bir aralık tanımlanmıştır. Diğer kısıtlar (3.11-3.34) asıl modeldeki kısıtların aynısıdır. Kısıt (4.31)'e göre tatmin değeri 0 ile 1 arasında değer alacaktır.

Zimmerman yaklaşımına göre uygulanan bulanık hedef programlama modelinde talebin ve dolayısıyla perakendecilere yapılan gönderimin, amaç fonksiyonlarının belirsiz olduğu kabul edilmiştir. Bu yaklaşıma göre elde edilen çözüm sonuçları Çizelge 4.2.'de yer almaktadır.

Çizelge 4.2. Bulanık hedef programlama yaklaşımına göre çözüm sonuçları

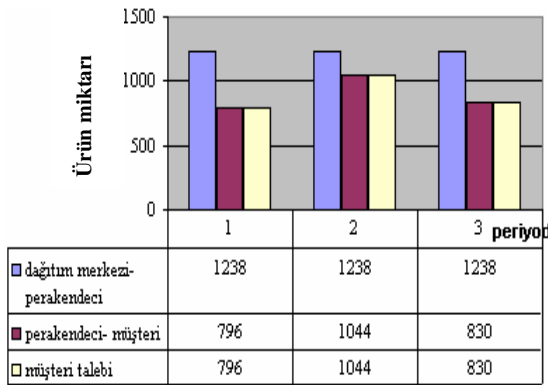
TZ Üyeleri ($\lambda = \%86$)	Bulanık Hedef Programlama Çözüm Sonuçları					
	Alt Sınır Değeri (kâr)	Üst Sınır Değeri (kâr)	Tedarik Zinciri Üyelerinin Kârları	Stok Maliyetleri	Taşıma Maliyetleri	Karşılamama Maliyeti
Tedarikçi 1	452.279,56	2.098.505,66	2.704.406,65		502.205,69	
Tedarikçi 2	206.184,14	336.616,61	357.347,60		138.678,39	
Tedarikçi 3	609.689,90	1.725.068,42	1.825.542,31		456.849,67	
Üretici	3.882.491,18	10.197.564,55	9.373.270,63	1.868,51	993.999,55	
Dağıtıcı 1	1.693.045,00	4.729.256,38	4.332.944,81	1.709,65	691.916,39	
Dağıtıcı 2	38.972,00	742.534,20	650.699,41	11.276,86	230.598,22	
Dağıtıcı 3	1.114.362,00	2.757.267,15	2.542.821,50	7.073,60	486.263,23	
Perakendeci 1	3.677.158,00	12.711.563,56	11.532.317,78	5.565,82		22.436,85
Perakendeci 2	3.710.920,00	12.908.433,28	11.707.897,32	3.172,91		22.070,62
Perakendeci 3	4.102.233,39	12.927.735,82	11.857.691,00	11.741,02		53.153,81
Perakendeci 4	3.258.312,90	12.703.693,96	11.470.804,23	2.077,98		17.657,17
Perakendeci 5	3.527.319,80	12.823.408,58	12.029.072,69	5.880,46		51.979,36
TOPLAM	26.272.967,87	86.661.648,17	80.384.815,92	50.366,81	3.500.511,14	167.297,80
	Alt Sınır Değeri (süre enk)	Üst Sınır Değeri (süre enk)	Boşta Kalma Süresi			
Üretici	765.149,71	1.147.442,52	764.409,84			

Çizelgeye göre tedarik zinciri üyelerinin kârlarını en büyükmeye ve boşta kalma süresini en küçükmeye yönelik amaçları, genel olarak alt ve üst sınır değerlerinin arasında çıkmıştır. Tedarikçi 1, Tedarikçi 2 ve Tedarikçi 3'ün kâr amacı üst sınır değerinden daha yüksek gerçekleşmiştir (üyelik derecesi 1 olmuştur). Tüm bulanık amaçlara ve bulanık kısıta göre tatmin seviyesi (λ) %86 oranında sağlanmıştır. Tedarik zinciri üyelerinde, stok maliyetleri, birim stoklama maliyeti ve stoklanan ürün miktarına bağlı olarak sırasıyla, üretim tesislerinde (1.868,51pb); dağıtım merkezlerinde(1.709,65pb; 11.276,86pb; 7.073,60pb) ve perakendecilerde (5.565,82pb; 3.172,91pb; 11.741,02pb; 2.077,98 pb; 5.880,46pb) ortaya çıkmıştır.

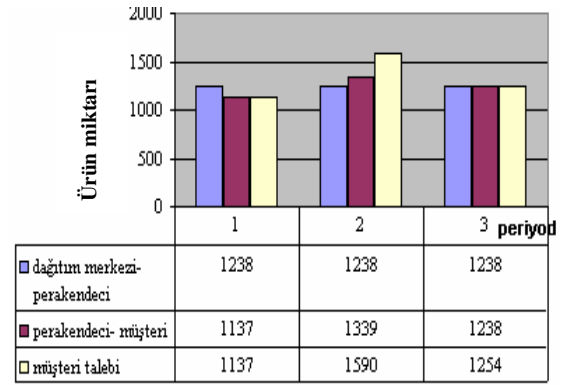
Taşıma maliyetleri gönderilen ürün miktarına dayalı birim taşıma maliyetine ve sabit taşıma maliyetlerine bağlı olarak, sırasıyla üretim tesisleri (993.999,55pb), tedarikçiler(502.205,69pb; 138.678,39pb; 456.849,67pb) ve dağıtım merkezlerinde (691.916,39pb; 230.598,22pb; 486.263,23pb) gerçekleşmiştir. Üretim tesislerinin, iş

merkezleri için boşa kalma süresini en küçüklemeye yönelik hedefi 764.409,84dk olarak gerçekleştirmiştir. Bu sürenin merkezi yapıya göre azalma gösterdiği görülmüştür. Buradaki temel neden talebin belirsiz olmasından kaynaklı olarak üretimin daha fazla yapıp artan ürünlerin stoklanması ve bu durumda iş merkezlerinin daha fazla çalışmış olmasıdır.

Merkezi olmayan tedarik zinciri yapısında genel olarak üyeler arasındaki ürün akışını gözlemleyebilmek için, dağıtım merkezleri, perakendeciler ve müşteriler arasındaki ürün gönderimleri grafiklerle ifade edilmiştir. Şekil 4.17 ve 4.18'de perakendeci 1 ve perakendeci 2 için bir çeşit ürün bazında gelen ve gönderilen ürün miktarları gösterilmiştir.



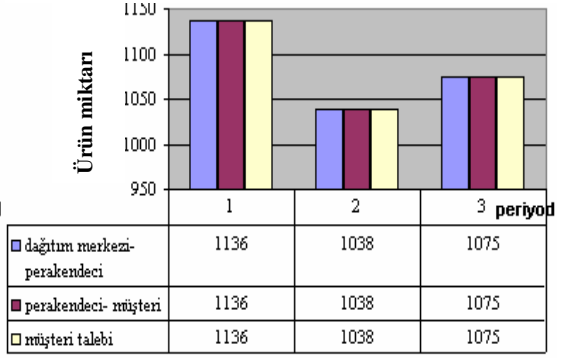
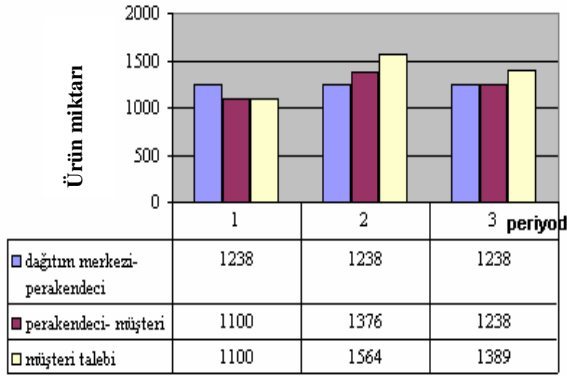
Şekil 4.17. Perakendeci 1 için ürün akışı (merkezi olmayan TZ)



Şekil 4.18. Perakendeci 2 için ürün akışı (merkezi olmayan TZ)

Şekil 4.17'de 1. periyotta perakendeci 1'e dağıtım merkezlerinden gelen ürün miktarı aynı periyodun talebini karşılamıştır fakat oldukça fazla stok oluşturmuştur. 2. ve 3. periyotlarda da aynı şekilde talep karşılanmasına rağmen stok oluşturulmuş ve dönem sonunda satılmayan ürünler elde kalmıştır. Şekil 4.18'de 1. periyottaki talep karşılanmasına rağmen, 2. periyotta perakendecilerden gelen ürün miktarı yeterli olmamış ve müşteri talebi karşılanamamıştır. Genel olarak dağıtıcılar, perakendeciler ve müşteriler arasında düzensiz bir ürün akışı vardır. Şekil 4.19 ve 4.20'de perakendeci

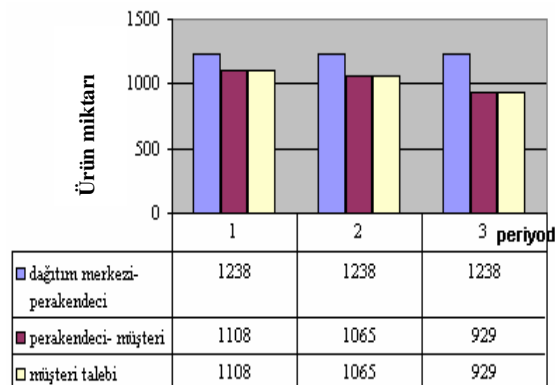
3 ve perakendeci 4 için bir çeşit ürün bazında gelen ve gönderilen ürün miktarları gösterilmiştir.



Şekil 4.19. Perakendeci 3 için ürün akışı (merkezi olmayan TZ)

Şekil 4.20. Perakendeci 4 için ürün akışı (merkezi olmayan TZ)

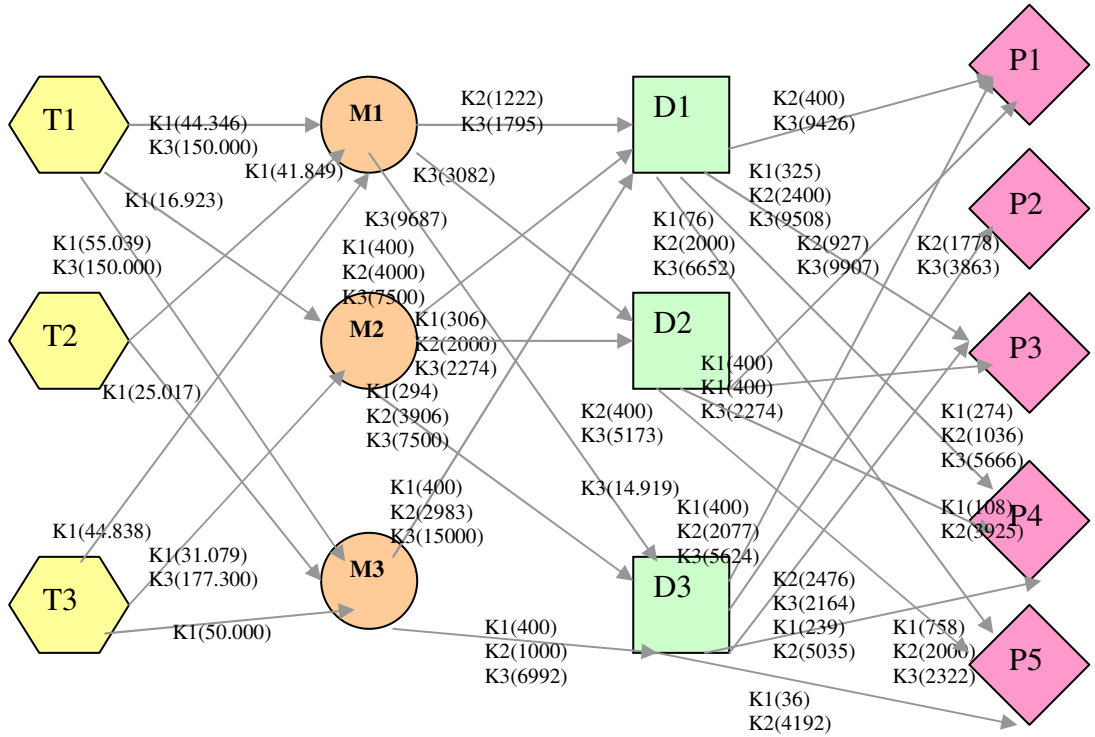
Şekil 4.19’da 1. periyotta perakendeci 3’e dağıtım merkezlerinden gelen ürün miktarı aynı periyottaki müşteri talebini karşılamıştır. Fakat satılmayan ürünler stoklanmıştır. 2. ve 3. periyotlarda gelen ürün miktarı müşteri talebini karşılamak için yeterli olmamıştır. Şekil 4.20’de tüm periyotlar için müşteri talebi karşılanmıştır ve stok bulundurmaya gerek kalmamıştır. Şekil 4.21’de perakendeci 5 için bir çeşit ürün bazında gelen ve gönderilen ürün miktarları gösterilmiştir.



Şekil 4.21. Perakendeci 5 için ürün akışı (merkezi olmayan TZ)

Şekilde her periyot için müşteri talebi karşılanmasına rağmen, dağıtıcılardan gelen ürünlerden satılmayanlar stoklanmıştır. Genel olarak dağıtıcılar, perakendeciler ve müşteriler arasındaki ürün akışı düzensizdir.

Merkezi olmayan tedarik zinciri yapısında, aşırı stok maliyetleri ve perakendeciler için karşılamama maliyeti oluşmuştur. Belirtilen durumların ortaya çıkmasındaki temel neden müşteri talebini göremeyen tedarik zinciri üyelerinin kendi hedefini eniyileyecek şekilde ürün göndermesinden kaynaklanmaktadır. Tedarik zinciri üyeleri arasında kullanılan farklı taşıma türleriyle gönderilen ürün miktarları Şekil 4.22’de gösterilmiştir.

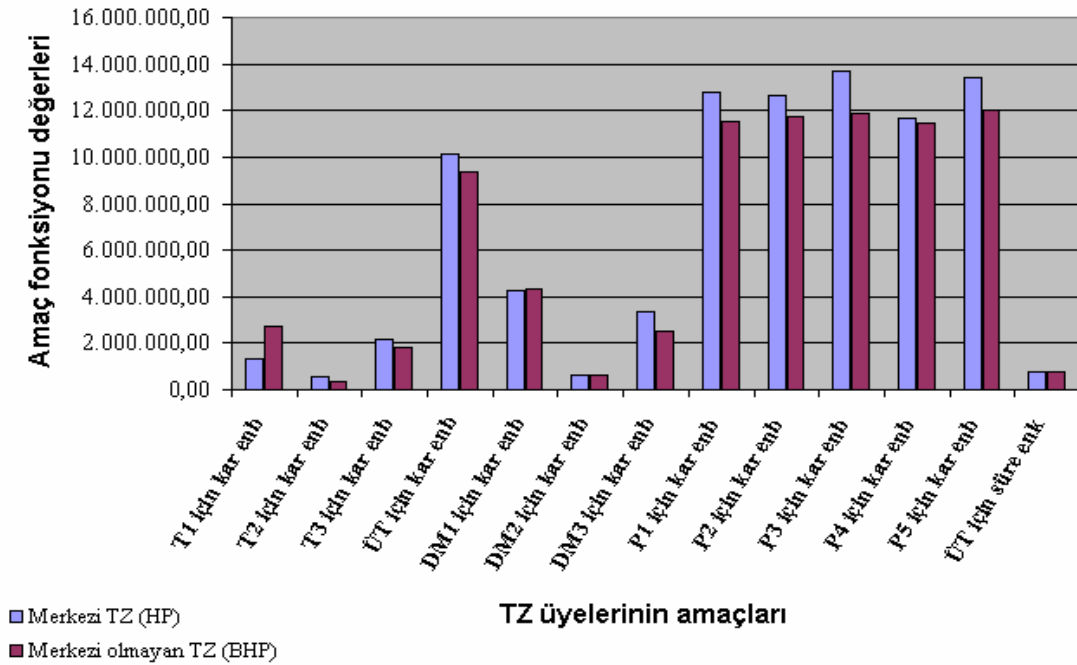


Şekil 4.22. Tedarik zinciri üyeleri arasında farklı taşıma türleri ile ürün akışının gösterimi (merkezi olmayan TZ)

Şekilde tedarik zinciri üyeleri arasında kullanılan farklı taşıma türleriyle gönderilen ürün miktarları ve tedarik zincirindeki genel ürün akışı gösterilmiştir. Tedarikçiler ve üretim tesisleri arasındaki hammadde akışı, üretim tesislerinde üretilen ürünlerin miktarına bağlı olarak, yalnızca K1 ve K3 taşıma türleri ile

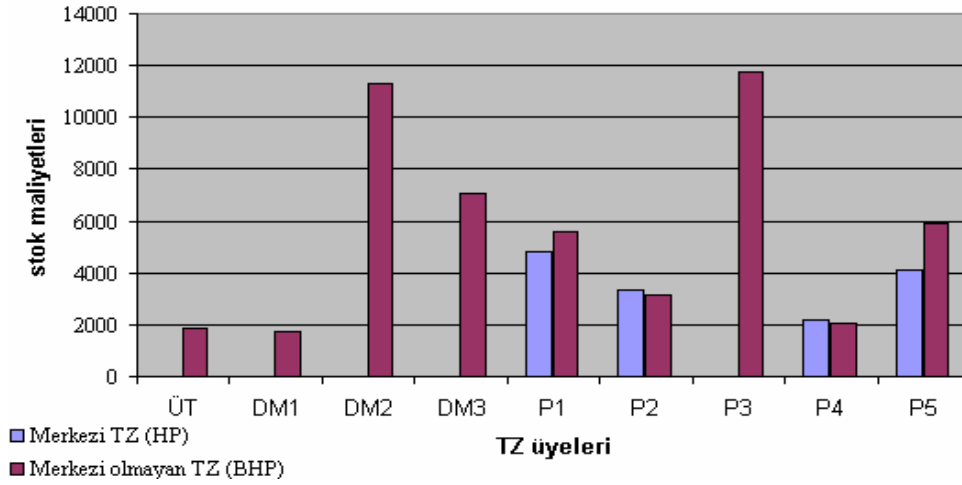
gerçekleştirilmiştir. Üretim tesisleri ve dağıtım merkezleri, dağıtım merkezleri ve perakendeciler arasında yapılan taşımalarda K1, K2 ve K3 taşıma türleri kullanılmıştır.

Merkezi ve merkezi olmayan tedarik zinciri yapıları arasındaki farklılıkları incelemek üzere, tedarik zinciri üyelerinin amaçlarının değerleri ve stok maliyetleri arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. Şekil 4.23’de HP ve BHP yaklaşımlarının sonuçlarına göre amaç fonksiyonu değerleri grafik üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.23. HP ve BHP yaklaşımlarına göre amaç fonksiyonu değerleri

Şekle göre, merkezi olmayan tedarik zinciri yapısında üyelerin kârları büyük ölçüde merkezi yapıya göre azalmıştır. Yalnızca tedarikçi 1, dağıtıcı 1 ve dağıtıcı 2’nin kâr değerleri merkezi olmayan yaklaşımda artış göstermiştir. Bunun yanı sıra merkezi olmayan yapıda, üretim tesislerinin 2. amacı olan boşa kalma süresinin en küçüklenmesinde daha iyi bir sonuç alınarak sürenin azaldığı gözlemlenmiştir. Bu durum merkezi olmayan yapıda üretim tesislerinin daha fazla üretim yaparak, stok tutmasından ileri gelmektedir. Şekil 4.24’te tedarik zinciri üyelerinin merkezi ve merkezi olmayan yapıya göre stok maliyetleri grafikte gösterilmiştir.



Şekil 4.24. HP ve BHP yaklaşımlarına göre stok maliyetleri

Şekilde genel olarak tüm tedarik zinciri üyelerinde stok maliyetlerinin merkezi olmayan yapıda artış gösterdiği görülmektedir. Dağıtım merkezleri ve üretim tesisleri merkezi yapıda stok tutmadan talebe göre gönderim yaparken, merkezi olmayan yapıda yüksek miktarlarda stok maliyetine katlandıkları görülmektedir. Aynı zamanda perakendecilerde artan stok maliyetlerinin yanı sıra, karşılayamama maliyetlerinin de oluşarak kârlarının azalmasına neden olduğu gözlenmiştir.

