

TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ: OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE BİR ARAÇ ROTALAMA UYGULAMASI

Gül Gökay EMEL¹, Çağatan TAŞKIN², Gökhan DENİZ³

¹Uludağ Üniversitesi, İ.İ.B.F., İşletme Bölümü, Yardımcı Doçent Dr.

²Uludağ Üniversitesi, İ.İ.B.F., İşletme Bölümü, Araştırma Görevlisi

³Oyak Renault

SUPPLY CHAIN MANAGEMENT: A VEHICLE ROUTING APPLICATION IN AUTOMOTIVE INDUSTRY

Abstract: The aim of this study is to decrease the logistics costs of a firm by restructuring its logistics network. In the paper there has been given information about logistics, vehicle routing and solution methods of vehicle routing, respectively. Savings method which is a heuristic is explained in detail. Afterwards, current logistics system of a firm whose core competence is in automotive is handled and the disadvantages of the current system are mentioned. To make the transportation function of the firm more effective, a new logistics system has been proposed. The superiority of the new proposed system has been proved by the help of the savings method. In the last part of the study, routes of the proposed system and a sample solution step of the savings method are given.

Keywords: Supply Chain Management, Logistics, Vehicle Routing Problem, Savings Algorithm

TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ: OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE BİR ARAÇ ROTALAMA UYGULAMASI

Özet: Bu çalışmanın amacı, bir işletmenin lojistik ağını yeniden yapılandırarak lojistik maliyetlerini düşürmeye yöneliktir. Çalışmada sırasıyla; lojistik, araç rotalama problemi, çözüm yöntemleri, daha ayrıntılı olarak da bulgusal bir çözüm yöntemi olan kazançlar yöntemi yer almaktadır. Daha sonra, bir otomotiv endüstrisi işletmesinin lojistik sistemi incelenerek, sistemin aksaklıkları ortaya konmaya çalışılmaktadır. Taşıma fonksiyonunun daha etkin çalışması gerektiği sonucundan hareketle, mevcut sistemin yerine daha düşük maliyetlerle çalışacak yeni bir sistem önerilmektedir. