



PhD Research Article / Doktora Çalışması Araştırma Makalesi
A MULTI-STAGE SUPPLY CHAIN MODEL TO DETERMINE OPTIMAL
DISTRIBUTION CENTER STRATEGY

Özhan Nuri ÖZESENLİ^{*1}, Tufan DEMİREL²

¹*Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim dalı, Yıldız-İSTANBUL*

²*Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yıldız-İSTANBUL*

Received/Geliş: 08.04.2011 Accepted/Kabul: 29.06.2011

ABSTRACT

Distribution center (DC) strategies are one of the most important strategic decisions in the optimization of supply chain networks (SCN). In this paper, a multi-stage, multi-period, multi-product SCN model, which includes procurement, production and distribution is developed. The main contribution of this study is to introduce a model, which enables to change the number, locations, scales and capacity levels of DCs to optimize total supply chain (SC) cost. The SCN is modeled as a mixed integer linear problem to satisfy estimated demand with minimum fixed and variable cost entities, which are subject to capacity of suppliers and production facilities with locations and scales of DCs. Suggested model is applied to SCN of a multinational Fast Moving Consumer Goods Company (FMCG) to examine the performance of the model in real world cases. Three different strategies for DCs are implemented and run under 36 different scenarios via an optimization package, Insight's SAILS®, with real data. The performance of strategies under different scenarios is compared. It is found that "SML" approach performs better than other strategies under all scenarios.

Keywords: Supply chain management, mixed integer programming, network design.

OPTIMAL DAĞITIM MERKEZİ STRATEJİSİ TESPİTİ İÇİN ÇOK AŞAMALI TEDARİK ZİNCİRİ AĞ MODELİ

ÖZET

Dağıtım merkezi (DM) stratejileri tedarik zinciri ağlarının (TZA) optimize edilmesinde en önemli stratejik kararlardan biridir. Bu çalışmada, çok aşamalı, çok dönemli, çok ürünli bir TZA modeli satınalma, üretim ve dağıtım proseslerini de içerecek şekilde geliştirilmiştir. Bu çalışmanın literatüre ana katkısı toplam tedarik zinciri (TZ) maliyetini optimize etmek için DM sayısı, konumları, ölçeği ve kapasite düzeylerinin değiştirilmesini mümkün kılan bir model sunmaktır. TZ, beklenen talebi tedarikçi ve üretim tesislerinin kapasiteleri ile DM'lerin konum ve ölçeklerine bağlı olarak oluşan sabit ve değişken maliyet unsurlarını minimize edecek şekilde karma tam sayılı doğrusal problem olarak modellenmiştir. Önerilen model, yaklaşımın gerçek vakalardaki performansını sınamak için hızlı tüketim sektöründe faaliyet gösteren çok uluslu bir şirketin TZA'sına uygulanmıştır. DM'ler için üç farklı strateji Insight Firması'nın ticari bir optimizasyon yazılımı (SAILS®) ile gerçek veriler ile 36 farklı senaryo altında çalıştırılmış ve farklı senaryolar için stratejilerin performansları karşılaştırılmıştır. SML yaklaşımının diğer stratejilerden tüm senaryolarda daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Tedarik zinciri yönetimi, karma tam sayılı programlama, ağ tasarımı.

* Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: ozhan.ozesenli@pepsico.com, tel: (216) 635 40 00 / 4069
Frito Lay Gıda San. ve Tic. A.Ş., Planlama Departmanı, Ümranye-İSTANBUL

1. GİRİŞ

Günümüzün rekabetçi iş ortamında, ürünlerin tedarikçilerden üretim tesislerine, üretim tesislerinden DM'lere, perakendecilere ve müşterilere etkin ve etkili transferi tüm şirketler için sürdürülebilir karlılığın sağlanmasında esastır. Bu konu pek çok araştırmacının ilgisini cezbeden hızlı büyüyen çalışma sahalarından biridir [1] ve şirketler için rekabetçi avantaj yaratan araçlardan biri olarak görülmektedir [2]. Emtia fiyatları ve enerji maliyetlerindeki dalgalanmalar nedeni ile TZ faaliyetlerinin yönetimi şirketlerin zorlu piyasa dinamikleri çerçevesinde kendilerini kar merkezi olarak konumlandırmalarında ve daha da önemlisi zorlu pazar dinamikleri altında finansal olarak hayatta kalmalarında önemli bir rol oynamaktadır.

Bu çalışmada, tedarikçilerin ve üretim tesislerinin konumları, kapasitesileri ile müşteri talepleri deterministik olarak kabul edilmiştir. Bu varsayımlar altında, müşteri ihtiyaçları, DM'lerin sayısı, konumu ve kapasitesinin en iyi kombinasyonu ile minimum toplam TZ maliyeti ile yanıtlanmaya çalışılmıştır. Model, zaman ekseninde, en düşük toplam maliyete ulaşmak DM'lerin açılması, kapanması ve ölçeğinin değiştirilmesine izin vermektedir. Bu çalışmanın ardındaki motivasyonlar; (i) farklı ölçeklerdeki DM'ler için yer analizi sağlayan bir model oluşturmak, (ii) Hızlı tüketim sektöründe çok aşamalı bir TZ planlaması için bir karar alma süreci önermek, (iii) Ağ analizi yardımıyla gerçek veriler ile gerçek bir vakayı ele almak olarak sıralanabilir.