Sonuç olarak, merkezi olmayan tedarik zinciri yapısında, tedarik zinciri üyelerinin çelişen amaçları doğrultusunda en iyi hedef değerleri elde edilmeye çalışılmış ve genel olarak belirlenen hedeflere yakın değerler elde edilmiştir. Talep bilgisi belirgin olmadığı için tedarik zinciri boyunca düzgün bir ürün akışı elde edilememiştir fakat tatmin seviyesini (λ) en büyükleyecek ve tedarik zinciri üyelerinin amaçlarını eniyileyecek şekilde bir akış belirlenmiştir. Talebin belirgin olmadığı bu durumda, bulunan karar değişkenleri ile üyelerin tedarik zinciri boyunca vermesi gereken kararlar tespit edilmiştir. Karar değişkenlerinin değerleri Ek.5'te yer almaktadır.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde Tedarik Zinciri Yönetimi kavramı giderek önem kazanmış ve firmaların sürdürülebilir başarılar kazanması için, tedarik zincirine bir bütün olarak bakılması gereği ortaya çıkmıştır. Birçok firmayı ve alt sistemleri içinde barındıran bir tedarik zinciri yapısının, her bir üyenin çelişen amaçları göz önünde bulundurularak, bütünleşik olarak ele alınması gerekmektedir.

Yapılan çalışmada; çok ürünlü, çok periyotlu, çok kademeli ve çok amaçlı bir tedarik zinciri yapısında, bütünleşik bir üretim dağıtım problemi ele alınmıştır. Tedarikçiler, üretim tesisleri, dağıtım merkezleri, perakendeciler ve müşterilerden oluşan bu yapı için her bir tedarik zinciri üyesinin hedeflerinin ele alındığı çok amaçlı bir model oluşturulmuştur. Oluşturulan model talep bilgisinin paylaşımına dayalı olarak merkezi ve merkezi olmayan tedarik zinciri yapıları altında iki farklı çözüm yaklaşımıyla incelenmiştir. Merkezi yapıdaki modelin çözümünde hedef programlama ve merkezi olmayan yapıdaki modelin çözümünde bulanık hedef programlama yaklaşımları kullanılmıştır.

Merkezi ve merkezi olmayan yapıların modellenmesi ile bir tedarik zinciri boyunca; hammadde satın alım miktarları, iş istasyonlarındaki üretim miktarları, normal ve fazla mesaili çalışma süreleri, stok miktarları, karşılanamayan talep miktarları belirlenmiştir. Kullanılan farklı taşıma türlerine göre tedarik zinciri üyeleri arasındaki ürün akışları tespit edilmiştir. Merkezi tedarik zinciri yapısında, merkezi olmayan yapıya göre daha düzenli bir ürün akışı tespit edilmiştir. Tedarik zinciri üyelerinin kâr enbüyükleme ve boşa kalma süresini enküçükmeye yönelik amaç fonksiyonu değerlerinin daha yüksek çıktığı gözlenmiştir.

Günümüzde tedarik zincirine bir bütün olarak bakılmakta ve tüm tedarik zinciri üyelerinin hedefleri karşılanmaya çalışılmaktadır. Bu doğrultuda tasarlanan modelde,

tedarik zinciri üyelerinin amaçları için düzenlemeler yapılarak kâr paylaşımı anlaşmalarına göre model çözümlenebilir.

Merkezi olmayan tedarik zinciri yapısında, üyeler arasında talep bilgisinin merkezi olarak paylaşılmadığı kabul edilmiş ve perakendecilere gönderilen ürün miktarları bulanık olarak ele alınmıştır. Yapılan çalışmada her ürün için gönderilecek miktarların en küçük, en olası ve büyük değerler arasında değişeceği varsayılmıştır. Gelecek çalışmalarda, belirlenen bu değerlerin her ürün için farklı olarak ele alındığı bir yapı oluşturulabilir. Aynı zamanda her üyenin amaçlarının ve gönderilen ürün miktarının bulanıklaştırılmasının yanı sıra, üretim tesisleri için üretim kapasiteleri, stok maliyetleri, taşıma türleri için sabit ve değişken taşıma maliyetleri ve araç kapasiteleri, her üye için birim satış fiyatları, perakendeciler için karşılamama maliyetleri vb. parametreler de belirsiz kabul edilebilir. Bu doğrultuda her iki tedarik zinciri yapısı da bulanık matematiksel modellemeye göre çözülebilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Aliev, R.A., Fazlollahi, B., Guirimov, B.G. and Aliev, R.R., 2007, Fuzzy-genetic approach to aggregate production–distribution planning in supply chain management, *Information Sciences* 177, 4241–4255 p.
- Ayers, B.J., 2000, *Handbook of Supply Chain Management*, St. Lucie Pres, 460 p.
- Ballou, R.H., 2004, *Business logistics/ supply chain management*, Pearson Education, Inc., 789 p.
- Barbarosoglu, G. and Ozgur, D., 1999, Hierarchical design of an integrated production and 2-echelon distribution system, *European Journal of Operational Research*, 118, 464–484 p.
- Beamon, B.M., 1998, Supply chain design and analysis: models and methods, *International Journal of Production Economics*, 55, 281–294 p.
- Beamon, B.M. and Chen, V.C.P., 2001, Performance analysis of conjoined supply chains, *International Journal of Production Research*, 39, 3195–3218 p.
- Benjamin, J., 1989, An analysis of inventory and transportation cost in a constrained network, *Transportation Science*, 23, 177–183 p.
- Bilgen, B., 2010, Application of fuzzy mathematical programming approach to the production allocation and distribution supply chain network problem, *Expert Systems with Applications*, 37, 4488–4495 p.
- Bilgen, B. and Ozkarahan, I., 2007, A mixed-integer linear programming model for bulk grain blending and shipping, *International Journal of Production Economics*, 107, 555–571 p.
- Bredstrom, D. and Ronnqvist, M., 2002, Integrated production planning and route scheduling in pulp mill industry, In: *Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 2002, HICSS.
- Chanas, S. and Kuchta, D., 1998, Fuzzy integer transportation problem, *Fuzzy Sets and Systems*, 98, 291-298 p.
- Chandra, P. and Fisher, M.L., 1994, Coordination of production and distribution planning, *European Journal of Operational Research*, 72, 503–517 p.
- Chandra, C. and Kumar, S., 2000, Supply chain management in theory and practice: a passing fad or fundamental change?, *Industrial Management and Data Systems*, Vol:100/1.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Chen, C.L. and Lee, W.C., 2004, Multi-objective optimization of multi-echelon supply chain networks with uncertain product demands and prices, *Computers and Chemical Engineering* 28, 1131–1144 p.
- Chen, Z.-L., 2004, Integrated production and distribution operations: taxonomy, models and review, *Handbook of Quantitative Supply Chain Analysis: Modeling in the E-Business Era*, Kluwer Academic Publishers, 1, 412-444 p.
- Chen, M. and Wang, W., 1997, A linear programming model for integrated steel production and distribution planning, *International Journal of Operations and Production Management* 17, 592–610 p.
- Chen, S.-P. and Chang, 2006, A mathematical programming approach to supply chain models with fuzzy parameters, *Engineering Optimization*, 38, 647-669 p.
- Chen, C.L., Wang, B.W. and Lee, W.C., 2003, Multi objective optimization for a multi enterprise supply chain network, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 42, 1879–1889 p.
- Chern, C.C. and Hsieh, J.S., 2007, A heuristic algorithm for master planning that satisfies multiple objectives, *Computers and Operations Research*, 34, 3491–3513 p.
- Chen, C-T. and Lin, C-T., Huang S-F., 2006, A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management, *Int. J. Production Economics* 102, 289–301 p.
- Christopher, M., 2005, *Logistics and Supply Chain Management: Creating Value-Adding Networks*, Prentice Hall Pres.
- Chopra, S., and Meindl, P., 2003, *Supply chain*, Prentice-Hall Pres, 126p.
- Demirli, K. and Yimer, A.D., 2006, Production–distribution planning with fuzzy costs, fuzzy information processing society, NAFIPS 2006. Annual meeting of the North America, 702–707 p
- Dhaenens-flipo, C. and Finke, G., 2001, An integrated model for an industrial production–distribution problem, *IIE Transactions*, 33, 705–715 p.
- Dogan, K. and Goetschalckx, M., 1999, A primal decomposition method for the integrated design of multi-period production–distribution systems, *IIE Transactions*, 31, 1027–1036 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Dullaert, W., Braysy, O., Goetschalckx, M. and Raa, B., 2007, Supply chain (re)design: support for managerial and policy decisions, *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 7 (2), 73–92 p.
- Ekşioğlu, S.D., Romeijn, H.E. and Pardalos, P.M., 2006, Cross-facility management of production and transportation planning problem, *Computers and Operations Research*, 33, 3231–3251 p.
- Ekşioğlu, S.D., Ekşioğlu, B. and Romeijn, H.E., 2007, A Lagrangean heuristic for integrated production and transportation planning problems in a dynamic, multi-item, two-layer supply chain, *IIE Transactions*, 39, 191–201 p.
- El-Wahed, W. F. A. and Lee, S. M., 2006, Interactive fuzzy goal programming for multi-objective transportation problems, *Omega*, 34, 158-166 p.
- Erenguc, S.S., Simpson, N.C. and Vakharia, A.J., 1999, Integrated production/distribution planning in supply chains: an invited review, *European Journal of Operational Research*, 115, 219–236 p.
- Gen, M.S. and Syarif, A., 2005, Hybrid genetic algorithm for multi-time period production/distribution planning, *Computers and Industrial Engineering*, 48, 799–809 p.
- Geneshan, R. and Harrison, T.P., 1995, *An introduction to supply chain management*.
- Goetschalckx, M., Vidal, C.J. and Dogan, K., 2002, Modeling and design of global logistics systems: a review of integrated strategic and tactical models and design algorithms, *European Journal of Operational Research*, 143, 1–18 p.
- Görçün, Ö.F., 2010, *Örnek Olay ve Uygulamalarla Tedarik Zinciri Yönetimi*, Beta Basım A.Ş., 390 s.
- Gupta, A. and Maranas, C.D., 2003, Managing demand uncertainty in supply chain planning, *Computers and Chemical Engineering* 27, 1219–1227 p.
- Huang, G.Q., Lau, J.S.K., and Mak, K.L., 2003, The impacts of sharing production information on supply chain dynamics: a review of the literature, *International Journal of Production Research* 41, 1483–1517 p.
- Jang, Y.J., Jang, S.Y., Chang, B.M. and Park, J., 2002, A combined model of network design and production/distribution planning for a supply network, *Computers and Industrial Engineering*, 43, 263–281 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- 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 p.
- Jung, H., Jeong, B. and Lee, C.G., 2008, An order quantity negotiation model for distributor-driven supply chains, *International Journal of Production Economics*, 111, 147–158 p.
- Kallrath, J., 2002, Combined strategic and operational planning – an MILP success story in chemical industry, *Or Spectrum*, 24, 315–341 p.
- Kanyalkar, A.P. and Adil, G.K., 2005, An integrated aggregate and detailed planning in a multi-site production environment using linear programming, *International Journal of Production Research*, 43, 4431–4454 p.
- Kumar, M., Vrat, P. and Shankar, R., 2006, A fuzzy programming approach for vendor selection problem in a supply chain, *Int. J. Production Economics*, 101, 273–285 p.
- Lababidi, H.M.S., Ahmed, M.A., Alatiqi, I.M. and Al-enzi, A.F., 2004, Optimizing the supply chain of a petrochemical company under uncertain operating and economic conditions, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 43, 63–73 p.
- Lee, Y.H. and Kim, S.H., 2000, Optimal production–distribution planning in supply chain management using a hybrid simulation-analytic approach, *Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference 1 and 2*, 1252–1259 p.
- Lee, Y.H. and Kim, S.H., 2002, Production–distribution planning in supply chain considering capacity constraints, *Computers and Industrial Engineering*, 43, 169–190 p.
- Lee, Y.H., Kim, S.H. and Moon, C., 2002, Production–distribution planning in supply chain using a hybrid approach, *Production Planning and Control*, 13, 35–46 p.
- Lee, H.L., and C. Billington., 1992, *Supply Chain Management: Pitfalls and Opportunities*, *Sloan Management Review*, 33, Spring, 65-73p.
- Liang, T. F., 2006, Distribution planning decisions using interactive fuzzy multi-objective linear programming, *Fuzzy Sets and Systems*, 157, 1303-1316 p.
- Liang, T.-F. and Cheng, H.-W., 2009, Application of fuzzy sets to manufacturing/distribution planning decisions with multi-product and multi-time period in supply chains, *Expert Systems with Applications*, 36, 3367–3377 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Martin, C.H., Dent, D.C. and Eckhart, J.C., 1993, Integrated production, distribution, and inventory planning at Libbey–Owens–Ford, *Interfaces*, 23, 78–86 p.
- Mcdonald, C.M. and Karimi, I.A., 1997, Planning and scheduling of paralel semicontinuous processes, 1. Production Planning. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 36, 2691–2700 p.
- Meijboom, B. and Obel, B., 2007, Tactical coordination in a multi-location and multistage operations structure: a model and a pharmaceutical company case, *Omega-International Journal of Management Science*, 35, 258–273 p.
- Mula, J., Peidro, D., Diaz-Madronero, M. and Vicens, E., 2010, Mathematical programming models for supply chain production and transport planning, *European Journal of Operational Research*, 204, 377–390 p.
- Oh, H.C. and Karimi, I.A., 2006, Global multiproduct production–distribution planning with duty drawbacks, *AIChE Journal*, 52, 595–610 p.
- Özdamar, L. and Yazgaç, T., 1999, A hierarchical planning approach for a production-distribution system, *International Journal of Production Research*, 37 (16), 3759–3772 p.
- Özden, Ü., 2007, Çok Amaçlı Portföy Optimizasyon Problemi ve Çözüm Yaklaşımları, Doktora tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, 165 s.
- Özkan, M., 2003, Bulanık hedef programlama modeli ve bir uygulama denemesi, *Review of Social, Economic & Business Studies*, 2, 265-301 s.
- Özceylan, E., Paksoy, T., Güleş, H.K., 2009, Çok ürünli bozulma faktörlü kapalı çevrim esnek bir tedarik zinciri için karma tamsayıli bir doğrusal programlama modeli, 3.Ulusal Savunma Uygulamaları Modelleme ve Simülasyon Konferansı.
- Park, Y.B., 2005, An integrated approach for production and distribution planning in supply chain management, *International Journal of Production Research*, 43, 1205–1224 p.
- Peidro, D., Mula, J., Poler R. and Verdegay, J.-L., 2009, Fuzzy optimization for supply chain planning under supply, demand and process uncertainties, *Fuzzy Sets and Systems*, 160, 2640–2657 p.
- Petrovic, D., Roy, R. and Petrovic, R., 1998, Modelling and simulation of a supply chain in an uncertain environment, *European Journal of Operations Research*, 109, 299-309 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Rizk, N., Martel, A. and D'amours, S., 2006, Multi-item dynamic production–distribution planning in process industries with divergent finishing stages, *Computers and Operations Research*, 33, 3600–3623 p.
- Rizk, N., Martel, A. and D'amours, S., 2008, Synchronized production–distribution planning in a single-plant multi-destination network, *Journal of the Operational Research Society*, 59, 90–104 p.
- Roghanian, E., Sadjadi, S.J. and Aryanezhad, M.B., 2007, A probabilistic bi-level linear multi-objective programming problem to supply chain planning, *Applied Mathematics and Computation*, 188, 786–800 p.
- Romo, F., Tomasgard, A., Hellemo, L., Fodstad, M., Eidesen, B.H. and Pedersen, B., 2009, Optimizing the Norwegian Natural gas production and transport, *Interfaces*, 39 (1), 46–56 p.
- Ryu, J.H., Dua, V. and Pistikopoulos, E.N., 2004, A bilevel programming framework for enterprise-wide process networks under uncertainty, *Computers and Chemical Engineering*, 28, 1121–1129 p.
- Sakawa, M., Nishizaki, I. and Uemura, Y., 2001, Fuzzy programming and profit and cost allocation for a production and transportation problem, *European Journal of Operational Research*, 131, 1–15 p.
- Schmidt, G. and Wilhelm, W.E., 2000, Strategic, tactical and operational decisions in multi-national logistics networks: a review and discussion of modelling issues, *International Journal of Production Research*, 38, 1501–1523 p.
- Selim, H., Araz, C. and Ozkarahan, I., 2008, Collaborative production–distribution planning in supply chain: a fuzzy goal programming approach, *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review*, 44, 396–419 p.
- Shah, N., 2005, Process industry supply chains: advances and challenges, *Computers and Chemical Engineering*, 29, 1225–1235 p.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P. and Simchi-Levi, E., 2003, *Designing and managing the supply chain concepts, strategies and case studies*, Mc Graw- Hill Companies, Inc., 354 p.
- Şen, Z., 2004, *Mühendislikte Bulanık(fuzzy) Mantık ile Modelleme Prensipleri*, Su Vakfı Yayınları, 191 s.
- Tamiz, M., 1996, *Multi-objective Programming and Goal Programming*, Springer, 359 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Torabi, S.A. and Hassini, E., 2008, An interactive possibilistic programming approach for multiple objective supply chain master planning, *Fuzzy Sets and Systems*, 159, 193–214 p.
- Umarusman, N., 2007, Çok amaçlı karar problemlerinde duyarlılık analizi ve bulanık mantık ilişkisi: de novo programlama uygulaması, Dokuz Eylül Üniversitesi, Ekonometri Anabilim Dalı, Doktora tezi, 166 s.
- Vidal, C. J. and Goetschalckx, M., 1997, Strategic production-distribution models: a critical review with emphasis on global supply chain models, *European Journal of Operational Research*, 98, 1-18 p.
- Xie, Y., Petrovic, D. and Burnham, K., 2006, A heuristic procedure for the two-level control of serial supply chains under fuzzy customer demand, *International Journal of Production Economics*, 102, 37-50 p.
- Yaralıoğlu, K., 2004, Uygulamada karar destek yöntemleri, İlkem Ofset, 89s.
- Yu, Z., Yan, H. and Cheng, T.C., 2001, Benefits of information sharing with supply chain partnership, *Industrial Management and Data Systems*, 101/3, 114-119 p
- Yüksel, H., 2002, Tedarik zinciri yönetiminde bilgi sistemlerinin önemi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 4/3, 261-279 s.
- Zimmermann, H.J. 1978, Fuzzy programming and linear programming with several functions, *Fuzzy Sets and Systems*, 1, 45-55 p.

EKLER

- Ek.1. Modelde Kullanılan Parametreler
- Ek.2. HP Yaklaşımına Göre Modelin GAMS Programında Yazımı
- Ek.3. HP Yaklaşımıyla Çözüm Sonucunda Elde Edilen Karar Değişkenlerinin Değerleri
- Ek.4. HP Yaklaşımına Göre Modelin GAMS Programında Yazımı
- Ek.5. BHP Yaklaşımıyla Çözüm Sonucunda Elde Edilen Karar Değişkenlerinin Değerleri

Ek.1. Modelde Kullanılan Parametreler

USPSM_{rsmt} hammadde birim satış fiyatı $t_1=t_2=t_3$

tedarikçi	Ham madde	üretim tesisi			tedarikçi	Ham madde	üretim tesisi			tedarikçi	Ham madde	üretim tesisi		
		M1	M2	M3			M1	M2	M3			M1	M2	M3
S1	a1	21	21	21	S2	a1	21	21	21	S3	a1	21	21	21
S1	a2	21	21	21	S2	a2	19	19	19	S3	a2	16	16	16
S1	a3	21	21	21	S2	a3	16	16	16	S3	a3	17	17	17
S1	b1	17	17	17	S2	b1	16	16	16	S3	b1	20	20	20
S1	b2	17	17	17	S2	b2	20	20	20	S3	b2	18	18	18
S1	b3	20	20	20	S2	b3	20	20	20	S3	b3	20	20	20
S1	c1	20	20	20	S2	c1	21	21	21	S3	c1	19	19	19
S1	c2	16	16	16	S2	c2	20	20	20	S3	c2	19	19	19
S1	c3	15	15	15	S2	c3	21	21	21	S3	c3	20	20	20
S1	d1	17	17	17	S2	d1	15	15	15	S3	d1	20	20	20
S1	d2	19	19	19	S2	d2	19	19	19	S3	d2	15	15	15
S1	d3	18	18	18	S2	d3	18	18	18	S3	d3	15	15	15
S1	e1	21	21	21	S2	e1	21	21	21	S3	e1	17	17	17
S1	e2	15	15	15	S2	e2	21	21	21	S3	e2	18	18	18
S1	e3	20	20	20	S2	e3	17	17	17	S3	e3	20	20	20

FTCSM_{ksmt} sabit taşıma maliyeti $t_1=t_2=t_3$

taşıma türü	tedarikçi	üretim tesisi		
		M1	M2	M3
k1	S1	619	672	514
	S2	625	510	690
	S3	608	559	622
k2	S1	954	975	902
	S2	824	942	905
	S3	979	870	872
k3	S1	1387	1053	1339
	S2	1129	1270	1191
	S3	1001	1018	1373

TCLSM_{ksm} taşıma türü kapasitesi $t_1=t_2=t_3$

taşıma türü	tedarikçi	üretim tesisi		
		M1	M2	M3
k1	S1	50000	50000	50000
	S2	50000	50000	50000
	S3	50000	50000	50000
k2	S1	150000	150000	150000
	S2	150000	150000	150000
	S3	150000	150000	150000
k3	S1	450000	450000	450000
	S2	450000	450000	450000
	S3	450000	450000	450000

UTCSM_{ksmt} birim taşıma maliyeti $t_1=t_2=t_3$

taşıma türü	tedarikçi	üretim tesisi		
		M1	M2	M3
k1	S1	2	3	2
	S2	3	3	2
	S3	3	2	3
k2	S1	2	3	3
	S2	3	3	2
	S3	3	3	3
k3	S1	0,60	0,60	0,60
	S2	0,60	0,70	0,70
	S3	0,80	0,60	0,70

CO_{mit} fazla mesai maliyeti (pb/dk)

üretim tesisi	periyot		
	1	2	3
M1	0,1	0,1	0,1
M2	0,1	0,1	0,1
M3	0,1	0,1	0,1

UTC_{mjt} boşta kalma maliyeti (pb/dk)

üretim tesisi	periyot		
	1	2	3
M1	0,0003	0,0003	0,0003
M2	0,0003	0,0003	0,0003
M3	0,0003	0,0003	0,0003

Ek.1. Modelde Kullanılan Parametreler (devam)

CS_{rs} hammadde maliyeti				ULS_{rst} hammadde kapasitesi $t_1=t_2=t_3$			
hammadde	tedarikçi			hammadde	tedarikçi		
	S1	S2	S3		S1	S2	S3
a1	13	13	13	a1	126.585	8.805.949	2.379.404
a2	12	11	9	a2	121.301	8.443.199	2.013.949
a3	12	9	10	a3	122.348	8.630.837	2.330.091
b1	9	9	12	b1	117.933	8.008.590	2.484.273
b2	9	12	11	b2	106.967	8.279.612	2.957.199
b3	12	12	12	b3	140.619	8.790.374	2.969.960
c1	12	13	11	c1	110.742	8.064.996	2.078.038
c2	9	12	11	c2	146.483	8.905.089	2.830.663
c3	8	12	12	c3	105.682	8.873.855	2.709.989
d1	10	8	12	d1	148.579	8.630.005	2.077.574
d2	11	11	8	d2	111.873	8.472.199	2.264.283
d3	11	10	8	d3	109.786	8.384.840	2.229.763
e1	13	13	10	e1	133.682	8.242.715	2.398.706
e2	8	12	10	e2	126.306	8.252.992	2.225.860
e3	12	9	12	e3	125.904	8.387.982	2.617.016

RP_{mit} normal mesai kapasitesi (dk)					$CAPO_{mit}$ fazla mesai kapasitesi (dk)				
üretim tesisi	iş istasyonu	periyot			üretim tesisi	iş istasyonu	peiryot		
		1	2	3			t = 1	t = 2	t = 3
M1	W1	24587	24587	24587	M1	1	8613	8613	8613
	W2	22105	22105	22105		2	8425	8425	8425
	W3	22430	22430	22430		3	4962	4962	4962
	W4	24772	24772	24772		4	4662	4662	4662
	W5	23111	23111	23111		5	6881	6881	6881
	W6	20661	20661	20661		6	7765	7765	7765
	W7	23826	23826	23826		7	4032	4032	4032
M2	W1	21263	21263	21263	M2	1	5557	5557	5557
	W2	20334	20334	20334		2	8324	8324	8324
	W3	20847	20847	20847		3	3993	3993	3993
	W4	22143	22143	22143		4	4217	4217	4217
	W5	22413	22413	22413		5	3672	3672	3672
	W6	23417	23417	23417		6	4795	4795	4795
	W7	23264	23264	23264		7	4386	4386	4386
M3	W1	22018	22018	22018	M3	1	4266	4266	4266
	W2	20563	20563	20563		2	9194	9194	9194
	W3	20852	20852	20852		3	7859	7859	7859
	W4	20232	20232	20232		4	9099	9099	9099
	W5	22002	22002	22002		5	3296	3296	3296
	W6	23435	23435	23435		6	9311	9311	9311
	W7	24071	24071	24071		7	7930	7930	7930

Ek.1. Modelde Kullanılan Parametreler (devam)

LPR_{imjt} en az üretim miktarı $t_1=t_2=t_3$

üretim tesisi	iş istasyonu	ürün				
		A	B	C	D	E
M1	W1	144	300	223	139	106
	W2	212	218	276	182	149
	W3	172	228	254	132	192
	W4	139	154	170	207	118
	W5	189	232	223	275	117
	W6	273	261	272	250	204
	W7	286	155	288	234	291
M2	W1	125	191	200	268	249
	W2	286	211	145	111	240
	W3	156	288	202	139	114
	W4	289	246	142	181	226
	W5	287	214	132	268	201
	W6	276	236	225	170	233
	W7	218	232	150	126	100
M3	W1	252	180	150	292	240
	W2	118	286	173	197	128
	W3	180	188	165	220	151
	W4	168	160	213	297	276
	W5	266	279	202	224	194
	W6	177	240	102	292	281
	W7	196	226	285	229	284

USPPW_{it} birim satış fiyatı

ürün	periyot		
	t = 1	t = 2	t = 3
A	275	275	275
B	320	320	320
C	450	450	450
D	480	480	480
E	400	400	400

CBLG_{iq} sonradan karşılama maliyeti

ürün	perakendeci				
	R1	R2	R3	R4	R5
A	18,00	8,65	12,29	17,80	12,15
B	20,00	9,60	13,50	20,40	13,82
C	30,00	13,97	19,98	29,80	19,98
D	31,00	15,01	21,20	30,80	21,06
E	29,12	13,78	19,44	29,40	19,71

SP_{ip} ürün stoklama maliyeti

ürün	dağıtım merkezi		
	D1	D2	D3
A	3,08	3,08	3,08
B	3,34	3,34	3,34
C	2,34	2,34	2,34
D	3,61	3,61	3,61
E	2,73	2,73	2,73

a_{imjt}

iş istasyonlarında her bir ürün için harcanan süre $t_1=t_2=t_3$

üretim tesisi	ürün	iş istasyonu						
		1	2	3	4	5	6	7
M1	A	8,10	7,84	7,99	8,19	7,41	9,84	7,45
	B	8,04	8,93	8,84	7,12	7,61	7,42	7,48
	C	9,41	8,33	9,11	8,57	8,87	8,11	7,27
	D	9,02	8,23	8,24	9,92	9,63	9,96	7,67
	E	9,22	9,13	9,82	8,35	9,03	9,50	8,66
M2	A	7,33	9,19	9,01	9,54	8,98	8,00	7,38
	B	7,23	7,17	9,59	7,44	9,69	8,82	8,28
	C	7,59	8,40	9,91	7,85	7,05	8,37	9,86
	D	8,10	7,02	9,47	9,20	9,07	9,23	9,15
	E	8,27	9,09	9,86	8,65	7,07	7,09	7,26
M3	A	8,66	8,13	7,15	8,61	9,80	8,85	8,08
	B	10,0	9,80	7,27	9,93	7,09	9,51	8,81
	C	7,69	7,64	8,86	8,94	9,18	9,45	8,78
	D	8,68	9,10	9,22	7,18	9,45	9,60	7,89
	E	9,85	8,41	9,23	7,70	8,78	7,09	7,00

TQ_q stoklama kapasitesi

perakendeci	adet
P1	3500
P2	3500
P3	3500
P4	3500
P5	3500

TP_p stoklama kapasitesi

dağıtım merkezi	adet
D1	15000
D2	15000
D3	10000

Ek.1. Modelde Kullanılan Parametreler (devam)

CD_{ıgct} müşteri talebi										
ürün	perakendeci	müşteri								
		c1			c2			c3		
		t = 1	t = 2	t = 3	t = 1	t = 2	t = 3	t = 1	t = 2	t = 3
A	P1	638	379	280	200	593	585	494	301	339
	P2	590	259	253	410	120	547	120	417	120
	P3	280	425	125	379	212	409	170	520	380
	P4	546	148	483	443	320	507	605	547	379
	P5	370	208	541	300	149	545	435	608	379
B	P1	433	422	380	305	220	390	606	568	505
	P2	638	165	379	275	379	210	203	326	398
	P3	454	259	120	360	375	504	379	350	590
	P4	432	412	250	325	289	599	261	180	120
	P5	365	638	539	373	628	555	346	240	330
C	P1	244	325	199	490	200	347	485	370	589
	P2	435	360	360	225	638	121	598	619	278
	P3	379	410	512	125	379	612	379	267	632
	P4	477	125	232	226	365	421	341	459	363
	P5	582	590	425	198	507	409	484	120	161
D	P1	356	536	420	406	475	372	325	452	346
	P2	473	158	120	451	464	193	405	259	509
	P3	638	380	379	494	425	353	594	186	284
	P4	176	301	228	449	180	379	542	229	346
	P5	379	592	172	460	591	379	541	464	175
E	P1	259	310	340	209	488	370	328	246	120
	P2	290	544	324	455	452	415	392	594	515
	P3	342	625	544	379	560	466	379	379	379
	P4	267	258	395	534	375	281	335	405	399
	P5	251	530	120	219	294	495	638	241	314

CP_{imit} değişken üretim maliyeti t₁=t₂=t₃								
üretim tesisi	ürün	iş istasyonu						
		1	2	3	4	5	6	7
M1	A	168	120	108	196	148	169	157
	B	182	106	198	130	146	110	160
	C	162	154	154	156	114	110	109
	D	137	136	147	175	183	134	146
	E	124	141	186	159	179	106	130
M2	A	189	162	189	155	194	108	119
	B	191	189	127	168	170	154	198
	C	139	151	159	108	130	138	157
	D	128	118	128	166	106	168	135
	E	184	112	155	152	166	168	161
M3	A	197	159	196	196	187	132	138
	B	192	148	157	164	178	174	109
	C	185	134	195	178	151	125	105
	D	133	192	180	123	197	164	198
	E	189	170	135	145	197	158	110

Ek.1. Modelde Kullanılan Parametreler (devam)

TCLPW _{kmp}		taşıma türü kapasitesi			FTCPW _{kmp}			sabit taşıma maliyeti		
		t ₁ =t ₂ =t ₃						t ₁ =t ₂ =t ₃		
taşıma türü	üretim tesisi	dağıtım merkezi			taşıma türü	üretim tesisi	dağıtım merkezi			
		D1	D2	D3			D1	D2	D3	
k1	M1	400	400	400	k1	M1	500	650	700	
	M2	400	400	400		M2	550	600	600	
	M3	400	400	400		M3	675	500	625	
k2	M1	2000	2000	2000	k2	M1	1000	800	900	
	M2	2000	2000	2000		M2	900	750	950	
	M3	2000	2000	2000		M3	925	850	875	
k3	M1	7500	7500	7500	k3	M1	1300	1400	1200	
	M2	7500	7500	7500		M2	1300	1400	1200	
	M3	7500	7500	7500		M3	1300	1400	1200	

UTCW _{kmp}		birim taşıma maliyeti			UTCW _{kpgt}		birim taşıma maliyeti				
		t ₁ =t ₂ =t ₃					t ₁ =t ₂ =t ₃				
taşıma türü	üretim tesisi	dağıtım merkezi			taşıma türü	dağıtım merkezi	perakendeci				
		D1	D2	D3			R1	R2	R3	R4	R5
k1	M1	15	15	15	k1	D1	30	29	30	28	35
	M2	21	24	23		D2	26	26	26	26	28
	M3	30	25	28		D3	24	24	24	24	28
k2	M1	15	12	17	k2	D1	24	24	22	23	22
	M2	10	11	12		D2	25	25	25	20	20
	M3	16	14	14		D3	22	22	20	21	20
k3	M1	12	13	12	k3	D1	12	11	12	13	14
	M2	10	11	9		D2	16	13	13	14	14
	M3	7	7	7		D3	12	13	15	13	16

FTCWR _{kpgt}		sabit taşıma maliyeti					TM _m	
		t ₁ =t ₂ =t ₃					stoklama kapasitesi	
taşıma türü	dağıtım merkezi	perakendeci					üretim tesisi	adet
		R1	R2	R3	R4	R5		
k1	D1	300	250	350	275	300	M1	9000
	D2	330	275	385	303	330		
	D3	270	225	315	248	270		
k2	D1	500	550	525	475	550	M2	8000
	D2	450	495	473	428	495		
	D3	425	468	446	404	468		
k3	D1	650	700	700	750	750	M3	6000
	D2	650	700	700	750	750		
	D3	650	700	700	750	750		

Ek.1. Modelde Kullanılan Parametreler (devam)

TCLWR_{kpq} taşıma türü kapasitesi

taşıma türü	dağıtım merkezi	Perakendeci				
		R1	R2	R3	R4	R5
k1	D1	400	400	400	400	400
	D2	400	400	400	400	400
	D3	400	400	400	400	400
k2	D1	2000	2000	2000	2000	2000
	D2	2000	2000	2000	2000	2000
	D3	2000	2000	2000	2000	2000
k3	D1	7500	7500	7500	7500	7500
	D2	7500	7500	7500	7500	7500
	D3	7500	7500	7500	7500	7500

USPWR_{ipqt} birim satış fiyatı $t_1=t_2=t_3$

ürün	dağıtım merkezi	perakendeci				
		1	2	3	4	5
A	D1	385	385	385	385	385
	D2	365	365	365	365	365
	D3	365	365	365	365	365
B	D1	400	400	400	400	400
	D2	425	425	425	425	425
	D3	400	400	400	400	400
C	D1	545	545	545	545	545
	D2	575	575	575	575	575
	D3	545	545	545	545	545
D	D1	600	600	600	600	600
	D2	580	580	580	580	580
	D3	580	580	580	580	580
E	D1	520	520	520	520	520
	D2	520	520	520	520	520
	D3	612	612	612	612	612

USPRC_{iqc} birim satış fiyatı $t_1=t_2=t_3$

ürün	perakendeci	müşteri		
		C1	C2	C3
A	R1	907	907	907
	R2	914	914	914
	R3	922	922	922
	R4	914	914	914
	R5	914	914	914
B	R1	1030	1030	1030
	R2	1022	1022	1022
	R3	1037	1037	1037
	R4	1030	1030	1030
	R5	1022	1022	1022
C	R1	1454	1454	1454
	R2	1462	1462	1462
	R3	1469	1469	1469
	R4	1454	1454	1454
	R5	1462	1462	1462
D	R1	1541	1541	1541
	R2	1548	1548	1548
	R3	1534	1534	1534
	R4	1541	1541	1541
	R5	1548	1548	1548
E	R1	1282	1282	1282
	R2	1289	1289	1289
	R3	1282	1282	1282
	R4	1289	1289	1289
	R5	1274	1274	1274

SQ_{iq} ürün stoklama maliyeti

ürün	perakendeci				
	R1	R2	R3	R4	R5
A	2,92	2,45	2,98	1,70	2,88
B	1,61	2,05	2,91	1,63	2,82
C	1,83	1,70	2,14	2,81	2,46
D	2,20	1,80	2,78	1,88	2,97
E	1,86	2,71	2,71	2,43	1,52

b_{ri} her ürün için gerekli hammadde miktarı

ürün	A			B		
	a1	a2	a3	b1	b2	b3
hammadde	2	3	2	3	4	2
miktar	2	3	2	3	4	2
ürün	C			D		
	c1	c2	c3	d1	d2	d3
hammadde	5	2	4	2	3	1
miktar	5	2	4	2	3	1
ürün	E					
	e1	e2	e3			
hammadde	4	3	2			
miktar	4	3	2			

Ek.2. HP Yaklaşımına Göre Modelin GAMS Programında Yazımı

option mip=cplex;

Sets
r hammaddeler / a1, a2, a3, b1, b2, b3, c1, c2, c3, d1, d2, d3,
e1, e2, e3/
s tadarikciler /S1, S2, S3/
i urunler /A, B, C, D, E/
j is istasyonlari /W1, W2, W3, W4, W5, W6, W7/
m uretim tesisleri /M1, M2, M3/
p dagitim merkezleri(DC) /D1, D2, D3/
q perakendeciler /R1, R2, R3, R4, R5/
t zaman periyodlari /1, 2, 3/
k tasima sekileri /K1, K2, K3/
c musteriler /C1, C2, C3/ ;

R4 3500
R5 3500 /

TP(p) DC p nin urun tutma kapasitesi
/ D1 15000
D2 15000
D3 10000 /

TM(m) uretim tesisi m nin urun tutma kapasitesi
/M1 9000
M2 8000
M3 6000 / ;

Parameters

TQ(q) perakendeci q nun urun tutma kapasitesi
/ R1 3500
R2 3500
R3 3500

Table a(i,m,j,t) t periyodunda uretim tesisi m'deki is istasyonu j de i. urunun uretilmesi icin gecen sure (dk)

Table FTCSM(k,s,m,t) t periyodunda tedarikci s'de uretim tesisi m'ye k. Seviyedeki sabit tasima maliyeti

Table UTCSM(k,s,m,t) t periyodunda tedarikci s'den uretim tesisi m'ye k.seviyedeki birim tasima maliyeti

Table USPSM (r,s,m,t) t periyodunda m uretim tesisinin r hammaddesini tedarikci s'den almasinin birim fiyatı

Table TCLSM (k,s,m) tedarikci s'den uretim tesisi m'ye k. tasima turu kapasitesi

Table CP(i,m,j,t) t periyodunda m uretim tesisindeki j. is istasyonunda i ürünü icin birim degisken uretim maliyeti

Table CD(i,q,c,t) t periyodunda perakendeci q dan musteri c tarafından talep edilen i. urunun miktarı

Table CAPO(m,j,t) t periyodunda uretim tesisi m'deki j. is istasyonundaki fazla mesai kapasitesi

Table CO(m,j,t) t periyodunda m uretim tesisindeki j. is istasyonunda fazla mesai maliyeti

Table UTC(m,j,t) t periyodunda m uretim tesisindeki j. is istasyonunda her dk icin bosta kalma maliyeti

Table SQ(i,q) i. urunu perakendeci q da birim tutma maliyeti

Table SP(i,p) i. urunu DC p de birim tutma birim maliyeti

Table SMN(i,m) i. urunu uretim tesisi M de birim tutma maliyeti

Table FTCPW(k,m,p,t) t periyodunda uretim tesisi m'den DC p'ye k.tasima turu ile sabit tasima maliyeti

Ek.2. HP Yaklaşımına Göre Modelin GAMS Programında Yazımı(devam)

Table FTCWR(k,p,q,t) t periyodunda DC p'den perakendeci q'ya k.tasima turu ile sabit tasıma maliyeti

Table CBLG(i,q) perakendeci q'ya urun i için birim karsılayamama maliyeti

Table UTCPW(k,m,p,t) t periyodunda üretim tesisi m'den DC p'ye k.seviyedeki birim tasıma maliyeti

Table LPR(i,m,j,t) t periyodunda m üretim tesisindeki j. iş istasyonundaki i urunu için en az üretim miktarları