2. DM YERLEŞİM LİTERATÜRÜ

Literatür tarama tedarik zinciri yönetim (TZY) stratejilerini, depo yerleşim problemlerini ve DM'ler üzerine ağ analizlerini kapsayacak şekilde düzenlenmiştir. TZA, tedarikçilerin tedarikçilerinden, müşterilerin müşterilerine bilgi, para ve malzeme akışını da kapsayan ağıdır [3]. TZY'nin amacı TZA'nın elemanları arasındaki anahtar süreçleri optimize etmektir. Tesislerin konum ve kapasiteleri, üretim ve depolama politikaları, tedarikçilerden müşterilere nakliye biçimleri ve sıklığı üzerine yapısal ve stratejik kararları içerir. Bu karmaşık ve çok aşamalı ortamda, birden çok oyuncu ile entegre bir sistem olarak TZ stratejisinin oluşturulması zorlu bir iştir [4-5]. Pek çok model, algoritma, araç ve yöntem TZ performansını analiz etmek, değerlendirmek ve iyileştirmek amacıyla geliştirilmiştir. Thomas ve Griffin [6] iki veya daha fazla aşamalı eşgüdümlü TZY'e işaret eden çalışmalarını incelemiş olup; Piedro vd. [7] de belirsizlik altında TZ planlama için nicel modelleri incelemiş ve sınıflandırmıştır.

Depolama tesislerinin konumu araştırmacı ve uygulamacılardan büyük ilgi görmüştür. Depo yeri seçimi probleminde, fabrikalar ile müşteriler arasında yerleştirilecek tesislerin sayısı ile servis verilecek bölgelere karar verilir. Karmaşıklık düzeyi tek ürünlü kapasite kısıtsız problem ile çok ürünlü kapasite kısıtlı problem arasında değişmektedir. Ek karmaşıklık düzeyi çok aşamalı ağlar ile yer seçiminin sürekli düzlem veya ayrık kümelerden yapımı dahil edilerek geliştirilebilir. Alternatif modelleme teknikleri farklı karmaşıklık ve ağ tipleri ile problemleri çözmek için ele alınmıştır [8].

Tesis yerleşim problemlerini optimizasyon teknikleri ile çözümünü ele alan mükemmel incelemeler [9-10-11]'de incelenebilir. Tsiakis vd. [12], belirsiz talep altında üretim tesisleri, depolar, DM'ler ve müşteri bölgeleri içeren çok aşamalı TZA tasarlamak için matematiksel model kullanmıştır. Bu çalışmada toplam maliyeti en aza indirmek için yaklaşık bir çözümün yararlanılmıştır. Drezner vd. [13], merkezi deponun optimal konumunu, alternatif konumları ve yerel depoların sayıları bilinmekte iken ele almıştır. Bu çalışma, daha iyi çözümlere ulaştırmak için stok maliyetlerini ele almayı önermiştir. Nozick ve Turnquist [14], fabrika ve DM'deki stok maliyetini göz önüne alınarak iki aşamalı bir dağıtım ağı problemi formülize etmiş ve tekrarlamalı algoritma DM'lerin optimal konumunu belirlemek için kullanmıştır.

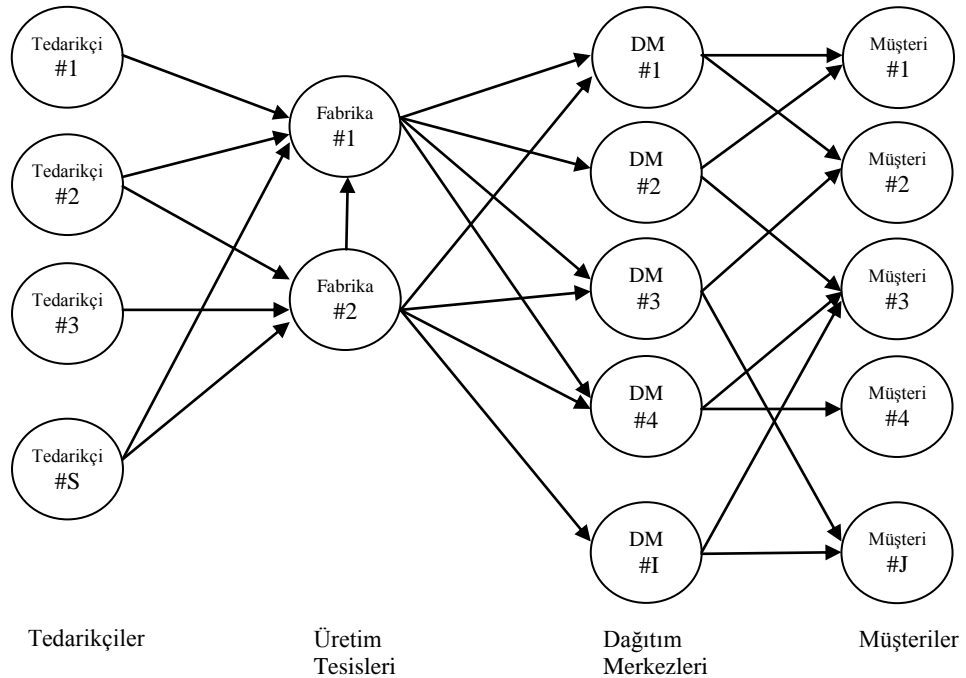
Ağ analizi yöntemi ile optimizasyon, tesis yeri seçimini belirleme ve TZ'yi etkin bir şekilde yönetmek için etkili bir tekniktir. Çok ürünlü ağ tasarımı ve ağ analizi ile TZ optimizasyonu için daha fazla ayrıntı ve kaynak çalışma olarak [15-16-17 ve 18] incelenebilir.