Table UTCWR(k,p,q,t) t periyodunda DC p'den perakendeci q'ya k.seviyedeki birim tasıma maliyeti

scalar
ss1
ss2
ss3

Table USPRC(i,q,c,t) t periyodunda perakendeci q dan müşteri c ye birim satış fiyatı

rr1
rr2
rr3
rr4
rr5
dd1
dd2
dd3
mm1
sures
ureticistokmal
dagiticistokmal1
dagiticistokmal2
dagiticistokmal3
perakendecistokmal1

perakendecistokmal2
perakendecistokmal3
perakendecistokmal4
perakendecistokmal5
sonradankarsilamama1
sonradankarsilamama2
sonradankarsilamama3
sonradankarsilamama4
sonradankarsilamama5
tedarikcitasimama1
tedarikcitasimama2
tedarikcitasimama3
ureticitasimama1
dagiticitasimama1
dagiticitasimama2
dagiticitasimama3 ;

Variables

SM(k,r,s,m,t) t periyodunda k. tasıma turu kullanılarak tedarikçi s'den üretim tesisi m'ye gönderilen hammadde miktarı
UT(m,j,t) t periyodunda m üretim tesisindeki j. iş istasyonunda bosta kalma zamanı
LP(k,i,m,p,t) t periyodunda üretim tesisi m'den DC p'ye k. tasıma turu kullanılarak gönderilen i urunu miktarı
O(m,j,t) t periyodunda üretim tesisi m'deki j iş istasyonunda kullanılabilen fazla mesai kapasitesi
PINV(i,p,t) t periyodunda DC p deki i urunu için periyod sonu stoğu
PQ(k,i,p,q,t) t periyodunda DC p'den perakendeci q'ya k. tasıma turu kullanılarak gönderilebilen i urunu miktarı
QINV(i,q,t) t periyodunda perakendeci q da i urunu için dönem sonu stok miktarı
X(i,m,j,t) t periyodunda üretim tesisi m'deki j. iş istasyonundaki i urunu için üretim miktarı
BLG(i,q,c,t) t periyodunun sonunda perakendeci q tarafından i urunu için karşılanamayan miktar
Z(k,p,q,t) t periyodunda DC p'den perakendeci q'ya k. tasıma turunun kullanılıp kullanılmadığının gösteren karar degiskeni
QC(i,q,c,t) t periyodunda perakendeci q'dan müşteri c'ye satılan i urunu miktarı
MINV(i,m,t) t periyodunun sonunda i urunu için üretim tesisi m nin stoğu
SG(k,s,m,t) t periyodunda k.tasıma seviyesi kullanılarak tedarikçi s'den üretim tesisi m'ye gönderi yapılıp yapılmadığını gösteren karar degiskeni
YP(i,m,j,t) t periyodunda m üretim tesisindeki j. iş istasyonunun seçilip seçilmediğini gösteren karar degiskeni
Y(k,m,p,t) t periyodunda alan m'den DC p'ye k. tasıma turunun kullanılıp kullanılmadığını gösteren karar degiskeni

sapmal1p
sapmal1n
sapmal2p
sapmal2n
sapmal3p
sapmal3n
sapma2p
sapma2n
sapma31p
sapma31n
sapma32p
sapma32n
sapma33p
sapma33n
sapma41p
sapma41n

sapma42p
sapma42n
sapma43p
sapma43n
sapma44p
sapma44n
sapma45p
sapma45n
sapmasn
sapmasp
f amac fonksiyonu;
positive variable
UT
SM

Ek.2. HP Yaklaşımına Göre Modelin GAMS Programında Yazımı(devam)

QC	sapma2p
MINV	sapma2n
LP	sapma31p
O	sapma31n
PINV	sapma32p
QINV	sapma32n
BLG	sapma33p
X	sapma33n
PQ	sapma41p
sapmasn	sapma41n
sapmasp	sapma42p
sapma11p	sapma42n
sapma11n	sapma43p
sapma12p	sapma43n
sapma12n	sapma44p
sapma13p	sapma44n
sapma13n	sapma45p
	sapma45n;
Binary variable	YP
Y	SG;
Z	

Equations

sapmaenk
profitt1
profitt2
profitt3
profitm
profitd1
profitd2
profitd3
profitr1
profitr2
profitr3
profitr4
profitr5
sure1

denge(i,m,t) üretim tesislerinde üretilen miktarın DC'lere gönderilene büyük yada eşit olması
secilme(i,m,j,t) her üretim tesisindeki is istasyonunda harcanan sürenin mevcut düzenli ve fazla mesai süreden küçük yada eşit olması
uretim(m,j,t) üretim için geçen süre düzenli çalışma süresi ve fazla mesai süreyi geçemez
enazuretmik(i,m,j,t) her üretim tesisindeki is istasyonlarındaki üretim en az üretim miktarlarından fazla olmalıdır
fmesaisuresi(m,j,t) kullanılan fazla mesai süresi toplam harcanan zamandan boşta kalan zamanın farkına eşittir
fmesai(m,j,t) is istasyonlarında fazla mesai kapasitesi sınırlaması

dcdenge(i,p,t) DC'lere giren ürün miktarı DC'de depolanan ve gönderilen miktara eşit olması
qdenge(i,q,t) p lere giren ürün miktarı p de depolanan ve gönderilen miktara eşit olması
mdenge(i,m,t) üretim tesislerinde kalan ürün miktarı depolanan ve gönderilen miktara eşit olması
qstok(q,t) perakendeciler için ürün stoklama kapasitesi sınırlandırması
dcstok(p,t) DC'ler için ürün stoklama kapasitesi sınırlandırması
mstok(m,t) üretim alanlarında ürün stoklama kapasitesi sınırlandırması
dmtasima1(k,m,p,t) üretim alanları ve DC'ler arasında birden fazla taşıma turunun kullanılabilmesini gösterir
dmtasima2(k,m,p,t) üretim alanları ve DC'ler arasında birden fazla taşıma turunun kullanılabilmesini gösterir
dptasima1(k,p,q,t) üretim DC'leri ve perakendeciler arasında birden fazla taşıma turunun kullanılabilmesini gösterir
dptasima2(k,p,q,t) üretim DC'leri ve perakendeciler arasında birden fazla taşıma turunun kullanılabilmesini gösterir

tedarik(r,m,t)

teddenge(r,s,t)

smtasima1(k,s,m,t) tedarikçiler ve üretim tesisleri arasında birden fazla taşıma turunun kullanılabilmesini gösterir
smtasima2(k,s,m,t) tedarikçiler ve üretim tesisleri arasında birden fazla taşıma turunun kullanılabilmesini gösterir
karsilayamama(i,q,c,t) perakendeci tarafından karşılanan ürün miktarı

talep1(i,q,c) her dönemde talep edilen ürünün gönderilene eşit olması ;

sapmaenk.. f=e= (sapma11n) + (sapma12n) +(sapma13n)+(sapma2n)+ (sapma31n) +(sapma32n)+(sapma33n)+ (sapma41n)+(sapma42n)+ (sapma43n)+ (sapma44n)+ (sapma45n)+(sapmasp) ;

Ek.2. HP Yaklaşımına Göre Modelin GAMS Programında Yazımı(devam)

profit1.. sum((k,r,s,m,t)\$ord(s)=1,USPSM(r,s,m,t)*SM(k,r,s,m,t))-sum((k,s,m,t)\$ord(s)=1,FTCSM(k,s,m,t)*SG(k,s,m,t))-
sum((k,r,s,m,t)\$ord(s)=1,UTCISM(k,s,m,t)*SM(k,r,s,m,t))-sum((k,r,s,m,t)\$ord(s)=1,CS(r,s)*SM(k,r,s,m,t))+ sapma11n - sapma11p
=e=10415833,77;
profit2.. sum((k,r,s,m,t)\$ord(s)=2,USPSM(r,s,m,t)*SM(k,r,s,m,t))-sum((k,s,m,t)\$ord(s)=2,FTCSM(k,s,m,t)*SG(k,s,m,t))-
sum((k,r,s,m,t)\$ord(s)=2,UTCISM(k,s,m,t)*SM(k,r,s,m,t))-sum((k,r,s,m,t)\$ord(s)=2,CS(r,s)*SM(k,r,s,m,t))+ sapma12n - sapma12p
=e=11357942,92;
profit3.. sum((k,r,s,m,t)\$ord(s)=3,USPSM(r,s,m,t)*SM(k,r,s,m,t))-sum((k,s,m,t)\$ord(s)=3,FTCSM(k,s,m,t)*SG(k,s,m,t))-
sum((k,r,s,m,t)\$ord(s)=3,UTCISM(k,s,m,t)*SM(k,r,s,m,t))-sum((k,r,s,m,t)\$ord(s)=3,CS(r,s)*SM(k,r,s,m,t))+ sapma13n - sapma13p
=e=10495181,59;

sure1.. sum((m,j,t),UT(m,j,t))+sapmasn-sapmasp =e=0;

profitm.. Sum((k,i,m,p,t),LP(k,i,m,p,t)*USPPW(i,t))- sum((i,m,j,t),CP(i,m,j,t)*X(i,m,j,t))- sum((m,j,t),CO(m,j,t)*O(m,j,t))-
sum((m,j,t),UTC(m,j,t)*UT(m,j,t))-sum((k,m,p,t),FTCPW(k,m,p,t)*Y(k,m,p,t))-sum((k,i,m,p,t),UTCPW(k,m,p,t)*LP(k,i,m,p,t))-
sum((k,r,s,m,t),USPSM(r,s,m,t)*SM(k,r,s,m,t))-sum((i,m,t),SMN(i,m,t)*MINV(i,m,t))+sapma2n-sapma2p=e= 25082270,29;

profitd1.. sum((k,i,p,q,t)\$ord(p)=1,USPWR(i,p,q,t)*PQ(k,i,p,q,t))-sum((k,i,m,p,t)\$ord(p)=1,USPPW(i,t)*LP(k,i,m,p,t))-
sum((k,p,q,t)\$ord(p)=1,FTCWR(k,p,q,t)*Z(k,p,q,t))-sum((k,i,p,q,t)\$ord(p)=1,UTCWR(k,p,q,t)*PQ(k,i,p,q,t))-
sum((i,p,t)\$ord(p)=1,SP(i,p)*PINV(i,p,t))+ sapma31n - sapma31p =e=8845606,00;
profitd2.. sum((k,i,p,q,t)\$ord(p)=2,USPWR(i,p,q,t)*PQ(k,i,p,q,t))-sum((k,i,m,p,t)\$ord(p)=2,USPPW(i,t)*LP(k,i,m,p,t))-
sum((k,p,q,t)\$ord(p)=2,FTCWR(k,p,q,t)*Z(k,p,q,t))-sum((k,i,p,q,t)\$ord(p)=2,UTCWR(k,p,q,t)*PQ(k,i,p,q,t))-
sum((i,p,t)\$ord(p)=2,SP(i,p)*PINV(i,p,t))+ sapma32n - sapma32p =e=8894095,00;
profitd3.. sum((k,i,p,q,t)\$ord(p)=3,USPWR(i,p,q,t)*PQ(k,i,p,q,t))-sum((k,i,m,p,t)\$ord(p)=3,USPPW(i,t)*LP(k,i,m,p,t))-
sum((k,p,q,t)\$ord(p)=3,FTCWR(k,p,q,t)*Z(k,p,q,t))-sum((k,i,p,q,t)\$ord(p)=3,UTCWR(k,p,q,t)*PQ(k,i,p,q,t))-
sum((i,p,t)\$ord(p)=3,SP(i,p)*PINV(i,p,t))+ sapma33n - sapma33p =e=11212214,00;

profitr1.. sum((i,q,c,t)\$ord(q)=1,USPRC(i,q,c,t)*QC(i,q,c,t))-sum((k,i,p,q,t)\$ord(q)=1,USPWR(i,p,q,t)*PQ(k,i,p,q,t))-
sum((i,q,t)\$ord(q)=1,SQ(i,q)*QINV(i,q,t))-sum((i,q,c,t)\$ord(q)=1,CBLG(i,q)*BLG(i,q,c,t))+ sapma41n - sapma41p=e= 13008797,00;
profitr2.. sum((i,q,c,t)\$ord(q)=2,USPRC(i,q,c,t)*QC(i,q,c,t))-sum((k,i,p,q,t)\$ord(q)=2,USPWR(i,p,q,t)*PQ(k,i,p,q,t))-
sum((i,q,t)\$ord(q)=2,SQ(i,q)*QINV(i,q,t))-sum((i,q,c,t)\$ord(q)=2,CBLG(i,q)*BLG(i,q,c,t))+ sapma42n - sapma42p=e=12734913,00;
profitr3.. sum((i,q,c,t)\$ord(q)=3,USPRC(i,q,c,t)*QC(i,q,c,t))-sum((k,i,p,q,t)\$ord(q)=3,USPWR(i,p,q,t)*PQ(k,i,p,q,t))-
sum((i,q,t)\$ord(q)=3,SQ(i,q)*QINV(i,q,t))-sum((i,q,c,t)\$ord(q)=3,CBLG(i,q)*BLG(i,q,c,t))+ sapma43n - sapma43p=e=13836884,54;
profitr4.. sum((i,q,c,t)\$ord(q)=4,USPRC(i,q,c,t)*QC(i,q,c,t))-sum((k,i,p,q,t)\$ord(q)=4,USPWR(i,p,q,t)*PQ(k,i,p,q,t))-
sum((i,q,t)\$ord(q)=4,SQ(i,q)*QINV(i,q,t))-sum((i,q,c,t)\$ord(q)=4,CBLG(i,q)*BLG(i,q,c,t))+ sapma44n - sapma44p=e=11944054,00;
profitr5.. sum((i,q,c,t)\$ord(q)=5,USPRC(i,q,c,t)*QC(i,q,c,t))-sum((k,i,p,q,t)\$ord(q)=5,USPWR(i,p,q,t)*PQ(k,i,p,q,t))-
sum((i,q,t)\$ord(q)=5,SQ(i,q)*QINV(i,q,t))-sum((i,q,c,t)\$ord(q)=5,CBLG(i,q)*BLG(i,q,c,t))+ sapma45n - sapma45p=e=13596727,00;

denge(i,m,t).. sum((j), X(i,m,j,t))=g= sum((k,p),LP(k,i,m,p,t));

secilme(i,m,j,t).. (a(i,m,j,t) * X(i,m,j,t))=l= (RP(m,j,t)*YP(i,m,j,t))+CAPO(m,j,t)*YP(i,m,j,t));

uretim(m,j,t).. sum(i,a(i,m,j,t) * X(i,m,j,t)) =l= RP(m,j,t) + CAPO(m,j,t) ;

enazuretmi(k,i,m,j,t).. X(i,m,j,t)=g=LPR(i,m,j,t)*YP(i,m,j,t) ;

fmesaisuresi(m,j,t).. O(m,j,t)=e= sum(i,X(i,m,j,t)*a(i,m,j,t))-RP(m,j,t)+UT(m,j,t);

fmesai(m,j,t).. O(m,j,t) =l= CAPO(m,j,t) ;

dcdenge(i,p,t).. PINV(i,p,t-1)+sum((k,m),LP(k,i,m,p,t))-sum((k,q),PQ(k,i,p,q,t))=e=PINV(i,p,t);

qdenge(i,q,t).. QINV(i,q,t-1)+sum((k,p),PQ(k,i,p,q,t))-sum(c,QC(i,q,c,t))=e=QINV(i,q,t);

mdenge(i,m,t).. MINV(i,m,t)=e=MINV(i,m,t-1)+sum(j,X(i,m,j,t))-sum((k,p),LP(k,i,m,p,t));

qstok(q,t).. sum(i,QINV(i,q,t))=l=TQ(q);

dstok(p,t).. sum(i,PINV(i,p,t))=l=TP(p);

mstok(m,t).. sum(i,MINV(i,m,t))=l=TM(m);

dmtasima1(k,m,p,t).. TCLPW(k-1,m,p)*Y(k,m,p,t)=l=sum(i,LP(k,i,m,p,t));
dmtasima2(k,m,p,t).. sum(i,LP(k,i,m,p,t))=l=TCLPW(k,m,p)*Y(k,m,p,t);

dptasima1(k,p,q,t).. TCLWR(k-1,p,q)*Z(k,p,q,t)=l=sum(i,PQ(k,i,p,q,t));
dptasima2(k,p,q,t).. sum(i,PQ(k,i,p,q,t))=l=TCLWR(k,p,q)*Z(k,p,q,t);

tedarik(r,m,t).. sum((k,s),SM(k,r,s,m,t))-sum((i,j),b(r,i)*X(i,m,j,t))=e= 0;

teddenge(r,s,t).. sum((k,m),SM(k,r,s,m,t)) =l= ULS(r,s,t)*sum((k,m),SG(k,s,m,t));

smtasima1(k,s,m,t).. TCLSM(k-1,s,m)*SG(k,s,m,t)=l= sum((r),SM(k,r,s,m,t));

Ek.2. HP Yaklaşımına Göre Modelin GAMS Programında Yazımı(devam)

```
smtasima2(k,s,m,t).. sum(r,SM(k,r,s,m,t))=I= TCLSM(k,s,m)*SG(k,s,m,t);
karsilayamama(i,q,c,t).. BLG(i,q,c,t-1)+CD(i,q,c,t)-QC(i,q,c,t)=e= BLG(i,q,c,t);
talep1(i,q,c).. QC(i,q,c,t)=e=CD(i,q,c,t);
```

```
model
transport;
```

```
Model transport /all/;
Solve transport using MIP minimizing f ;
```

```
mm1=Sum((k,i,m,p,t),LP.l(k,i,m,p,t)*USPPW(i,t))- sum((i,m,j,t),CP(i,m,j,t)*X.l(i,m,j,t))- sum((m,j,t),CO(m,j,t)*O.l(m,j,t))-
sum((m,j,t),UTC(m,j,t)*UT.l(m,j,t))-sum((k,m,p,t),FTCPW(k,m,p,t)*Y.l(k,m,p,t))-sum((k,i,m,p,t),UTCPW(k,m,p,t)*LP.l(k,i,m,p,t))-
sum((k,r,s,m,t),USPSM(r,s,m,t)*SM.l(k,r,s,m,t))-sum((i,m,t),SMN(i,m)*MINV.l(i,m,t));
ss1=sum((k,r,s,m,t)$ (ord(s)=1),USPSM(r,s,m,t)*SM.l(k,r,s,m,t))-sum((k,s,m,t)$ (ord(s)=1),FTCSM(k,s,m,t)*SG.l(k,s,m,t))-
sum((k,r,s,m,t)$ (ord(s)=1),UTCSM(k,s,m,t)*SM.l(k,r,s,m,t))-sum((k,r,s,m,t)$ (ord(s)=1),CS(r,s)*SM.l(k,r,s,m,t));
ss2=sum((k,r,s,m,t)$ (ord(s)=2),USPSM(r,s,m,t)*SM.l(k,r,s,m,t))-sum((k,s,m,t)$ (ord(s)=2),FTCSM(k,s,m,t)*SG.l(k,s,m,t))-
sum((k,r,s,m,t)$ (ord(s)=2),UTCSM(k,s,m,t)*SM.l(k,r,s,m,t))-sum((k,r,s,m,t)$ (ord(s)=2),CS(r,s)*SM.l(k,r,s,m,t));
ss3=sum((k,r,s,m,t)$ (ord(s)=3),USPSM(r,s,m,t)*SM.l(k,r,s,m,t))-sum((k,s,m,t)$ (ord(s)=3),FTCSM(k,s,m,t)*SG.l(k,s,m,t))-
sum((k,r,s,m,t)$ (ord(s)=3),UTCSM(k,s,m,t)*SM.l(k,r,s,m,t))-sum((k,r,s,m,t)$ (ord(s)=3),CS(r,s)*SM.l(k,r,s,m,t));
dd1=sum((k,i,p,q,t)$ (ord(p)=1),USPWR(i,p,q,t)*PQ.l(k,i,p,q,t))-sum((k,i,m,p,t)$ (ord(p)=1),USPPW(i,t)*LP.l(k,i,m,p,t))-
sum((k,p,q,t)$ (ord(p)=1),FTCWR(k,p,q,t)*Z.l(k,p,q,t))-sum((k,i,p,q,t)$ (ord(p)=1),UTCWR(k,p,q,t)*PQ.l(k,i,p,q,t))-
sum((i,p,t)$ (ord(p)=1),SP(i,p)*PINV.l(i,p,t));
dd2=sum((k,i,p,q,t)$ (ord(p)=2),USPWR(i,p,q,t)*PQ.l(k,i,p,q,t))-sum((k,i,m,p,t)$ (ord(p)=2),USPPW(i,t)*LP.l(k,i,m,p,t))-
sum((k,p,q,t)$ (ord(p)=2),FTCWR(k,p,q,t)*Z.l(k,p,q,t))-sum((k,i,p,q,t)$ (ord(p)=2),UTCWR(k,p,q,t)*PQ.l(k,i,p,q,t))-
sum((i,p,t)$ (ord(p)=2),SP(i,p)*PINV.l(i,p,t));
dd3=sum((k,i,p,q,t)$ (ord(p)=3),USPWR(i,p,q,t)*PQ.l(k,i,p,q,t))-sum((k,i,m,p,t)$ (ord(p)=3),USPPW(i,t)*LP.l(k,i,m,p,t))-
sum((k,p,q,t)$ (ord(p)=3),FTCWR(k,p,q,t)*Z.l(k,p,q,t))-sum((k,i,p,q,t)$ (ord(p)=3),UTCWR(k,p,q,t)*PQ.l(k,i,p,q,t))-
sum((i,p,t)$ (ord(p)=3),SP(i,p)*PINV.l(i,p,t));
rr1=(sum((i,q,c,t)$ (ord(q)=1),USPRC(i,q,c,t)*QC.l(i,q,c,t))-sum((k,i,p,q,t)$ (ord(q)=1),USPWR(i,p,q,t)*PQ.l(k,i,p,q,t))-
sum((i,q,t)$ (ord(q)=1),SQ(i,q)*QINV.l(i,q,t))-sum((i,q,c,t)$ (ord(q)=1),CBLG(i,q)*BLG.l(i,q,c,t)));
rr2=(sum((i,q,c,t)$ (ord(q)=2),USPRC(i,q,c,t)*QC.l(i,q,c,t))-sum((k,i,p,q,t)$ (ord(q)=2),USPWR(i,p,q,t)*PQ.l(k,i,p,q,t))-
sum((i,q,t)$ (ord(q)=2),SQ(i,q)*QINV.l(i,q,t))-sum((i,q,c,t)$ (ord(q)=2),CBLG(i,q)*BLG.l(i,q,c,t)));
rr3=(sum((i,q,c,t)$ (ord(q)=3),USPRC(i,q,c,t)*QC.l(i,q,c,t))-sum((k,i,p,q,t)$ (ord(q)=3),USPWR(i,p,q,t)*PQ.l(k,i,p,q,t))-
sum((i,q,t)$ (ord(q)=3),SQ(i,q)*QINV.l(i,q,t))-sum((i,q,c,t)$ (ord(q)=3),CBLG(i,q)*BLG.l(i,q,c,t)));
rr4=(sum((i,q,c,t)$ (ord(q)=4),USPRC(i,q,c,t)*QC.l(i,q,c,t))-sum((k,i,p,q,t)$ (ord(q)=4),USPWR(i,p,q,t)*PQ.l(k,i,p,q,t))-
sum((i,q,t)$ (ord(q)=4),SQ(i,q)*QINV.l(i,q,t))-sum((i,q,c,t)$ (ord(q)=4),CBLG(i,q)*BLG.l(i,q,c,t)));
rr5=(sum((i,q,c,t)$ (ord(q)=5),USPRC(i,q,c,t)*QC.l(i,q,c,t))-sum((k,i,p,q,t)$ (ord(q)=5),USPWR(i,p,q,t)*PQ.l(k,i,p,q,t))-
sum((i,q,t)$ (ord(q)=5),SQ(i,q)*QINV.l(i,q,t))-sum((i,q,c,t)$ (ord(q)=5),CBLG(i,q)*BLG.l(i,q,c,t)));
sures= sum((m,j,t),UT.l(m,j,t));
ureticistokmal=sum((i,m,t),SMN(i,m)*MINV.l(i,m,t));
ureticitasimamal1=sum((k,m,p,t),FTCPW(k,m,p,t)*Y.l(k,m,p,t))+sum((k,i,m,p,t),UTCPW(k,m,p,t)*LP.l(k,i,m,p,t));
dagiticistokmal1=sum((i,p,t)$ (ord(p)=1),SP(i,p)*PINV.l(i,p,t));
dagiticistokmal2=sum((i,p,t)$ (ord(p)=2),SP(i,p)*PINV.l(i,p,t));
dagiticistokmal3=sum((i,p,t)$ (ord(p)=3),SP(i,p)*PINV.l(i,p,t));
perakendecistokmal1=sum((i,q,t)$ (ord(q)=1),SQ(i,q)*QINV.l(i,q,t));
perakendecistokmal2=sum((i,q,t)$ (ord(q)=2),SQ(i,q)*QINV.l(i,q,t));
perakendecistokmal3=sum((i,q,t)$ (ord(q)=3),SQ(i,q)*QINV.l(i,q,t));
perakendecistokmal4=sum((i,q,t)$ (ord(q)=4),SQ(i,q)*QINV.l(i,q,t));
perakendecistokmal5=sum((i,q,t)$ (ord(q)=5),SQ(i,q)*QINV.l(i,q,t));
sonradankarsilamamal1= sum((i,q,c,t)$ (ord(q)=1),CBLG(i,q)*BLG.l(i,q,c,t));
sonradankarsilamamal2= sum((i,q,c,t)$ (ord(q)=2),CBLG(i,q)*BLG.l(i,q,c,t));
sonradankarsilamamal3= sum((i,q,c,t)$ (ord(q)=3),CBLG(i,q)*BLG.l(i,q,c,t));
sonradankarsilamamal4= sum((i,q,c,t)$ (ord(q)=4),CBLG(i,q)*BLG.l(i,q,c,t));
sonradankarsilamamal5= sum((i,q,c,t)$ (ord(q)=5),CBLG(i,q)*BLG.l(i,q,c,t));
tedarikcitasimamal1=sum((k,s,m,t)$ (ord(s)=1),FTCSM(k,s,m,t)*SG.l(k,s,m,t))+sum((k,r,s,m,t)$ (ord(s)=1),UTCSM(k,s,m,t)*SM.l(k,r,s,m,t));
;
tedarikcitasimamal2=sum((k,s,m,t)$ (ord(s)=2),FTCSM(k,s,m,t)*SG.l(k,s,m,t))+sum((k,r,s,m,t)$ (ord(s)=2),UTCSM(k,s,m,t)*SM.l(k,r,s,m,t));
;
tedarikcitasimamal3=sum((k,s,m,t)$ (ord(s)=3),FTCSM(k,s,m,t)*SG.l(k,s,m,t))+sum((k,r,s,m,t)$ (ord(s)=3),UTCSM(k,s,m,t)*SM.l(k,r,s,m,t));
;
dagiticitasimamal1=sum((k,p,q,t)$ (ord(p)=1),FTCWR(k,p,q,t)*Z.l(k,p,q,t))+sum((k,i,p,q,t)$ (ord(p)=1),UTCWR(k,p,q,t)*PQ.l(k,i,p,q,t));
dagiticitasimamal2=sum((k,p,q,t)$ (ord(p)=2),FTCWR(k,p,q,t)*Z.l(k,p,q,t))+sum((k,i,p,q,t)$ (ord(p)=2),UTCWR(k,p,q,t)*PQ.l(k,i,p,q,t));
dagiticitasimamal3=sum((k,p,q,t)$ (ord(p)=3),FTCWR(k,p,q,t)*Z.l(k,p,q,t))+sum((k,i,p,q,t)$ (ord(p)=3),UTCWR(k,p,q,t)*PQ.l(k,i,p,q,t));
```

```
Display f.l, f.m ;
```

Ek.3. HP Yaklaşımıyla Çözüm Sonucunda Elde Edilen Karar Değişkenlerinin Değerleri

LP_{kimpt}

taşıma türü	ürün	üretim tesisi	dağıtım merkezi	periyot	gönderilen miktar
K2	B	M1	d2	2	1506,00
K2	E	M1	d2	2	494,00
K3	A	M1	d1	1	750,00
K3	A	M1	d1	2	1882,92
K3	A	M1	d1	3	2535,67
K3	A	M1	d2	2	1545,36
K3	A	M1	d3	1	2057,26
K3	A	M2	d1	1	2557,04
K3	A	M2	d3	1	868,74
K3	A	M2	d3	2	2927,13
K3	A	M2	d3	3	1933,88
K3	B	M1	d1	2	481,37
K3	B	M1	d1	3	3910,06
K3	B	M1	d3	1	3418,81
K3	B	M1	d3	2	2993,13
K3	B	M3	d1	1	3632,35
K3	B	M3	d1	2	1133,28
K3	C	M1	d1	1	3405,00
K3	C	M1	d1	2	3432,00
K3	C	M1	d2	2	1628,32
K3	C	M1	d3	1	10,62
K3	C	M1	d3	2	2424,88
K3	C	M2	d3	1	2252,38
K3	C	M2	d3	3	1570,13
K3	C	M3	d1	3	2339,68
K3	D	M2	d1	1	4704,30
K3	D	M2	d3	1	2254,00
K3	D	M2	d3	2	2573,00
K3	D	M2	d3	3	2091,00
K3	D	M3	d1	2	2849,70
K3	D	M3	d1	3	2564,00
K3	E	M1	d1	1	3345,00
K3	E	M1	d1	2	1703,71
K3	E	M1	d1	3	1054,27
K3	E	M1	d2	2	1147,00
K3	E	M1	d3	1	1932,00
K3	E	M1	d3	2	2082,00
K3	E	M2	d3	3	1905,00
K3	E	M3	d1	2	1803,29
K3	E	M3	d1	3	1588,73

O_{mit}

üretim tesisi	iş merkezi	periyot	fazla mesai süresi
M1	W2	1	8425,00
M1	W2	2	8425,00
M1	W3	2	4962,00
M1	W5	2	6881,00
M1	W6	1	7765,00
M1	W6	2	7765,00
M1	W7	1	1005,59
M1	W7	2	4032,00
M2	W2	1	8324,00
M2	W5	1	3672,00
M2	W5	2	924,11
M2	W6	1	3989,28
M3	W4	2	228,84
M3	W7	1	7930,00
M3	W7	3	7592,50

QINV_{igt}

ürün	perakendeci	periyot	stok miktarı
A	R2	1	253,04
A	R2	2	182,97
A	R4	2	639,13
A	R5	2	580,36
B	R1	1	1056,81
B	R1	2	1275,00
B	R2	1	239,35
B	R4	2	683,94
C	R1	2	580,88
C	R2	2	759,00
C	R5	2	411,32
D	R2	1	269,30
E	R5	2	929,00

Ek.3. HP Yaklaşımıyla Çözüm Sonucunda Elde Edilen Karar Değişkenlerinin Değerleri
(devam)

PQ _{kipgt}					
taşıma türü	ürün	dağıtım merkezi	perakendeci	periyot	gönderilen ürün miktarı
K1	B	d1	R4	3	285,06
K1	D	d3	R2	2	400,00
K3	A	d1	R2	1	1373,04
K3	A	d1	R2	2	725,92
K3	A	d1	R2	3	737,03
K3	A	d1	R3	1	829,00
K3	A	d1	R3	2	1157,00
K3	A	d1	R3	3	914,00
K3	A	d1	R5	1	1105,00
K3	A	d1	R5	3	884,64
K3	A	d2	R5	2	1545,36
K3	A	d3	R1	1	1332,00
K3	A	d3	R1	2	1273,00
K3	A	d3	R1	3	1204,00
K3	A	d3	R4	1	1594,00
K3	A	d3	R4	2	1654,13
K3	A	d3	R4	3	729,88
K3	B	d1	R2	1	1355,35
K3	B	d1	R2	2	630,65
K3	B	d1	R2	3	987,00
K3	B	d1	R3	1	1193,00
K3	B	d1	R3	2	984,00
K3	B	d1	R3	3	1214,00
K3	B	d1	R5	1	1084,00
K3	B	d1	R5	3	1424,00
K3	B	d2	R5	2	1506,00
K3	B	d3	R1	1	2400,81
K3	B	d3	R1	2	1428,19
K3	B	d3	R4	1	1018,00
K3	B	d3	R4	2	1564,94
K3	C	d1	R2	1	1258,00
K3	C	d1	R2	2	2376,00
K3	C	d1	R3	1	883,00
K3	C	d1	R3	2	1056,00
K3	C	d1	R3	3	1756,00
K3	C	d1	R5	1	1264,00
K3	C	d1	R5	3	583,68
K3	C	d2	R5	2	1628,32
K3	C	d3	R1	1	1219,00
K3	C	d3	R1	2	1475,88
K3	C	d3	R1	3	554,13
K3	C	d3	R4	1	1044,00
K3	C	d3	R4	2	949,00
K3	C	d3	R4	3	1016,00
K3	D	d1	R2	1	1598,30

Ek.3. HP Yaklaşımıyla Çözüm Sonucunda Elde Edilen Karar Değişkenlerinin Değerleri
(devam)

PQ_{kipt}

taşıma türü	ürün	dağıtım merkezi	perakendeci	periyot	gönderilen ürün miktarı
K3	D	d1	R2	2	211,70
K3	D	d1	R2	3	822,00
K3	D	d1	R3	1	1726,00
K3	D	d1	R3	2	991,00
K3	D	d1	R3	3	1016,00
K3	D	d1	R5	1	1380,00
K3	D	d1	R5	2	1647,00
K3	D	d1	R5	3	726,00
K3	D	d3	R1	1	1087,00
K3	D	d3	R1	2	1463,00
K3	D	d3	R1	3	1138,00
K3	D	d3	R4	1	1167,00
K3	D	d3	R4	2	710,00
K3	D	d3	R4	3	953,00
K3	E	d1	R2	1	1137,00
K3	E	d1	R2	2	1590,00
K3	E	d1	R2	3	1254,00
K3	E	d1	R3	1	1100,00
K3	E	d1	R3	2	1564,00
K3	E	d1	R3	3	1389,00
K3	E	d1	R5	1	1108,00
K3	E	d1	R5	2	353,00
K3	E	d2	R5	2	1641,00
K3	E	d3	R1	1	796,00
K3	E	d3	R1	2	1044,00
K3	E	d3	R1	3	830,00
K3	E	d3	R4	1	1136,00
K3	E	d3	R4	2	1038,00
K3	E	d3	R4	3	1075,00

QC_{ıçet}

ürün	perakendeci	müşteri	periyot	gönderilen ürün miktarı
A	R1	c1	1	638
A	R1	c1	2	379
A	R1	c1	3	280
A	R1	c2	1	200
A	R1	c2	2	593
A	R1	c2	3	585
A	R1	c3	1	494
A	R1	c3	2	301
A	R1	c3	3	339
A	R2	c1	1	590
A	R2	c1	2	259
A	R2	c1	3	253
A	R2	c2	1	410
A	R2	c2	2	120
A	R2	c2	3	547

Y_{kmpt}

taşıma türü	üretim tesisi	dağıtım merkezi	periyot	gönderilme durumu
K2	M1	d2	2	1
K3	M1	d1	1	1
K3	M1	d1	2	1
K3	M1	d1	3	1
K3	M1	d2	2	1
K3	M1	d3	1	1
K3	M1	d3	2	1
K3	M2	d1	1	1
K3	M2	d3	1	1
K3	M2	d3	2	1
K3	M2	d3	3	1
K3	M3	d1	1	1
K3	M3	d1	2	1
K3	M3	d1	3	1

Ek.3. HP Yaklaşımıyla Çözüm Sonucunda Elde Edilen Karar Değişkenlerinin Değerleri (devam)

QC _{iqct}				
ürün	perakendeci	müşteri	periyot	gönderilen ürün miktarı
A	R2	c3	1	120
A	R2	c3	2	417
A	R2	c3	3	120
A	R3	c1	1	280
A	R3	c1	2	425
A	R3	c1	3	125
A	R3	c2	1	379
A	R3	c2	2	212
A	R3	c2	3	409
A	R3	c3	1	170
A	R3	c3	2	520
A	R3	c3	3	380
A	R4	c1	1	546
A	R4	c1	2	148
A	R4	c1	3	483
A	R4	c2	1	443
A	R4	c2	2	320
A	R4	c2	3	507
A	R4	c3	1	605
A	R4	c3	2	547
A	R4	c3	3	379
A	R5	c1	1	370
A	R5	c1	2	208
A	R5	c1	3	541
A	R5	c2	1	300
A	R5	c2	2	149
A	R5	c2	3	545
A	R5	c3	1	435
A	R5	c3	2	608
A	R5	c3	3	379
B	R1	c1	1	433
B	R1	c1	2	422
B	R1	c1	3	380
B	R1	c2	1	305
B	R1	c2	2	220
B	R1	c2	3	390
B	R1	c3	1	606
B	R1	c3	2	568
B	R1	c3	3	505
B	R2	c1	1	638
B	R2	c1	2	165
B	R2	c1	3	379

SG _{ksmt}				
taşıma türü	tedarikçi	üretim tesisi	periyot	tedarikçi seçilme durumu
K1	S1	M1	1	1
K1	S1	M2	3	1
K1	S1	M3	1	1
K1	S1	M3	3	1
K1	S2	M1	1	1
K1	S2	M2	1	1
K1	S2	M2	2	1
K1	S3	M1	1	1
K1	S3	M1	3	1
K1	S3	M2	1	1
K1	S3	M2	2	1
K1	S3	M2	3	1
K1	S3	M3	2	1
K1	S3	M3	3	1
K2	S1	M1	2	1
K2	S1	M1	3	1
K3	S3	M1	2	1

Ek.3. HP Yaklaşımıyla Çözüm Sonucunda Elde Edilen Karar Değişkenlerinin Değerleri
(devam)

QC _{iqct}				
ürün	perakendeci	müşteri	periyot	gönderilen ürün miktarı
B	R2	c2	1	275
B	R2	c2	2	379
B	R2	c2	3	210
B	R2	c3	1	203
B	R2	c3	2	326
B	R2	c3	3	398
B	R3	c1	1	454
B	R3	c1	2	259
B	R3	c1	3	120
B	R3	c2	1	360
B	R3	c2	2	375
B	R3	c2	3	504
B	R3	c3	1	379
B	R3	c3	2	350
B	R3	c3	3	590
B	R4	c1	1	432
B	R4	c1	2	412
B	R4	c1	3	250
B	R4	c2	1	325
B	R4	c2	2	289
B	R4	c2	3	599
B	R4	c3	1	261
B	R4	c3	2	180
B	R4	c3	3	120
B	R5	c1	1	365
B	R5	c1	2	638
B	R5	c1	3	539
B	R5	c2	1	373
B	R5	c2	2	628
B	R5	c2	3	555
B	R5	c3	1	346
B	R5	c3	2	240
B	R5	c3	3	330
C	R1	c1	1	244
C	R1	c1	2	325
C	R1	c1	3	199
C	R1	c2	1	490
C	R1	c2	2	200
C	R1	c2	3	347
C	R1	c3	1	485

UT _{mit}			
üretim tesisi	iş istasyonu	periyot	boşta kalma süresi
M1	W1	1	3521,24
M1	W1	3	24587,00
M1	W3	3	2169,99
M1	W4	1	24772,00
M1	W4	2	13652,84
M1	W4	3	24772,00
M1	W5	1	23111,00
M1	W5	3	23111,00
M1	W7	3	23826,00
M2	W1	1	21263,00
M2	W1	2	21263,00
M2	W1	3	21263,00
M2	W2	2	20334,00
M2	W2	3	3017,55
M2	W3	1	20847,00
M2	W3	2	20847,00
M2	W3	3	20847,00
M2	W4	1	4461,85
M2	W4	2	22143,00
M2	W4	3	9817,52
M2	W5	3	3447,63
M2	W6	3	7946,00
M2	W7	1	23264,00
M2	W7	2	23264,00
M2	W7	3	23264,00
M3	W1	1	22018,00
M3	W1	2	22018,00
M3	W1	3	22018,00
M3	W2	1	20563,00
M3	W2	2	20563,00
M3	W2	3	20563,00
M3	W3	1	20852,00
M3	W3	2	20852,00
M3	W3	3	20852,00
M3	W4	1	20232,00
M3	W4	3	1822,48
M3	W5	1	22002,00
M3	W5	2	22002,00
M3	W5	3	22002,00
M3	W6	1	23435,00
M3	W6	2	23435,00
M3	W6	3	23435,00
M3	W7	2	1463,76