Ng vd.[19] belirsiz talep ve teslim süresi ile çok aşamalı TZ analizi için simülasyon yöntemini kullanmıştır. Van der Vorst vd. [20], çok aşamalı bir gıda TZ'sini modellemiş ve simüle etmiş, çalışmalarını soğutulmuş ürünlerin TZ tasarımında senaryo analizlerini değerlendirmek için uygulamıştır. Ayrıca, olasılıksal taleplerle ilgili çok aşamalı tedarik sistemlerinin modellenmesinde simülasyonun kullanımına diğere bir örnek Martel [21] tarafından sunulmuştur.

DM'lerin konumları üzerine TZ çalışmaları arasında, birçok makale de sezgisel yöntemler üzerine yayımlanmıştır. Demirel vd. [22] göre, tesis yerleşim problemleri için bilinen en iyi genel sezgisel yöntemler tabu arama, benzetilmiş tavlama ve genetik algoritmadır. Çeşitli tesis yerleşim problemleri için bu yöntemler Arostegui vd. [23] tarafından karşılaştırılmıştır. Yazarlar tarafından daha iyi performans ile uygulama ve geliştirme kolaylıkları nedeniyle ilk olarak tabu arama yönteminin denenmesi önerilmiştir.

3. ÖNERİLEN YÖNTEM

Çalışmamızın bu bölümünde, karma tam sayılı matematiksel model sunulmuştur. Önerilen model ile "sistem" bakış açısı ile çok aşamalı, çok dönemli, çok ürünlü TZA için bir formülasyon sağlanmıştır. Bu modelde TZ, tesisleri (tedarikçiler, üretim tesisleri, DM'ler ve müşteriler) temsil eden düğümler ile düğümleri birbirine bağlayan arklardan oluşan bir ağ olarak temsil edilmiştir. Önerilen model DM'lerin sayısını, konumunu ve ölçeği ile birbirini takip eden seviyeler arasında hammadde ve bitmiş ürünlerin optimal akış değerlerini bildirir. Bu çalışmada tartışılan TZ sistemi, Şekil 1'de incelenebilir.



Şekil 1. Tedarikçiler, üretim tesisleri, DM'leri ve müşteriler ile TZA yapısı

Önerilen modelin literatüre ana katkısı karar ekseninde, toplam TZ maliyetlerini en aza indirmek için DM sayısı, konuları, ölçeği ve kapasite seviyelerini değiştirmek için karar vericiye gerekli doneleri sağlayan bir yöntem sağlamaktır. Yukarıda belirtilen kararları sağlayan matematiksel model ile modelin ana kabülleri aşağıda sunulmuştur.

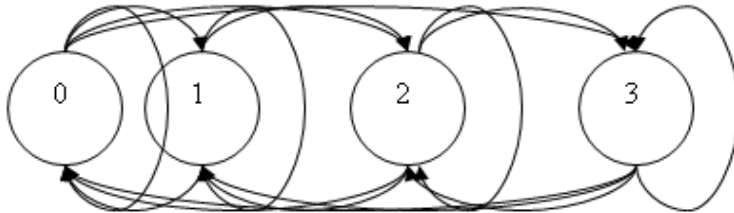
3.1. Kabuller

Çalışmamızı uygulayacağımız, pazarda hızlı hareket eden, düşük değerli ve yüksek hacimli tüketim malları endüstrisi ile uyumlu kabüller aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

1. Tedarikçilerin konuları bellidir ve her hammadde için farklı kapasite kısıtları mevcuttur.
2. Üretim tesislerinde aynı spesifikasyonlu hammaddeler kullanılır, bu nedenle modele hammaddelerin sadece nakliye maliyeti dahil edilir.
3. Üretim tesislerinin konuları ve her ürün grubu için üretim kapasiteleri sabittir.
4. Üretim tesislerinin değişken üretim maliyetleri eşittir, sabit maliyetleri ise optimizasyonun neticesini değiştirmez.
5. DM'lerinin konuları mevcut bir aday kümeden seçilir.
6. Tüm TZ'de her bir tesis, kendinden bir sonraki seviyedeki tesisi besleyebilir.
7. Farklı kapasite ve işletme giderlerine göre işletilen üç farklı DM ölçeği (küçük, orta ve büyük) mevcuttur.
8. Aday konular üzerinden DM'lerin açılış, kapanış ve ölçek değişimine planlama ufkunun herhangi bir döneminde izin verilir.
9. DM'lerin açılış, kapanış, ölçek değişim ve işletme giderleri tüm aday konular için aynıdır.
10. Yeni tesis ilgili dönemin başında faaliyete geçmektedir.
11. Tesisler arasındaki taşıma tam kamyon yükü ile yapılmaktadır.
12. Ürünlerin yapısı ve hızlı hareket eden doğası gereği sistemde hiçbir stok maliyeti oluşmadığı kabul edilmektedir.
13. Ülke genelindeki satış noktaları toplu talep noktaları olarak konsolide edilmiştir.

3.2. Model Formülasyonu

Çalışmamızda, yukarıdaki varsayımlar üzerine, TZA'yı temsil etmek için bir karma tam sayılı model geliştirilmiştir. İlgili modele hammadde ve tedarikçiler, fabrikaların üretim kabiliyetleri, fabrikalar arası bitmiş ürün transferleri, talep noktalarına hizmet vermek amacıyla farklı ölçekteki DM'ler ile çoklu zaman eksenleri dahil edilmiştir. TZA modellerine bu çalışmanın katkısı farklı ölçeklerde (küçük, orta ve büyük) DM'lerin ve bu ölçekler arasında dönüşümün 2 yeni parametre (k ve l) ile modellenmesidir. DM ölçeğinin dönüşümü Şekil 2'de gösterilmiştir. 0 ilgili aday konumunda hiçbir DM'nin olmadığını; 1, 2 ve 3 de sırasıyla küçük, orta ve büyük DM'nin bulunduğunu gösterir.



Şekil 2. Takip eden zaman eksenleri için DM ölçek dönüşümü

Matematiksel modelin indeksler, indeks kümeleri ile parametreler, karar değişkenlerini içeren notasyonlarla formülasyonu aşağıda paylaşılmıştır.

İndeksler ve indeks kümeleri:

- $r \in R$ Hammaddeler için
- $n \in N$ Bitmiş ürünler için
- $s \in S$ Tedarikçiler için
- $f \in F$ Üretim tesisleri için
- $i \in I$ DM'ler için
- $j \in J$ Müşteriler için
- $t \in T$ Zaman eksenleri için

Notasyonlar:

- A_{srt} – t zamanında, r hammaddesi için tedarikçi s'nin kapasitesi
- B_{fnt} – t zamanında, üretim tesisi f'nin n bitmiş ürünü için üretim kapasitesi
- C_{ilt} – t zamanında, ölçeği l olan DM i'nin kapasitesi
- c_{sfrt} – t zamanında üretim tesisi f'nin, r hammaddesine olan talebinin, s tedarikçisi tarafından karşılanmasının birim maliyeti
- D_{jnt} – t zamanında, müşteri j'nin, n bitmiş ürününe olan talebi.
- d_{fnt} – t zamanında DM i'nin, bitmiş ürün n için talebinin, üretim tesisi f tarafından karşılanmasının birim maliyeti
- e_{ijnt} – t zamanında müşteri j'nin, bitmiş ürün n için talebinin, DM i tarafından karşılanmasının birim maliyeti
- k – DM'nin t-1 zamanında ölçeği
- l – DM'nin t zamanında ölçeği
- q_{rn} – 1 birim bitmiş ürün n elde etmek için kullanılması gereken hammadde r'nin miktarı
- W_{iklt} – t zamanında, ölçeği k'dan l'ye gelen DM i'nin sabit maliyeti
- Y_{ilt} – t zamanında, ölçeği l olan DM i'nin değişken maliyeti

Amaç Fonksiyonu:

$$MinQ \tag{1}$$

$$Q = \sum_t \sum_s \sum_f \sum_r c_{sfrt} * p_{sfrt} + \text{Tedarikçilerden fabrikalara nakliye maliyeti}$$

$$\sum_t \sum_f \sum_i \sum_n d_{fint} * o_{fint} + \text{Fabrikalardan DM'lere nakliye maliyeti}$$

$$\sum_t \sum_i \sum_k \sum_l (W_{iklt} + Y_{ilt} * \sum_j \sum_n m_{ijnt}) * X_{iklt} + \text{DM operasyonu maliyeti}$$

$$\sum_t \sum_i \sum_j \sum_n e_{ijnt} * m_{ijnt} \text{ DM'lerden müşterilere nakliye maliyeti}$$

Şu kısıtlara göre:

$$\sum_f p_{sfrt} \leq A_{srt} \quad \forall s, r, t \quad (2)$$

$$\sum_i o_{f \text{ int}} \leq B_{fnt} \quad \forall f, n, t \quad (3)$$

$$\sum_n \sum_j m_{ijnt} \leq C_{ilt} * X_{iklt} \quad \forall i, n, t \quad (4)$$

$$\sum_s p_{sfrt} - q_{rn} * \sum_i o_{f \text{ int}} = 0 \quad \forall f, r, t, n \quad (5)$$

$$\sum_f o_{f \text{ int}} - \sum_j m_{ijnt} = 0 \quad \forall i, n, t \quad (6)$$