Ek.3. HP Yaklaşımıyla Çözüm Sonucunda Elde Edilen Karar Değişkenlerinin Değerleri (devam)

QC _{iqct}				
ürün	perakendeci	müşteri	periyot	gönderilen ürün miktarı
C	R1	c3	2	370
C	R1	c3	3	589
C	R2	c1	1	435
C	R2	c1	2	360
C	R2	c1	3	360
C	R2	c2	1	225
C	R2	c2	2	638
C	R2	c2	3	121
C	R2	c3	1	598
C	R2	c3	2	619
C	R2	c3	3	278
C	R3	c1	1	379
C	R3	c1	2	410
C	R3	c1	3	512
C	R3	c2	1	125
C	R3	c2	2	379
C	R3	c2	3	612
C	R3	c3	1	379
C	R3	c3	2	267
C	R3	c3	3	632
C	R4	c1	1	477
C	R4	c1	2	125
C	R4	c1	3	232
C	R4	c2	1	226
C	R4	c2	2	365
C	R4	c2	3	421
C	R4	c3	1	341
C	R4	c3	2	459
C	R4	c3	3	363
C	R5	c1	1	582
C	R5	c1	2	590
C	R5	c1	3	425
C	R5	c2	1	198
C	R5	c2	2	507
C	R5	c2	3	409
C	R5	c3	1	484
C	R5	c3	2	120
C	R5	c3	3	161
D	R1	c1	1	356
D	R1	c1	2	536
D	R1	c1	3	420
D	R1	c2	1	406
D	R1	c2	2	475
D	R1	c2	3	372
D	R1	c3	1	325

X _{imit}				
ürün	üretim tesisi	iş istasyonu	periyot	üretim miktarı
A	M1	W3	1	2807,26
A	M1	W3	2	3428,29
A	M1	W3	3	2535,67
A	M2	W6	1	3425,78
A	M2	W6	2	2927,13
A	M2	W6	3	1933,88
B	M1	W2	1	3418,81
B	M1	W2	2	3418,81
B	M1	W2	3	2475,36
B	M1	W4	2	1561,68
B	M1	W6	3	1434,70
B	M3	W7	1	3632,35
B	M3	W7	2	1133,28
C	M1	W5	2	3381,29
C	M1	W6	2	272,00
C	M1	W7	1	3415,62
C	M1	W7	2	3831,91
C	M2	W4	1	2252,38
C	M2	W4	3	1570,13
C	M3	W7	3	2339,68
D	M2	W2	1	4082,34
D	M2	W5	1	2875,96
D	M2	W5	2	2573,00
D	M2	W5	3	2091,00
D	M3	W4	2	2849,70
D	M3	W4	3	2564,00
E	M1	W1	1	2284,79
E	M1	W1	2	2666,70
E	M1	W6	1	2992,21
E	M1	W6	2	2760,01
E	M1	W6	3	1054,27
E	M2	W2	3	1905,00
E	M3	W7	2	1803,29
E	M3	W7	3	1588,73

Ek.3. HP Yaklaşımıyla Çözüm Sonucunda Elde Edilen Karar Değişkenlerinin Değerleri
(devam)

QC_{iqct}				
ürün	perakendeci	müşteri	periyot	gönderilen ürün miktarı
D	R1	c3	2	452
D	R1	c3	3	346
D	R2	c1	1	473
D	R2	c1	2	158
D	R2	c1	3	120
D	R2	c2	1	451
D	R2	c2	2	464
D	R2	c2	3	193
D	R2	c3	1	405
D	R2	c3	2	259
D	R2	c3	3	509
D	R3	c1	1	638
D	R3	c1	2	380
D	R3	c1	3	379
D	R3	c2	1	494
D	R3	c2	2	425
D	R3	c2	3	353
D	R3	c3	1	594
D	R3	c3	2	186
D	R3	c3	3	284
D	R4	c1	1	176
D	R4	c1	2	301
D	R4	c1	3	228
D	R4	c2	1	449
D	R4	c2	2	180
D	R4	c2	3	379
D	R4	c3	1	542
D	R4	c3	2	229
D	R4	c3	3	346
D	R5	c1	1	379
D	R5	c1	2	592
D	R5	c1	3	172
D	R5	c2	1	460
D	R5	c2	2	591
D	R5	c2	3	379
D	R5	c3	1	541
D	R5	c3	2	464
D	R5	c3	3	175
E	R1	c1	1	259
E	R1	c1	2	310
E	R1	c1	3	340
E	R1	c2	1	209
E	R1	c2	2	488
E	R1	c2	3	370
E	R1	c3	1	328

Z_{kpat}				
taşıma türü	dağıtım merkezi	perakendeci	periyot	seçilme durumu
K1	d1	R4	3	1
K1	d3	R2	2	1
K3	d1	R2	1	1
K3	d1	R2	2	1
K3	d1	R2	3	1
K3	d1	R3	1	1
K3	d1	R3	2	1
K3	d1	R3	3	1
K3	d1	R5	1	1
K3	d1	R5	2	1
K3	d1	R5	3	1
K3	d2	R5	2	1
K3	d3	R1	1	1
K3	d3	R1	2	1
K3	d3	R1	3	1
K3	d3	R4	1	1
K3	d3	R4	2	1
K3	d3	R4	3	1

Ek.3. HP Yaklaşımıyla Çözüm Sonucunda Elde Edilen Karar Değişkenlerinin Değerleri
(devam)

QC _{ıqct}				
ürün	perakendeci	müşteri	periyot	gönderilen ürün mik.
E	R1	c3	2	246
E	R1	c3	3	120
E	R2	c1	1	290
E	R2	c1	2	544
E	R2	c1	3	324
E	R2	c2	1	455
E	R2	c2	2	452
E	R2	c2	3	415
E	R2	c3	1	392
E	R2	c3	2	594
E	R2	c3	3	515
E	R3	c1	1	342
E	R3	c1	2	625
E	R3	c1	3	544
E	R3	c2	1	379
E	R3	c2	2	560
E	R3	c2	3	466
E	R3	c3	1	379
E	R3	c3	2	379
E	R3	c3	3	379
E	R4	c1	1	267
E	R4	c1	2	258
E	R4	c1	3	395
E	R4	c2	1	534
E	R4	c2	2	375
E	R4	c2	3	281
E	R4	c3	1	335
E	R4	c3	2	405
E	R4	c3	3	399
E	R5	c1	1	251
E	R5	c1	2	530
E	R5	c1	3	120
E	R5	c2	1	219
E	R5	c2	2	294
E	R5	c2	3	495
E	R5	c3	1	638
E	R5	c3	2	241
E	R5	c3	3	314

YP _{imit}				
ürün	üretim tesisi	iş istasyonu	periyot	seçilme durumu
A	M1	W3	1	1
A	M1	W3	2	1
A	M1	W3	3	1
A	M2	W6	1	1
A	M2	W6	2	1
A	M2	W6	3	1
B	M1	W2	1	1
B	M1	W2	2	1
B	M1	W2	3	1
B	M1	W4	2	1
B	M1	W6	3	1
B	M3	W7	1	1
B	M3	W7	2	1
C	M1	W5	2	1
C	M1	W6	2	1
C	M1	W7	1	1
C	M1	W7	2	1
C	M2	W4	1	1
C	M2	W4	3	1
C	M3	W7	3	1
D	M2	W2	1	1
D	M2	W5	1	1
D	M2	W5	2	1
D	M2	W5	3	1
D	M3	W4	2	1
D	M3	W4	3	1
E	M1	W1	1	1
E	M1	W1	2	1
E	M1	W6	1	1
E	M1	W6	2	1
E	M1	W6	3	1
E	M2	W2	3	1
E	M3	W7	2	1
E	M3	W7	3	1

Ek.3. HP Yaklaşımıyla Çözüm Sonucunda Elde Edilen Karar Değişkenlerinin Değerleri (devam)

SM_{krsmt}					
taşıma türü	hammadde	tedarikçi	üretim tesisi	periyot	gönderilen hammadde miktarı
K1	a1	S1	M2	3	3867,75
K1	a1	S2	M1	1	5614,52
K1	a1	S2	M2	1	6851,57
K1	a1	S2	M2	2	5854,25
K1	a2	S3	M1	1	8421,78
K1	a2	S3	M1	3	7607,01
K1	a2	S3	M2	1	10277,35
K1	a2	S3	M2	2	8781,38
K1	a2	S3	M2	3	5801,63
K1	a3	S2	M1	1	5614,52
K1	a3	S2	M2	1	6851,57
K1	a3	S2	M2	2	5854,25
K1	a3	S3	M1	3	604,58
K1	a3	S3	M2	3	3867,75
K1	b1	S1	M3	1	10897,05
K1	b1	S2	M1	1	10256,44
K1	b1	S3	M3	2	3399,85
K1	b2	S1	M1	1	13675,25
K1	b2	S1	M3	1	14529,40
K1	b2	S3	M3	2	4533,13
K1	b3	S1	M3	1	7264,70
K1	b3	S2	M1	1	6837,63
K1	b3	S3	M3	2	2266,57
K1	c1	S3	M1	1	17078,12
K1	c1	S3	M2	1	11261,88
K1	c1	S3	M2	3	7850,63
K1	c1	S3	M3	3	11698,39
K1	c2	S1	M1	1	6831,25
K1	c2	S1	M2	3	3140,25
K1	c2	S1	M3	3	4679,36
K1	c2	S2	M2	1	3877,19
K1	c2	S3	M2	1	627,56
K1	c3	S1	M1	1	13662,50
K1	c3	S1	M2	3	6280,50
K1	c3	S1	M3	3	9358,71
K1	c3	S2	M2	1	9009,50
K1	d1	S1	M2	3	4182,00
K1	d1	S1	M3	3	5128,00
K1	d1	S2	M2	1	13916,60
K1	d1	S2	M2	2	5146,00
K1	d1	S3	M3	2	5699,40
K1	d2	S3	M2	1	20874,90
K1	d2	S3	M2	2	7719,00

Ek.3. HP Yaklaşımıyla Çözüm Sonucunda Elde Edilen Karar Değişkenlerinin Değerleri
(devam)

SM _{krsm}					
taşıma türü	hammadde	tedarikçi	üretim tesisi	periyot	gönderilen hammadde miktarı
K1	d2	S3	M2	3	6273,00
K1	d2	S3	M3	2	8549,10
K1	d2	S3	M3	3	7692,00
K1	d3	S3	M2	1	6958,30
K1	d3	S3	M2	2	2573,00
K1	d3	S3	M2	3	2091,00
K1	d3	S3	M3	2	2849,70
K1	d3	S3	M3	3	2564,00
K1	e1	S3	M1	1	21108,00
K1	e1	S3	M1	3	4217,07
K1	e1	S3	M2	3	7620,00
K1	e1	S3	M3	2	7213,16
K1	e1	S3	M3	3	6354,93
K1	e2	S1	M1	1	15831,00
K1	e2	S1	M2	3	5715,00
K1	e2	S1	M3	3	4766,20
K1	e2	S3	M3	2	5409,87
K1	e3	S1	M2	3	3810,00
K1	e3	S1	M3	3	3177,47
K1	e3	S2	M1	1	10554,00
K1	e3	S3	M3	2	3606,58
K2	a1	S1	M1	3	5071,34
K2	a3	S1	M1	3	4466,76
K2	b1	S1	M1	2	14941,48
K2	b1	S1	M1	3	11730,19
K2	b2	S1	M1	2	5117,73
K2	b2	S1	M1	3	15640,25
K2	b3	S1	M1	3	7820,12
K2	c3	S1	M1	2	29940,79
K2	e2	S1	M1	3	3162,80
K2	e3	S1	M1	3	2108,53
K3	a1	S3	M1	2	6856,57
K3	a2	S3	M1	2	10284,86
K3	a3	S3	M1	2	6856,57
K3	b2	S3	M1	2	14804,24
K3	b3	S3	M1	2	9960,98
K3	c1	S3	M1	2	37425,99
K3	c2	S3	M1	2	14970,39
K3	e1	S3	M1	2	21706,84
K3	e2	S3	M1	2	16280,13
K3	e3	S3	M1	2	10853,42

Ek.4. BHP Yaklaşımına Göre Modelin GAMS Programında Yazımı

-
-
-

Variables

SM(k,r,s,m,t) t periyodunda k. tasima turu kullanılarak tedarikci s'den uretim tesisi m'ye gonderilen hammadde miktarı
UT(m,j,t) t periyodunda m uretim tesisindeki j. is istasyonunda bosta kalma zamanı
LP(k,i,m,p,t) t periyodunda uretim tesisi m'den DC p'ye k. tasima turu kullanılarak gonderilen i urunu miktarı
O(m,j,t) t periyodunda uretim tesisi m'deki j is istasyonunda kullanılabilen fazla mesai kapasitesi
PINV(i,p,t) t periyodunda DC p deki i urunu için periyod sonu stogu
PQ(k,i,p,q,t) t periyodunda DC p'den perakendeci q'ya k. tasima turu kullanılarak gonderilebilen i urunu miktarı
QINV(i,q,t) t periyodunda perakendeci q da i urunu için donem sonu stok miktarı
X(i,m,j,t) t periyodunda uretim tesisi m'deki j. is istasyonundaki i urunu için uretim miktarı
BLG(i,q,c,t) t periyodunun sonunda perakendeci q tarafından i urunu için karsılanamayan miktar
Z(k,p,q,t) t periyodunda DC p'den perakendeci q'ya k. tasima turunun kullanilip kullanilmadiginin gosteren karar degiskeni
QC(i,q,c,t) t periyodunda perakendeci q'dan musteri c'ye satilan i urunu miktarı
MINV(i,m,t) t periyodunun sonunda i urunu için uretim tesisi m nin stogu
SG(k,s,m,t) t periyodunda k.tasima seviyesi kullanılarak tedarikci s'den uretim tesisi m'ye gonderi yapilip yapilmadigini gosteren karar degiskeni
YP(i,m,j,t) t periyodunda m uretim tesisindeki j. is istasyonunun secilip secilmedigini gosteren karar degiskeni
YA(k,m,p,t) t periyodunda alan m'den DC p'ye k. tasima turunun kullanilip kullanilmadigini gosteren karar degiskeni
LA
f tatmin degerinin en buyuklenmesi;

positive variable

UT	Binary variable
SM	Y
QC	Z
MINV	YP
LP	SG;
O	
PINV	Equations
QINV	profit
BLG	profit1
X	profit2
PQ ;	profit3
	profitm
	profit4
profitd1	profit5
profitd2	sure1
profitd3	
profitr1	
profitr2	
profitr3	

denge(i,m,t) uretim tesislerinde uretilen miktarın DC'lere gonderilene buyuk yada esit olması
secilme(i,m,j,t) her uretim tesisindeki is istasyonunda harcanan surenin mevcut düzenli ve fazla mesaili süreden kucuk yada esit olması
uretim(m,j,t) uretim için gecen süre düzenli çalışma süresi ve fazla mesaili süreyi gecemez
enazuretmik(i,m,j,t) her uretim tesisindeki is istasyonlarındaki uretim en az uretim miktarlarından fazla olmalıdır
fmesaisuresi(m,j,t) kullanılan fazla mesai süresi toplam harcanan zamandan boşta kalan zamanın farkına esittir
fmesai(m,j,t) is istasyonlarında fazla mesai kapasitesi sinirlaması

dcdenge(i,p,t) DC'lere giren urun miktarı DCde depolanan ve gonderilen miktara esit olması
qdenge(i,q,t) p lere giren urun miktarı p de depolanan ve gonderilen miktara esit olması
mdenge(i,m,t) uretim tesislerinde kalan urun miktarı depolanan ve gonderilen miktara esit olması
qstok(q,t) perakendeciler için urun stoklama kapasitesi sinirlandirması
dstok(p,t) DCler için urun stoklama kapasitesi sinirlandirması
mstok(m,t) uretim alanlarında urun stoklama kapasitesi sinirlandirması
dmtasima1(k,m,p,t) uretim alanları ve DCler arasında birden fazla tasima turunun kullanilabilecegini gosterir
dmtasima2(k,m,p,t) uretim alanları ve DCler arasında birden fazla tasima turunun kullanilabilecegini gosterir
dptasima1(k,p,q,t) uretim DCler ve perakendeciler arasında birden fazla tasima turunun kullanilabilecegini gosterir
dptasima2(k,p,q,t) uretim DCler ve perakendeciler arasında birden fazla tasima turunun kullanilabilecegini gosterir
tdarik(r,m,t)
tedenge(r,s,t)
smtasima1(k,s,m,t) tedarikciler ve uretim tesisleri arasında birden fazla tasima turunun kullanilabilecegini gosterir
smtasima2(k,s,m,t) tedarikciler ve uretim tesisleri arasında birden fazla tasima turunun kullanilabilecegini gosterir