$$\sum_i m_{ijnt} \geq D_{jnt} \quad \forall j, n, t \quad (7)$$

$$X_{iklt} = \{0,1\} \quad \forall i, t \quad k, l = \{0,1,2,3\} \quad (8)$$

$$p_{sfrt} \geq 0 \quad \forall s, f, r, t \quad (9)$$

$$o_{f \text{ int}} \geq 0 \quad \forall f, i, n, t \quad (10)$$

$$m_{ijnt} \geq 0 \quad \forall i, j, n, t \quad (11)$$

Amaç fonksiyonu (1), DM operasyonunun toplam sabit ve değişken maliyetleri ile sistemdeki toplam nakliye maliyetini (gelen nakliye, ikmal, DM'ler arası transfer ve giden nakliye) minimize etmeye çalışır. Kısıt kümesi (2), her bir hammadde grubu için her bir tedarikçinin kapasitesini her bir zaman ekseninde sınırlandırır. Kısıt kümesi (3), üretim tesislerinin kapasitesini her bir bitmiş ürün grubu için her bir zaman ekseninde sınırlandırır. Kısıt kümesi (4), DM'lerin kapasitesini ilgili zaman eksenindeki ölçeğine göre sınırlandırır. Kısıt kümesi (5), her bir üretim tesisine giren hammadde ve çıkan bitmiş ürün akışını her bir zaman eksenini için eşitler. Kısıt kümesi (6), her bir DM'ye giren ve çıkan bitmiş ürün akışını her bir zaman eksenini için eşitler. Kısıt kümesi (7), her bir zaman eksenindeki her bir müşteri talebinin yanıtlanmasını sağlar.

Değişken kümesi (8), herhangi bir zaman ekseninde, her bir potansiyel DM'nin ölçeğini k'dan l'ye dönüştürülüp dönüştürülmeyeceğine karar verir. Değişken kümesi (9), her bir zaman ekseninde hangi hammaddenin, hangi tedarikçiden, hangi üretim tesisine sevk edilmesi gerektiğine karar verir. Değişken kümesi (10), her bir zaman ekseninde hangi bitmiş ürünün, hangi üretim tesisinden, hangi DM'ye sevk edilmesi gerektiğine karar verir. Değişken kümesi (11), her bir zaman ekseninde hangi bitmiş ürünün, hangi DM'den, hangi müşteriye sevk edilmesi gerektiğine karar verir.

4. ÖRNEK BİR TZ MODELİ

Bu bölümde, önerilen modelin büyük ölçekli problemlerdeki performansını test edebilmek için örnek bir TZ modeli ele alınmıştır. Bu bağlamda çok uluslu bir gıda şirketinin TZ sistemi modellenmiştir. İlgili TZ karma tam sayılı doğrusal programlama modeli ile çok ürünlü (21 bitmiş

ürün) ve çok dönemli (12 dönem) yapı dahilinde TZ sistemi içindeki noktalar arasındaki optimal malzeme akışı ve operasyonel durumdaki DM'lerin konumu ile ölçęęi belirlenir. Ele alınan aę, 5 farklı hammaddeyi 2 üretim tesisi için üreten 21 tedarikçiyi, 89 farklı müşteri noktasına servis vermek amacıyla seçilmiş 3 farklı ölçekteki 18 potansiyel DM konumunu içerir. Örnek TZ modeli ticari bir optimizasyon yazılımı olan, Insight'ın SAILS ®'i ile gerçek veriler ile Duo P860- 2,4 Ghz işlemcili ve 3 GB RAM bellekli dizüstü bilgisayar yardımıyla çözülmüştür.

Öncelikle SAILS modeli, şirketin mevcut TZ tasarımını temsil edecek şekilde koşturulmuştur. Koşum sonucunda yazılımın verdiği çıktılar ve işaret ettiği göstergeler, gerçek yaşamdaki veriler ile karşılaştırılmıştır. Bu göstergeler:

- Şirketin bitmiş ürün nakliye firmalarına ödediği nakliye maliyeti (her 2 fabrika için ayrı)
- Fabrikaların üretim tonajları (ürün grubu bazında)
- Fabrikaların servis verdiği DM yapıları
- Her bir DM'den geçen ton ve kapasite kullanım oranları
- DM'lerin servis verdiği müşteriler

Yazılımın sunduğu bu dört ayrı performans göstergesinin sonuçları gerçek hayatta şirketin gözlemediği sonuçlar ile uyumlu olduğu tespit edildikten sonra toplam TZ maliyetini optimal depo yeri stratejisi ile minimize etmek için alternatif DM stratejileri ele alınmıştır.

5. ALTERNATİF DM STRATEJİLERİ

Bu kısımda alternatif DM stratejisileri ve bu stratejilerin 12 farklı senaryo altında (3 farklı tonaj senaryosu ile 4 farklı motorin fiyat senaryosundan üretilerek) karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir. Alternatif stratejilerin kıyaslanmasının sağlamlığı 3 farklı tonaj seviyesinde (mevcut tonaj seviyesi ve mevcut tonajın %5 ve %10 artışı) ve 4 farklı motorin fiyat seviyesinde (mevcut fiyat seviyesi ve Türk Lirası olarak bu seviyenin %25, %50 ve %100 artışı) test edilmiştir.

5.1. SML Yaklaşımı

İş gereksinimleri sonucunda müşterilere verilen hizmet seviyesini arttırmak ve sürdürülebilir bir şekilde maliyetleri azaltmak için hızlı tüketim sektöründe farklı ölçek ve kapasitelerde DM'leri işletmek yaygın bir uygulamadır. Bu uygulama prensibi, karar vericinin toplam TZ maliyetlerini minimize etmek için DM'lerinin sayısı, konumu ve ölçeklerini karar ufkunda değiştirebileceği yeni bir DM stratejisi (SML yaklaşımı) ile modele dahil edilmiştir.