Ek.4. BHP Yaklaşımına Göre Modelin GAMS Programında Yazımı

```
karsilayama(i,q,c,t) perakendeci tarafından karsilanamayan urun miktarı
talep1(i,q,t)
talep2(i,q,t)
LAust
LAalt;
profitt.. f =e= LA ;
profitt1.. ((1-LA)*1646226.10)+ sum((k,r,s,m,t)$ (ord(s)=1),USPSM(r,s,m,t)*SM(k,r,s,m,t))-
sum((k,s,m,t)$ (ord(s)=1),FTCSM(k,s,m,t)*SG(k,s,m,t))-sum((k,r,s,m,t)$ (ord(s)=1),UTCSM(k,s,m,t)*SM(k,r,s,m,t))-
sum((k,r,s,m,t)$ (ord(s)=1),CS(r,s)*SM(k,r,s,m,t))=g=2098505.66;
profitt2.. ((1-LA)*130432.47)+ sum((k,r,s,m,t)$ (ord(s)=2),USPSM(r,s,m,t)*SM(k,r,s,m,t))-
sum((k,s,m,t)$ (ord(s)=2),FTCSM(k,s,m,t)*SG(k,s,m,t))-sum((k,r,s,m,t)$ (ord(s)=2),UTCSM(k,s,m,t)*SM(k,r,s,m,t))-
sum((k,r,s,m,t)$ (ord(s)=2),CS(r,s)*SM(k,r,s,m,t))=g=336616.61;
profitt3.. ((1-LA)*115378.52)+ sum((k,r,s,m,t)$ (ord(s)=3),USPSM(r,s,m,t)*SM(k,r,s,m,t))-
sum((k,s,m,t)$ (ord(s)=3),FTCSM(k,s,m,t)*SG(k,s,m,t))-sum((k,r,s,m,t)$ (ord(s)=3),UTCSM(k,s,m,t)*SM(k,r,s,m,t))-
sum((k,r,s,m,t)$ (ord(s)=3),CS(r,s)*SM(k,r,s,m,t)) =g=1725068.42;
profittm.. ((1-LA)*6315073.37)+ Sum((k,i,m,p,t),LP(k,i,m,p,t)*USPPW(i,t))- sum((i,m,j,t),CP(i,m,j,t)*X(i,m,j,t))-
sum((m,j,t),CO(m,j,t)*O(m,j,t))-sum((m,j,t),UTC(m,j,t)*UT(m,j,t))-sum((k,m,p,t),FTCPW(k,m,p,t)*Y(k,m,p,t))-
sum((k,i,m,p,t),UTCPW(k,m,p,t)*LP(k,i,m,p,t))-sum((k,r,s,m,t),USPSM(r,s,m,t)*SM(k,r,s,m,t))-
sum((i,m,t),SMN(i,m)*MINV(i,m,t))=g=10197566.55;
profitt1.. ((1-LA)*3036211.38)+ sum((k,i,p,q,t)$ (ord(p)=1),USPWR(i,p,q,t)*PQ(k,i,p,q,t))-
sum((k,i,m,p,t)$ (ord(p)=1),USPPW(i,t)*LP(k,i,m,p,t))-sum((k,p,q,t)$ (ord(p)=1),FTCWR(k,p,q,t)*Z(k,p,q,t))-
sum((k,i,p,q,t)$ (ord(p)=1),UTCWR(k,p,q,t)*PQ(k,i,p,q,t))-sum((i,p,t)$ (ord(p)=1),SP(i,p)*PINV(i,p,t))=g=4729256.38;
profitt2.. ((1-LA)*703562.20)+ sum((k,i,p,q,t)$ (ord(p)=2),USPWR(i,p,q,t)*PQ(k,i,p,q,t))-
sum((k,i,m,p,t)$ (ord(p)=2),USPPW(i,t)*LP(k,i,m,p,t))-sum((k,p,q,t)$ (ord(p)=2),FTCWR(k,p,q,t)*Z(k,p,q,t))-
sum((k,i,p,q,t)$ (ord(p)=2),UTCWR(k,p,q,t)*PQ(k,i,p,q,t))-sum((i,p,t)$ (ord(p)=2),SP(i,p)*PINV(i,p,t)) =g=742534.20;
profitt3.. ((1-LA)*1642905.15)+ sum((k,i,p,q,t)$ (ord(p)=3),USPWR(i,p,q,t)*PQ(k,i,p,q,t))-
sum((k,i,m,p,t)$ (ord(p)=3),USPPW(i,t)*LP(k,i,m,p,t))-sum((k,p,q,t)$ (ord(p)=3),FTCWR(k,p,q,t)*Z(k,p,q,t))-
sum((k,i,p,q,t)$ (ord(p)=3),UTCWR(k,p,q,t)*PQ(k,i,p,q,t))-sum((i,p,t)$ (ord(p)=3),SP(i,p)*PINV(i,p,t)) =g=2757267.15;
sure1.. sum((m,j,t),UT(m,j,t))=l=765149.71+(382292.81*(1-LA));
profitr1.. ((1-LA)*9034405.56)+sum((i,q,c,t)$ (ord(q)=1),USPRC(i,q,c,t)*QC(i,q,c,t))-
sum((k,i,p,q,t)$ (ord(q)=1),USPWR(i,p,q,t)*PQ(k,i,p,q,t))-
sum((i,q,t)$ (ord(q)=1),SQ(i,q)*QINV(i,q,t))-sum((i,q,c,t)$ (ord(q)=1),CBLG(i,q)*BLG(i,q,c,t))=g= 12711563.56;
profitr2.. ((1-LA)*9197513.28)+sum((i,q,c,t)$ (ord(q)=2),USPRC(i,q,c,t)*QC(i,q,c,t))-
sum((k,i,p,q,t)$ (ord(q)=2),USPWR(i,p,q,t)*PQ(k,i,p,q,t))-sum((i,q,t)$ (ord(q)=2),SQ(i,q)*QINV(i,q,t))-
sum((i,q,c,t)$ (ord(q)=2),CBLG(i,q)*BLG(i,q,c,t))=g=12908433.28;
profitr3.. ((1-LA)*8825502.43)+sum((i,q,c,t)$ (ord(q)=3),USPRC(i,q,c,t)*QC(i,q,c,t))-
sum((k,i,p,q,t)$ (ord(q)=3),USPWR(i,p,q,t)*PQ(k,i,p,q,t))-sum((i,q,t)$ (ord(q)=3),SQ(i,q)*QINV(i,q,t))-
sum((i,q,c,t)$ (ord(q)=3),CBLG(i,q)*BLG(i,q,c,t))=g=12927735.82;
profitr4.. ((1-LA)*9445381.06)+sum((i,q,c,t)$ (ord(q)=4),USPRC(i,q,c,t)*QC(i,q,c,t))-
sum((k,i,p,q,t)$ (ord(q)=4),USPWR(i,p,q,t)*PQ(k,i,p,q,t))-sum((i,q,t)$ (ord(q)=4),SQ(i,q)*QINV(i,q,t))-
sum((i,q,c,t)$ (ord(q)=4),CBLG(i,q)*BLG(i,q,c,t))=g= 12703693.96;
profitr5.. ((1-LA)*9296088.78)+sum((i,q,c,t)$ (ord(q)=5),USPRC(i,q,c,t)*QC(i,q,c,t))-
sum((k,i,p,q,t)$ (ord(q)=5),USPWR(i,p,q,t)*PQ(k,i,p,q,t))-sum((i,q,t)$ (ord(q)=5),SQ(i,q)*QINV(i,q,t))-
sum((i,q,c,t)$ (ord(q)=5),CBLG(i,q)*BLG(i,q,c,t))=g= 12823408.58;
denge(i,m,t).. sum((j), X(i,m,j,t)) =g= sum((k,p),LP(k,i,m,p,t));
secilme(i,m,j,t).. (a(i,m,j,t) * X(i,m,j,t))=l= (RP(m,j,t)*YP(i,m,j,t))+(CAPO(m,j,t)*YP(i,m,j,t));
uretim(m,j,t).. sum(i,a(i,m,j,t) * X(i,m,j,t)) =l= RP(m,j,t)+ CAPO(m,j,t) ;
enazuretlik(i,m,j,t).. X(i,m,j,t)=g=LPR(i,m,j,t)*YP(i,m,j,t) ;
fmesaisuresi(m,j,t).. O(m,j,t)=e= sum(i,X(i,m,j,t))*a(i,m,j,t)-RP(m,j,t)+UT(m,j,t);
fmesai(m,j,t).. O(m,j,t) =l= CAPO(m,j,t) ;
dcdenge(i,p,t).. PINV(i,p,t-1)+sum((k,m),LP(k,i,m,p,t))-sum((k,q),PQ(k,i,p,q,t))=e=PINV(i,p,t);
qdenge(i,q,t).. QINV(i,q,t-1)+sum((k,p),PQ(k,i,p,q,t))-sum(c,QC(i,q,c,t))=e=QINV(i,q,t);
mdenge(i,m,t).. MINV(i,m,t)=e=MINV(i,m,t-1)+sum(j,X(i,m,j,t))-sum((k,p),LP(k,i,m,p,t));
qstok(q,t).. sum(i,QINV(i,q,t))=l=TQ(q);
dcstok(p,t).. sum(i,PINV(i,p,t))=l=TP(p);
mstok(m,t).. sum(i,MINV(i,m,t))=l=TM(m);
dmtasima1(k,m,p,t).. TCLPW(k-1,m,p)*Y(k,m,p,t)=l=sum(i,LP(k,i,m,p,t));
dmtasima2(k,m,p,t).. sum(i,LP(k,i,m,p,t))=l=TCLPW(k,m,p)*Y(k,m,p,t);
dptasima1(k,p,q,t).. TCLWR(k-1,p,q)*Z(k,p,q,t)=l=sum(i,PQ(k,i,p,q,t));
dptasima2(k,p,q,t).. sum(i,PQ(k,i,p,q,t))=l=TCLWR(k,p,q)*Z(k,p,q,t);
tedarik(r,m,t).. sum((k,s),SM(k,r,s,m,t))-sum((i,j),b(r,i)*X(i,m,j,t))=e= 0;
teddenge(r,s,t).. sum((k,m),SM(k,r,s,m,t)) =l= ULS(r,s,t)*sum((k,m),SG(k,s,m,t));
smtasima1(k,s,m,t).. TCLSM(k-1,s,m)*SG(k,s,m,t)=l= sum((r),SM(k,r,s,m,t));
smtasima2(k,s,m,t).. sum((r),SM(k,r,s,m,t)) =l= TCLSM(k,s,m)*SG(k,s,m,t);
karsilayama(i,q,c,t).. BLG(i,q,c,t-1)+CD(i,q,c,t)-QC(i,q,c,t)=e= BLG(i,q,c,t);
talep1(i,q,t).. sum((k,p),PQ(k,i,p,q,t))=l=1914-(777*LA);
talep2(i,q,t).. sum((k,p),PQ(k,i,p,q,t))=g=360+(777*LA);
LAust.. LA=l=1;
LAalt.. LA=g=0;
model
transport;
Model transport /all/;
Solve transport using MIP maximizing f ;
```

Ek.5. BHP Yaklaşımıyla Çözüm Sonucunda Elde Edilen Karar Değişkenlerinin Değerleri

BLG_{iqct}				
ürün	perakendeci	müşteri	periyot	karşılanamayan miktar
A	R1	c1	1	93,58
A	R1	c2	2	128,16
A	R1	c2	3	93,74
A	R2	c2	1	84,42
A	R3	c1	2	425,00
A	R3	c2	3	409,00
A	R3	c3	3	380,00
A	R4	c1	2	132,16
A	R4	c2	1	355,58
A	R4	c2	3	262,74
A	R5	c1	2	208,00
A	R5	c3	1	46,84
B	R1	c1	3	281,64
B	R1	c2	2	220,00
B	R1	c3	1	105,58
B	R1	c3	2	25,06
B	R2	c1	1	80,42
B	R3	c1	2	105,84
B	R3	c2	1	157,42
B	R3	c2	3	81,42
B	R5	c1	2	470,42
B	R5	c1	3	326,00
B	R5	c3	3	330,00
C	R1	c2	1	61,50
C	R2	c1	1	19,58
C	R2	c3	2	479,42
C	R3	c2	2	379,00
C	R4	c3	1	8,42
C	R5	c2	1	25,58
C	R5	c3	2	4,16
D	R1	c3	2	73,16
D	R2	c2	2	138,84
D	R2	c3	1	293,42
D	R3	c2	3	17,74
D	R3	c3	1	487,58
D	R3	c3	2	240,16
D	R4	c3	1	131,42
D	R5	c1	2	592,00
D	R5	c2	1	460,00
D	R5	c2	3	37,74
D	R5	c3	2	464,00
E	R2	c1	2	250,16
E	R2	c3	3	265,74
E	R3	c1	2	187,16
E	R3	c3	3	337,74

O_{mit}			
üretim tesisi	iş merkezi	periyot	fazla mesai süresi
M1	W1	3	2317,55
M1	W2	1	8425,00
M1	W2	2	8425,00
M1	W2	3	6653,56
M1	W3	1	4962,00
M1	W3	3	4962,00
M1	W5	3	6881,00
M1	W6	1	7765,00
M2	W1	2	3407,54
M2	W2	2	8324,00
M2	W3	1	3993,00
M2	W3	2	3993,00
M2	W4	2	4217,00
M2	W5	1	3672,00
M2	W5	2	3672,00
M2	W6	2	4795,00
M2	W7	2	4386,00
M3	W1	1	4266,00
M3	W1	3	4266,00
M3	W3	1	7859,00
M3	W3	3	7859,00
M3	W4	3	1029,06
M3	W6	1	9311,00
M3	W6	3	9311,00
M3	W7	1	7930,00
M3	W7	3	7930,00

PINV_{ipt}			
ürün	dağıtım merkezi	periyot	stok miktarı
B	d2	1	1793,88
B	d3	1	331,52
B	d3	3	135,05
C	d1	1	53,86
C	d2	3	1047,68
C	d3	3	2356,95
D	d1	1	117,65
E	d1	1	424,50
E	d2	1	1038,00

Ek.5. BHP Yaklaşımıyla Çözüm Sonucunda Elde Edilen Karar Değişkenlerinin Değerleri (devam)

LP _{kimpt}					
taşıma türü	ürün	üretim tesisi	dağıtım merkezi	periyot	gönderilen miktar
K1	A	M2	d1	2	400,00
K1	A	M2	d2	1	306,24
K1	A	M3	d1	2	116,00
K1	A	M3	d3	2	61,00
K1	B	M3	d3	2	339,00
K1	D	M2	d3	1	293,45
K1	E	M3	d1	2	284,00
K2	A	M1	d1	3	456,02
K2	A	M2	d1	1	159,61
K2	A	M2	d2	1	667,67
K2	A	M2	d3	2	1906,35
K2	A	M3	d1	1	982,68
K2	B	M2	d2	1	1332,33
K2	B	M2	d3	1	1257,87
K2	B	M3	d2	3	365,25
K2	C	M2	d1	2	2000,00
K2	D	M2	d1	1	1840,39
K2	D	M2	d3	1	742,13
K2	D	M3	d1	3	2000,00
K2	D	M3	d2	3	34,75
K2	D	M3	d3	3	1000,83
K2	E	M1	d1	1	765,81
K3	A	M1	d1	1	3428,29
K3	A	M1	d1	3	2782,40
K3	A	M1	d3	3	2951,01
K3	A	M2	d1	2	2959,60
K3	A	M2	d3	2	546,32
K3	A	M3	d2	1	264,51
K3	B	M1	d1	1	3418,81
K3	B	M1	d1	2	2748,44
K3	B	M1	d2	3	796,33
K3	B	M3	d1	3	4546,32
K3	B	M3	d2	1	1545,55
K3	B	M3	d3	3	416,41
K3	C	M1	d1	3	3642,60
K3	C	M1	d2	3	2286,10
K3	C	M2	d1	2	615,72
K3	C	M2	d2	2	1238,42
K3	C	M2	d3	2	2000,00
K3	C	M3	d1	1	4303,52
K3	C	M3	d2	1	1638,42
K3	C	M3	d3	3	3465,19
K3	D	M2	d1	2	3394,77
K3	D	M2	d2	2	1035,58
K3	D	M2	d3	2	1238,42

SG _{ksmt}				
taşıma türü	tedarikçi	üretim tesisi	periyot	tedarikçi seçilme durumu
K1	S1	M1	1	1
K1	S1	M1	2	1
K1	S1	M1	3	1
K1	S1	M2	1	1
K1	S1	M2	2	1
K1	S1	M2	3	1
K1	S1	M3	1	1
K1	S1	M3	2	1
K1	S2	M1	1	1
K1	S2	M1	2	1
K1	S2	M2	2	1
K1	S2	M3	1	1
K1	S2	M3	2	1
K1	S3	M1	1	1
K1	S3	M1	2	1
K1	S3	M2	1	1
K1	S3	M2	3	1
K1	S3	M3	1	1
K1	S3	M3	3	1
K3	S1	M1	3	1
K3	S1	M3	3	1
K3	S3	M2	2	1

Ek.5. BHP Yaklaşımıyla Çözüm Sonucunda Elde Edilen Karar Değişkenlerinin Değerleri
(devam)

PQ _{kipqt}					
taşıma türü	ürün	dağıtım merkezi	perakendeci	periyot	gönderilen ürün mik.
K1	A	d3	R5	2	36,83
K1	B	d1	R2	3	195,48
K1	B	d1	R5	3	76,84
K1	B	d2	R1	2	400,00
K1	B	d2	R5	2	358,30
K1	C	d1	R2	3	130,18
K1	C	d1	R4	2	274,00
K1	C	d2	R3	1	400,00
K1	C	d2	R5	3	400,00
K1	D	d2	R4	2	73,58
K1	D	d2	R4	3	34,75
K1	D	d3	R4	3	239,25
K1	E	d3	R1	3	400,00
K2	A	d1	R1	1	400,00
K2	A	d1	R5	3	761,58
K2	A	d2	R4	1	1238,42
K2	A	d3	R4	2	1238,42
K2	A	d3	R4	3	1238,42
K2	A	d3	R5	3	476,84
K2	B	d1	R2	3	761,58
K2	B	d1	R3	1	109,23
K2	B	d1	R4	2	1035,58
K2	B	d2	R5	3	1161,58
K2	C	d1	R2	2	400,00
K2	C	d1	R3	1	818,16
K2	C	d2	R5	3	838,42
K2	C	d3	R4	2	761,58
K2	D	d1	R2	3	1238,42
K2	D	d1	R5	3	1238,42
K2	D	d2	R4	2	962,00
K2	D	d3	R4	1	1035,58
K2	D	d3	R4	3	761,58
K2	E	d2	R4	1	686,90
K2	E	d2	R4	2	1038,00
K2	E	d3	R1	1	1238,42
K2	E	d3	R1	3	838,42
K2	E	d3	R2	1	1177,85
K2	E	d3	R3	2	1238,42

UT _{mit}			
üretim tesisi	iş istasyonu	periyot	boşta kalma süresi
M1	W1	2	24587,00
M1	W2	2	5986,42
M1	W3	2	22430,00
M1	W4	1	24772,00
M1	W4	2	24772,00
M1	W4	3	24772,00
M1	W5	1	23111,00
M1	W5	2	23111,00
M1	W6	2	20661,00
M1	W6	3	20661,00
M1	W7	1	23826,00
M1	W7	2	23826,00
M2	W1	1	21263,00
M2	W1	3	21263,00
M2	W2	1	20334,00
M2	W2	3	20334,00
M2	W3	3	20847,00
M2	W4	1	22143,00
M2	W4	3	22143,00
M2	W5	3	22413,00
M2	W6	1	23417,00
M2	W6	3	23417,00
M2	W7	1	14898,57
M2	W7	2	10781,08
M2	W7	3	23264,00
M3	W1	2	22018,00
M3	W2	1	20563,00
M3	W2	2	20563,00
M3	W2	3	3945,80
M3	W3	2	20852,00
M3	W4	1	20232,00
M3	W4	2	20232,00
M3	W5	1	22002,00
M3	W5	2	22002,00
M3	W5	3	22002,00
M3	W6	2	21868,55
M3	W7	2	19096,41

Ek.5. BHP Yaklaşımıyla Çözüm Sonucunda Elde Edilen Karar Değişkenlerinin Değerleri
(devam)

PQ_{kipgt}

taşıma türü	ürün	dağıtım merkezi	perakendeci	periyot	gönderilen ürün mik.
K2	E	d3	R3	3	1238,42
K2	E	d3	R5	1	1238,42
K2	E	d3	R5	2	1238,42
K2	E	d3	R5	3	1238,42
K3	A	d1	R1	1	838,42
K3	A	d1	R1	3	1238,42
K3	A	d1	R2	1	1035,58
K3	A	d1	R2	2	1035,58
K3	A	d1	R3	1	1238,42
K3	A	d1	R3	2	1238,42
K3	A	d1	R3	3	1238,42
K3	A	d1	R5	1	1058,16
K3	A	d1	R5	2	1201,60
K3	A	d3	R1	2	1238,42
K3	A	d3	R2	3	1235,75
K3	B	d1	R1	1	1238,42
K3	B	d1	R1	3	1238,42
K3	B	d1	R2	1	1035,58
K3	B	d1	R2	2	1035,58
K3	B	d1	R3	3	1238,42
K3	B	d1	R4	1	1035,58
K3	B	d1	R4	3	1035,58
K3	B	d1	R5	2	677,28
K3	B	d2	R3	2	1035,58
K3	B	d2	R5	1	1084,00
K3	B	d3	R1	2	670,52
K3	B	d3	R2	3	281,36
K3	B	d3	R3	1	926,35
K3	C	d1	R1	1	1157,50
K3	C	d1	R1	3	1238,42
K3	C	d1	R2	1	1238,42
K3	C	d1	R2	2	757,16
K3	C	d1	R3	3	1238,42
K3	C	d1	R4	1	1035,58
K3	C	d1	R4	3	1035,58
K3	C	d1	R5	2	1238,42
K3	C	d2	R3	2	1238,42
K3	C	d2	R5	1	1238,42
K3	C	d3	R1	2	1238,42
K3	C	d3	R2	3	1108,24
K3	D	d1	R1	1	1238,42
K3	D	d1	R1	3	1238,42

Ek.5. BHP Yaklaşımıyla Çözüm Sonucunda Elde Edilen Karar Değişkenlerinin Değerleri (devam)

PQ_{kipt}

taşıma türü	ürün	dağıtım merkezi	perakendeci	periyot	gönderilen ürün mik.
K3	D	d1	R2	1	1035,58
K3	D	d1	R2	2	1035,58
K3	D	d1	R3	1	1238,42
K3	D	d1	R3	2	1238,42
K3	D	d1	R3	3	1238,42
K3	D	d1	R5	1	1238,42
K3	D	d1	R5	2	1238,42
K3	D	d3	R1	2	1238,42
K3	E	d1	R2	1	60,58
K3	E	d1	R2	2	1238,42
K3	E	d1	R4	1	449,10
K3	E	d1	R4	3	1075,00
K3	E	d3	R1	2	1238,42
K3	E	d3	R2	3	1238,42
K3	E	d3	R3	1	1238,42

QC_{iqet}

ürün	perakendeci	müşteri	periyot	gönderilen ürün mik.
A	R1	c1	1	544,42
A	R1	c1	2	472,58
A	R1	c1	3	280,00
A	R1	c2	1	200,00
A	R1	c2	2	464,84
A	R1	c2	3	619,42
A	R1	c3	1	494,00
A	R1	c3	2	301,00
A	R1	c3	3	339,00
A	R2	c1	1	590,00
A	R2	c1	2	259,00
A	R2	c1	3	253,00
A	R2	c2	1	325,58
A	R2	c2	2	204,42
A	R2	c2	3	547,00
A	R2	c3	1	120,00
A	R2	c3	2	417,00
A	R2	c3	3	120,00
A	R3	c1	1	280,00
A	R3	c1	3	550,00
A	R3	c2	1	379,00