SML yaklaşımı altında farklı ölçekteki DM'ler için kapasite ile sabit ve değişken maliyetler eşit değildir. Depo yönetimi, idari personel maaşları, kiralama giderleri ile sipariş yönetimi, mal toplama ve yükleme ile hızlı hareket eden stoğun kontrolü ile ilgili maliyetler farklı ölçekteki DM'ler için değişken ve sabit giderler olarak gerçek veriler ışığından ayrıştırılmıştır. İlgili maliyetler Çizelge 1'de incelenebilir.

Çizelge 1. SML yaklaşımına göre farklı ölçekte DM kapasite ve maliyetleri

DM ölçęęi	Kapasite (ton/ay)	Sabit işletme maliyeti (TL/ay)	Sabit açma maliyeti (TL)	Sabit kapama maliyeti (TL)	Değişken işletme maliyeti (TL/ton)
Küçük (S)	750	30.000	60.000	100.000	15
Orta (M)	1250	40.000	80.000	200.000	12
Büyük (L)	2000	50.000	100.000	300.000	10

5.2. Mevcut DM Stratejisi

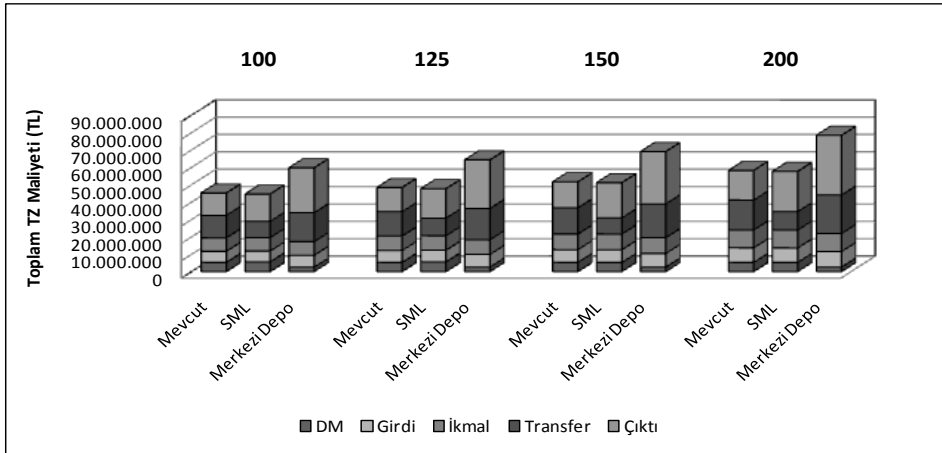
Şirketin mevcut dağıtım ve lojistik yapısı SML yaklaşımının özel durumlarda biridir. Bu strateji kapsamında, SML yaklaşımındaki tüm ikili tamsayı değişkenlerinin değerleri bilinmektedir, bu nedenle kısım 3.1’de önerilen ve formüle edilen model doğrusal bir matematik modele dönüşür.

5.3. Merkez Depo Stratejisi

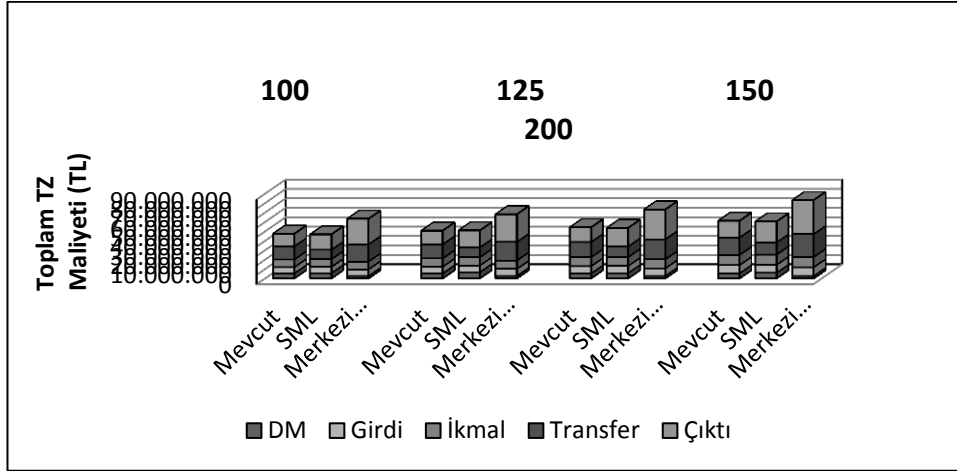
Merkezi depo, üretim tesislerinden gelen tüm bitmiş ürün ikmallerinin toplanarak talep bölgelerine dağıtıldığı özel tek bir DM olarak modellenmiştir. İlgili merkezi deponun aday konumları 5 büyük talep merkezini içerecek şekilde belirlenmiştir. Merkez depo analizlerinin amacı, depolama maliyetlerini merkezi deponun ölçek ekonomisi sayesinde azaltırken, nakliye giderlerindeki artışa rağmen toplam sistem maliyetini düşürmenin mümkün olup olmadığını araştırmaktır.

5.4. Alternatif DM Stratejilerinin Kıyaslanması

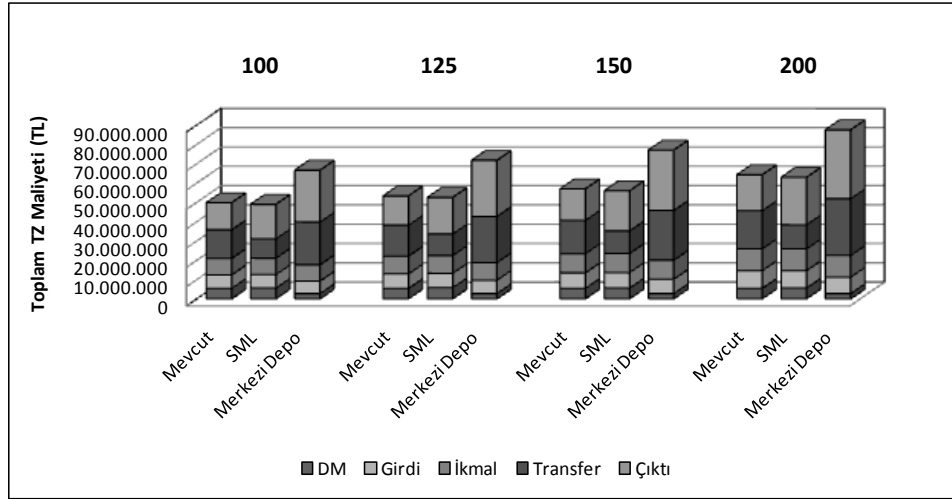
İşletmenin DM yapısı, 3 ana strateji ışığında 12 farklı senaryo altında incelenmiş ve alternatif DM stratejilerinin işletmenin toplam TZ maliyeti üzerindeki maliyeti 36 farklı koşul ile değerlendirilmiştir. Farklı motorin fiyat seviyeleri altında alternatif stratejilerin karşılaştırılması şirketin mevcut tonaj hedefini gerçekleştirdiği, toplam tonajının %5 ve %10 arttırdığı senaryolar için sırası ile Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5’te incelenebilir.



Şekil 3. İşletmenin mevcut tonaj hedefini gerçekleştirmesi durumunda farklı motorin fiyat seviyeleri için alternatif stratejilerin kıyaslanması



Şekil 4. İşletmenin mevcut tonaj hedefinin %5 üzerinde performans göstermesi durumunda farklı motorin fiyat seviyeleri için alternatif stratejilerin kıyaslanması



Şekil 5. İşletmenin mevcut tonaj hedefinin %10 üzerinde performans göstermesi durumunda farklı motorin fiyat seviyeleri için alternatif stratejilerin kıyaslanması

7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışma ile TZA; müşterilerin talebini, tedarikçi ve üretim tesislerinin konum ve kapasiteleri ile DM'lerin konum, sayı ve ölçeklerine göre karşılarken, sabit ve değişken maliyetleri minimize edecek şekilde KTDP ile modellenmiştir. Önerilen model, modelin performansını gerçek dünyada incelemek için hızlı tüketim sektöründe faaliyet gösteren bir şirketin TZ sistemine uygulanmıştır.

Bu çalışma ile üretim tonaj ve satış kaybı riski olmadan sadece DM stratejisinin yeniden yapılandırılması ile toplam TZ maliyetlerinin optimize edilebileceği gösterilmiştir. Ölçek değişikliği, açılış ve kapanış maliyetleri nedeniyle, toplam DM işletme maliyetleri artmasına rağmen toplam sistem maliyeti optimal sayı, konum ve ölçekte DM işletmenin neticesinde

azaltılmıştır. Tasarrufun büyük kısmı azalan nakliye giderlerinden sağlanmıştır. İşletmenin dağıtım sisteminin yeniden tasarlanması neticesinde toplam TZ maliyetlerinde % 1,3'lük bir düşüş beklenmektedir. Parasal etkisinin yanında, bu çalışma çevresel sürdürülebilirlik ajandasını da desteklemektedir. Hammadde ve bitmiş ürünlerin nakliyesi esnasında daha kısa mesafelerin kat edilmesinin bir sonucu olarak salınan CO₂ emisyonunda yılda yaklaşık 694 ton düşüş beklenmektedir.

Bu çalışmada geliştirilen metodoloji diğer TZY problemlerinde uygulanmak üzere kullanılabilir. Bu çalışmanın sonuçları öncelikli olarak, TZ giderlerinin yüksek olduğu, ürünün yapısı hacimli ve/veya nakliye giderlerinin toplam ürünün maliyetinde yüksek oranda yer tutan sektörlerde faaliyet gösteren (gübre, su, kağıt havlu, bebek bezi gibi); ülkemiz gibi akaryakıtı bağıl olarak pahalı kullanan ülkelerde (Tüm Avrupa kıtasında yer alan ülkeler, Kore, Avusturalya ve Yeni Zelanda gibi) faaliyet gösteren; karayolu ve kamyon nakliyesinin tüm nakliye faaliyetleri içinde önemli bir pay alan (Endonezya, Tayland ve İran gibi) ülkelerde faaliyet gösteren şirketler için anlamlı olabilir.