Ek.5. BHP Yaklaşımıyla Çözüm Sonucunda Elde Edilen Karar Değişkenlerinin Değerleri (devam)

QC_{iqt}					QC_{iqt}				
ürün	perakendeci	müşteri	periyot	gönderilen ürün mik.	ürün	perakendeci	müşteri	periyot	gönderilen ürün mik.
A	R3	c2	2	212,00	B	R3	c2	3	422,58
A	R3	c3	1	170,00	B	R3	c3	1	379,00
A	R3	c3	2	520,00	B	R3	c3	2	350,00
A	R4	c1	1	546,00	B	R3	c3	3	590,00
A	R4	c1	2	15,84	B	R4	c1	1	432,00
A	R4	c1	3	615,16	B	R4	c1	2	412,00
A	R4	c2	1	87,42	B	R4	c1	3	250,00
A	R4	c2	2	675,58	B	R4	c2	1	325,00
A	R4	c2	3	244,26	B	R4	c2	2	289,00
A	R4	c3	1	605,00	B	R4	c2	3	599,00
A	R4	c3	2	547,00	B	R4	c3	1	261,00
A	R4	c3	3	379,00	B	R4	c3	2	180,00
A	R5	c1	1	370,00	B	R4	c3	3	120,00
A	R5	c1	3	749,00	B	R5	c1	1	365,00
A	R5	c2	1	300,00	B	R5	c1	2	167,58
A	R5	c2	2	149,00	B	R5	c1	3	683,42
A	R5	c2	3	545,00	B	R5	c2	1	373,00
A	R5	c3	1	388,16	B	R5	c2	2	628,00
A	R5	c3	2	654,84	B	R5	c2	3	555,00
A	R5	c3	3	379,00	B	R5	c3	1	346,00
B	R1	c1	1	433,00	B	R5	c3	2	240,00
B	R1	c1	2	422,00	C	R1	c1	1	244,00
B	R1	c1	3	98,36	C	R1	c1	2	325,00
B	R1	c2	1	305,00	C	R1	c1	3	199,00
B	R1	c2	3	610,00	C	R1	c2	1	428,50
B	R1	c3	1	500,42	C	R1	c2	2	261,50
B	R1	c3	2	648,52	C	R1	c2	3	347,00
B	R1	c3	3	530,06	C	R1	c3	1	485,00
B	R2	c1	1	557,58	C	R1	c3	2	370,00
B	R2	c1	2	245,42	C	R1	c3	3	589,00
B	R2	c1	3	379,00	C	R2	c1	1	415,42
B	R2	c2	1	275,00	C	R2	c1	2	379,58
B	R2	c2	2	379,00	C	R2	c1	3	360,00
B	R2	c2	3	210,00	C	R2	c2	1	225,00
B	R2	c3	1	203,00	C	R2	c2	2	638,00
B	R2	c3	2	326,00	C	R2	c2	3	121,00
B	R2	c3	3	398,00	C	R2	c3	1	598,00
B	R3	c1	1	454,00	C	R2	c3	2	139,58
B	R3	c1	2	153,16	C	R2	c3	3	757,42
B	R3	c1	3	225,84	C	R3	c1	1	379,00
B	R3	c2	1	202,58	C	R3	c1	2	410,00
B	R3	c2	2	532,42	C	R3	c1	3	512,00

Ek.5. BHP Yaklaşımıyla Çözüm Sonucunda Elde Edilen Karar Değişkenlerinin Değerleri (devam)

QC _{ıçt}					QC _{ıçt}				
ürün	perakendeci	müşteri	periyot	gönderilen ürün mik.	ürün	perakendeci	müşteri	periyot	gönderilen ürün mik.
C	R3	c2	1	125,00	D	R3	c1	2	380,00
C	R3	c2	3	991,00	D	R3	c1	3	379,00
C	R3	c3	1	379,00	D	R3	c2	1	494,00
C	R3	c3	2	267,00	D	R3	c2	2	425,00
C	R3	c3	3	632,00	D	R3	c2	3	335,26
C	R4	c1	1	477,00	D	R3	c3	1	106,42
C	R4	c1	2	125,00	D	R3	c3	2	433,42
C	R4	c1	3	232,00	D	R3	c3	3	524,16
C	R4	c2	1	226,00	D	R4	c1	1	176,00
C	R4	c2	2	365,00	D	R4	c1	2	301,00
C	R4	c2	3	421,00	D	R4	c1	3	228,00
C	R4	c3	1	332,58	D	R4	c2	1	449,00
C	R4	c3	2	467,42	D	R4	c2	2	180,00
C	R4	c3	3	363,00	D	R4	c2	3	379,00
C	R5	c1	1	582,00	D	R4	c3	1	410,58
C	R5	c1	2	590,00	D	R4	c3	2	360,42
C	R5	c1	3	425,00	D	R4	c3	3	346,00
C	R5	c2	1	172,42	D	R5	c1	1	379,00
C	R5	c2	2	532,58	D	R5	c1	3	764,00
C	R5	c2	3	409,00	D	R5	c2	2	1051,00
C	R5	c3	1	484,00	D	R5	c2	3	341,26
C	R5	c3	2	115,84	D	R5	c3	1	541,00
C	R5	c3	3	165,16	D	R5	c3	3	639,00
D	R1	c1	1	356,00	E	R1	c1	1	259,00
D	R1	c1	2	536,00	E	R1	c1	2	310,00
D	R1	c1	3	420,00	E	R1	c1	3	340,00
D	R1	c2	1	406,00	E	R1	c2	1	209,00
D	R1	c2	2	475,00	E	R1	c2	2	488,00
D	R1	c2	3	372,00	E	R1	c2	3	370,00
D	R1	c3	1	325,00	E	R1	c3	1	328,00
D	R1	c3	2	378,84	E	R1	c3	2	246,00
D	R1	c3	3	419,16	E	R1	c3	3	120,00
D	R2	c1	1	473,00	E	R2	c1	1	290,00
D	R2	c1	2	158,00	E	R2	c1	2	293,84
D	R2	c1	3	120,00	E	R2	c1	3	574,16
D	R2	c2	1	451,00	E	R2	c2	1	455,00
D	R2	c2	2	325,16	E	R2	c2	2	452,00
D	R2	c2	3	331,84	E	R2	c2	3	415,00
D	R2	c3	1	111,58	E	R2	c3	1	392,00
D	R2	c3	2	552,42	E	R2	c3	2	594,00
D	R2	c3	3	509,00	E	R2	c3	3	249,26
D	R3	c1	1	638,00	E	R3	c1	1	342,00

Ek.5. BHP Yaklaşımıyla Çözüm Sonucunda Elde Edilen Karar Değişkenlerinin Değerleri (devam)

QC_{igt}				
ürün	perakendeci	müşteri	periyot	gönderilen ürün mik.
E	R3	c1	2	437,84
E	R3	c1	3	731,16
E	R3	c2	1	379,00
E	R3	c2	2	560,00
E	R3	c2	3	466,00
E	R3	c3	1	379,00
E	R3	c3	2	379,00
E	R3	c3	3	41,26
E	R4	c1	1	267,00
E	R4	c1	2	258,00
E	R4	c1	3	395,00
E	R4	c2	1	534,00
E	R4	c2	2	375,00
E	R4	c2	3	281,00
E	R4	c3	1	335,00
E	R4	c3	2	405,00
E	R4	c3	3	399,00
E	R5	c1	1	251,00
E	R5	c1	2	530,00
E	R5	c1	3	120,00
E	R5	c2	1	219,00
E	R5	c2	2	294,00
E	R5	c2	3	495,00
E	R5	c3	1	638,00
E	R5	c3	2	241,00
E	R5	c3	3	314,00

$QINV_{igt}$			
ürün	perakendeci	periyot	stok miktarı
A	R2	2	155,16
A	R2	3	470,90
A	R3	1	409,42
A	R3	2	915,84
A	R3	3	1604,26
A	R5	2	434,58
B	R2	2	85,16
B	R2	3	336,58
B	R4	1	17,58
B	R4	2	172,16
B	R4	3	238,74
C	R1	2	281,93
C	R1	3	385,35
C	R3	1	335,16
C	R3	2	896,58
C	R4	2	78,16
C	R4	3	97,74
C	R5	3	239,26
D	R1	1	151,42
D	R1	3	27,26
D	R2	3	277,58
D	R4	2	194,16
D	R4	3	276,74
D	R5	1	318,42
D	R5	2	505,84
E	R1	1	442,42
E	R1	2	636,84
E	R1	3	1045,26
E	R2	1	101,42
E	R3	1	138,42
E	R5	1	130,42
E	R5	2	303,84
E	R5	3	613,26

Ek.5. BHP Yaklaşımıyla Çözüm Sonucunda Elde Edilen Karar Değişkenlerinin Değerleri (devam)

X_{kmp}					Y_{kmp}				
ürün	üretim tesisi	iş istasyonu	periyot	üretim miktarı	taşıma türü	üretim tesisi	dağıtım merkezi	periyot	gönderilme durumu
A	M1	W2	3	2761,14	K1	M1	d1	3	1
A	M1	W3	1	3428,29	K1	M1	d2	3	1
A	M1	W3	3	3428,29	K1	M1	d3	1	1
A	M2	W6	2	3526,50	K1	M2	d1	1	1
A	M2	W7	1	1133,53	K1	M2	d1	2	1
A	M2	W7	2	2285,76	K1	M2	d2	1	1
A	M3	W6	1	1247,19	K1	M2	d3	1	1
A	M3	W6	2	177,00	K1	M2	d3	2	1
B	M1	W2	1	3418,81	K1	M3	d1	2	1
B	M1	W2	2	2748,44	K1	M3	d2	1	1
B	M1	W2	3	796,33	K1	M3	d3	1	1
B	M2	W3	1	2590,20	K1	M3	d3	2	1
B	M3	W2	3	1695,63	K1	M3	d3	3	1
B	M3	W3	1	1545,55	K2	M1	d1	1	1
B	M3	W7	2	339,00	K2	M1	d1	3	1
B	M3	W7	3	3632,35	K2	M2	d1	1	1
C	M1	W5	3	3381,29	K2	M2	d1	2	1
C	M1	W7	3	3277,30	K2	M2	d2	1	1
C	M2	W4	2	2154,14	K2	M2	d3	1	1
C	M2	W5	2	3700,00	K2	M2	d3	2	1
C	M3	W6	1	2297,18	K2	M3	d1	1	1
C	M3	W6	3	3465,19	K2	M3	d1	3	1
C	M3	W7	1	3644,76	K2	M3	d2	3	1
D	M2	W1	2	3045,75	K2	M3	d3	3	1
D	M2	W3	2	2623,02	K3	M1	d1	1	1
D	M2	W5	1	2875,96	K3	M1	d1	2	1
D	M3	W1	1	3028,11	K3	M1	d1	3	1
D	M3	W1	3	3028,11	K3	M1	d2	3	1
D	M3	W4	3	2961,15	K3	M1	d3	1	1
E	M1	W1	1	2666,70	K3	M1	d3	3	1
E	M1	W1	3	2918,06	K3	M2	d1	2	1
E	M1	W6	1	2992,21	K3	M2	d2	2	1
E	M2	W2	2	3152,70	K3	M2	d3	2	1
E	M2	W4	2	1092,49	K3	M3	d1	1	1
E	M3	W3	1	1893,27	K3	M3	d1	3	1
E	M3	W3	3	3110,62	K3	M3	d2	1	1
E	M3	W7	2	284,00	K3	M3	d3	3	1

Ek.5. BHP Yaklaşımıyla Çözüm Sonucunda Elde Edilen Karar Değişkenlerinin Değerleri (devam)

Y _P _{imit}				
ürün	üretim tesisi	iş istasyonu	periyot	seçilme durumu
A	M1	W2	3	1
A	M1	W3	1	1
A	M1	W3	3	1
A	M2	W6	2	1
A	M2	W7	1	1
A	M2	W7	2	1
A	M3	W6	1	1
A	M3	W6	2	1
B	M1	W2	1	1
B	M1	W2	2	1
B	M1	W2	3	1
B	M2	W3	1	1
B	M3	W2	3	1
B	M3	W3	1	1
B	M3	W7	2	1
B	M3	W7	3	1
C	M1	W5	3	1
C	M1	W7	3	1
C	M2	W4	2	1
C	M2	W5	2	1
C	M3	W6	1	1
C	M3	W6	3	1
C	M3	W7	1	1
D	M2	W1	2	1
D	M2	W3	2	1
D	M2	W5	1	1
D	M3	W1	1	1
D	M3	W1	3	1
D	M3	W4	3	1
E	M1	W1	1	1
E	M1	W1	3	1
E	M1	W6	1	1
E	M2	W2	2	1
E	M2	W4	2	1
E	M3	W3	1	1
E	M3	W3	3	1
E	M3	W7	2	1

Z _{koqt}				
taşıma türü	dağıtım merkezi	perakendeci	periyot	seçilme durumu
K1	d1	R1	1	1
K1	d1	R1	2	1
K1	d1	R2	3	1
K1	d1	R3	3	1
K1	d1	R4	1	1
K1	d1	R4	2	1
K1	d1	R5	2	1
K1	d1	R5	3	1
K1	d2	R1	2	1
K1	d2	R3	1	1
K1	d2	R3	3	1
K1	d2	R4	2	1
K1	d2	R4	3	1
K1	d2	R5	2	1
K1	d2	R5	3	1
K1	d3	R1	2	1
K1	d3	R1	3	1
K1	d3	R2	2	1
K1	d3	R3	1	1
K1	d3	R4	1	1
K1	d3	R4	2	1
K1	d3	R4	3	1
K1	d3	R5	2	1
K2	d1	R1	1	1
K2	d1	R2	2	1
K2	d1	R2	3	1
K2	d1	R3	1	1
K2	d1	R4	2	1
K2	d1	R5	3	1
K2	d2	R4	1	1
K2	d2	R4	2	1
K2	d2	R5	3	1
K2	d3	R1	1	1
K2	d3	R1	3	1
K2	d3	R2	1	1
K2	d3	R3	2	1
K2	d3	R3	3	1
K2	d3	R4	1	1
K2	d3	R4	2	1
K2	d3	R4	3	1
K2	d3	R5	1	1
K2	d3	R5	2	1
K2	d3	R5	3	1
K3	d1	R1	1	1
K3	d1	R1	3	1
K3	d1	R2	1	1

Ek.5. BHP Yaklaşımıyla Çözüm Sonucunda Elde Edilen Karar Değişkenlerinin Değerleri
(devam)

Z_{kpqt}

taşıma türü	dağıtım merkezi	perakendeci	periyot	seçilme durumu
K3	d1	R2	2	1
K3	d1	R3	1	1
K3	d1	R3	2	1
K3	d1	R3	3	1
K3	d1	R4	1	1
K3	d1	R4	3	1
K3	d1	R5	1	1
K3	d1	R5	2	1
K3	d2	R3	2	1
K3	d2	R5	1	1
K3	d3	R1	2	1
K3	d3	R2	3	1
K3	d3	R3	1	1

SM_{krsmt}

taşıma türü	hammadde	tedarikçi	üretim tesisi	periyot	gönderilen hammadde miktarı
K1	a1	S1	M1	1	6856,57
K1	a1	S2	M3	1	2494,38
K1	a1	S2	M3	2	354,00
K1	a1	S3	M2	1	2267,05
K1	a2	S1	M2	1	3400,58
K1	a2	S2	M3	1	3741,56
K1	a2	S2	M3	2	531,00
K1	a2	S3	M1	1	10284,86
K1	a3	S2	M1	1	6856,57
K1	a3	S2	M3	1	2494,38
K1	a3	S2	M3	2	354,00
K1	a3	S3	M2	1	2267,05
K1	b1	S1	M2	1	7770,59
K1	b1	S1	M3	2	1017,00
K1	b1	S2	M1	1	10256,44
K1	b1	S2	M1	2	8245,32
K1	b1	S2	M3	1	4636,64
K1	b2	S1	M1	1	13675,25
K1	b2	S1	M3	2	1356,00
K1	b2	S2	M1	2	10993,76
K1	b2	S3	M2	1	10360,79
K1	b2	S3	M3	1	6182,19
K1	b3	S1	M1	1	6837,63
K1	b3	S1	M3	1	3091,09
K1	b3	S1	M3	2	678,00
K1	b3	S2	M1	2	5496,88
K1	b3	S3	M2	1	5180,40
K1	c1	S3	M3	1	29709,72

Ek.5. BHP Yaklaşımıyla Çözüm Sonucunda Elde Edilen Karar Değişkenlerinin Değerleri (devam)

SM_{krsmt}					
taşıma türü	hammadde	tedarikçi	üretim tesisi	periyot	gönderilen hammadde miktarı
K1	c2	S1	M3	1	11883,89
K1	c3	S1	M3	1	20260,88
K1	c3	S3	M3	1	3506,90
K1	d1	S1	M2	1	5751,93
K1	d1	S2	M3	1	6056,22
K1	d2	S1	M3	1	9084,33
K1	d2	S3	M2	1	8627,89
K1	d3	S3	M2	1	2875,96
K1	d3	S3	M3	1	3028,11
K1	e1	S1	M3	2	1136,00
K1	e1	S3	M1	1	22635,65
K1	e1	S3	M3	1	7573,08
K1	e2	S1	M1	1	16976,74
K1	e2	S1	M3	1	5679,81
K1	e2	S1	M3	2	852,00
K1	e3	S2	M3	1	3786,54
K1	e3	S2	M3	2	568,00
K1	e3	S3	M1	1	11317,83
K3	a1	S1	M1	3	12378,86
K3	a1	S3	M2	2	11624,52
K3	a2	S1	M1	3	18568,28
K3	a2	S3	M2	2	17436,78
K3	a3	S1	M1	3	12378,86
K3	a3	S3	M2	2	11624,52
K3	b1	S1	M1	3	2388,98
K3	b1	S1	M3	3	15983,95
K3	b2	S1	M1	3	3185,31
K3	b2	S1	M3	3	21311,93
K3	b3	S1	M1	3	1592,65
K3	b3	S1	M3	3	10655,96
K3	c1	S1	M1	3	33292,95
K3	c1	S1	M3	3	17325,93
K3	c1	S3	M2	2	29270,70
K3	c2	S1	M1	3	13317,18
K3	c2	S1	M3	3	6930,37
K3	c2	S3	M2	2	11708,28
K3	c3	S1	M1	3	26634,36
K3	c3	S1	M3	3	13860,74
K3	c3	S3	M2	2	23416,56
K3	d1	S1	M3	3	11978,52
K3	d1	S3	M2	2	11337,53
K3	d2	S1	M3	3	17967,78
K3	d2	S3	M2	2	17006,30

Ek.5. BHP Yaklaşımıyla Çözüm Sonucunda Elde Edilen Karar Değişkenlerinin Değerleri (devam)

SM_{krsm}

taşıma türü	hammadde	tedarikçi	üretim tesisi	periyot	gönderilen hammadde miktarı
K3	d3	S1	M3	3	5989,26
K3	d3	S3	M2	2	5668,77
K3	e1	S1	M1	3	11672,26
K3	e1	S1	M3	3	12442,47
K3	e1	S3	M2	2	16980,73
K3	e2	S1	M1	3	8754,19
K3	e2	S1	M3	3	9331,85
K3	e2	S3	M2	2	12735,54
K3	e3	S1	M1	3	5836,13
K3	e3	S1	M3	3	6221,24
K3	e3	S3	M2	2	8490,36

LP_{kimpt}

taşıma türü	ürün	üretim tesisi	dağıtım merkezi	periyot	gönderilen miktar
K3	D	M3	d1	1	3028,11
K3	D	M3	d1	3	2953,68
K3	E	M1	d1	3	1075,00
K3	E	M1	d3	1	4893,11
K3	E	M1	d3	3	1843,06
K3	E	M2	d1	2	529,92
K3	E	M2	d3	2	3715,26
K3	E	M3	d1	1	168,37
K3	E	M3	d2	1	1724,90
K3	E	M3	d3	3	3110,62

MINV_{imt}

ürün	üretim tesisi	periyot	stok miktarı
C	M1	3	729,89