Bu çalışmanın bulgularını genişletmek için deterministik talepler için önerilen strateji ve yaklaşımın kesin olmayan talepler altında çalışması ve modellenmesi önerilmektedir. Diğer bir ilginç nokta da optimal TZA'ya ulaşmak üzere farklı sektörler için daha doğru çözümler üretmek adına, DM'ler üzerine envanter ile ilgili kararların çalışılmasıdır. Daha geniş bir konuşma zamanı talep etse de, daha fazla alternatif DM konumu ve ölçeği ile, tüm TZ'ini optimize etmek adına fabrika konumlarını, üretim hatların tamamının ya da bir kısmının yer değiştirmesine izin veren bir yapı da çalışılabilir.

REFERENCES / KAYNAKLAR

- [1] Hajiaghahi-keshteli M. and Sajadifar S.M., “Deriving the Cost Function for a Class of Three-Echelon Inventory System with N-retailers and One-for-one Ordering Policy”, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 50:343–351, 2010.
- [2] Deloitte Global, “Mastering Complexity in Global Manufacturing: Powering Profits and Growth Through Value Chain Synchronization”, *Deloitte Global Manuf Study*, 2005.
- [3] Towill D.R., “The Seamless Supply Chain: The Predator’s Strategic Advantage”, *The International Journal of Technology Management*, 13(1): 37–56, 1997.
- [4] Quinn F.J., “The Master of Design: An Interview with David Simchi-Levi”, *Supply Chain Management Review*. 74-80, 2000.
- [5] Simchi-Levi D., Kaminsky P. and Simchi-Levi E., “Designing and Managing the Supply Chain, Concepts, Strategies and Case Studies”, *Irwin/McGraw-Hill*, 2001.
- [6] Thomas D.J. and Griffin P.M., “Coordinated Supply Chain Management”, *European Journal of Operational Research*, 94:1–15, 1996.
- [7] Peidro D., Mula J., Poler R., et.al., “Quantitative Models for Supply Chain Planning under Uncertainty: a Review”, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 43: 400–420, 2009.
- [8] Guedes P., Saw R.J. and Waller A.G., “Logistics Strategy Planning: Modeling and Decision Support Techniques for the 1990s”, *International Journal of Logistics Management*, 6-1:37–50, 1995.
- [9] Talluri S. and Baker R.J., “A Multi-phase Mathematical Programming Approach for Effective Supply Chain Design”, *European Journal of Operational Research* 141: 544-558, 2002.
- [10] Jang Y.J., Jeng, S.Y, Chang B.M et.al., “A Combined Model of Network Model and Production/Distribution Planning for a Supply Chain Network”, *Computers and Industrial Engineering*, 43: 263-281, 2002.

- [11] Yang H. and EdwinCheng T.C., “A Strategic Model for Supply Chain Design with Logical Constraints: Formulation and Solution”, *Computers & Operations Research*, 30: 2135-2155, 2003.
- [12] Tsiakis P., Shah N. and Pantelides C.C., “Design of Multi-echelon Supply Chain Networks under Demand Uncertainty”, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 40: 3585-3604, 2001.
- [13] Drezner Z., Scott C. and Song J.S., “The Central Warehouse Location Problem Revisited”, *IMA Journal of Management Mathematics*, 14: 321–336, 2003.
- [14] Nozick L.K. and Turnquist M.A., “A Two Echelon Inventory Allocation and Distribution Center Location Analysis”, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* (37): 425-44, 2001.
- [15] Geoffrion A. and Graves G., “Multicommodity Distribution System Design by Benders Decomposition”, *Management Science*, 29 (5): 822-844, 1974.
- [16] Geoffrion A. and Powers R., “Twenty Years of Strategic Distribution System Design: An Evolutionary Perspective”, *Interfaces*, 25(5): 105-127, 1995.
- [17] Arntzen B.C., Brown G.G., Harrison T.P. et.al., “Global Supply Chain Management at Digital Equipment Corporation”, *Interfaces*, 25: 69-93, 1995.
- [18] Camm J.D., Chorman T.E., Dill F.A et.al., “Blending OR/MS, Judgment, and GIS: Restructuring P&G’s Supply Chain”, *Interfaces*, 27(1): 128–142, 1997.
- [19] Ng W., Piplani R. and Viswanathan S., “Simulation Workbench for Analysing Multi-echelon Supply Chains”, *Integrated Manufacturing Systems*, 14(5): 449-457, 2003.
- [20] Van der Vorst J.G.A.J., Beulens A.J.M. and Van Beek P., “Modeling and simulating multi-echelon food systems”, *European Journal of Operational Research*, 122: 354-366, 2000.
- [21] Martel A., “Policies for Multi-echelon Supply: DRP Systems with Probabilistic Time-varying Demands”, *INFOR* 41(1): 71, 2003.
- [22] Demirel T., Çetin Demirel N. ve Kahraman C., “Multi-criteria Warehouse Location Selection Using Choquet Integral. Expert Systems with Applications”, 37: 3943–3952, 2010.
- [23] Arostegui M.A., Kadipasaoglu S.N. and Khumawala B.M., “An Empirical Comparison of Tabu Search, Simulated Annealing, and Genetic Algorithms for Facilities Location Problems”, *International Journal of Production Economics*, 103(2): 742–754, 2006.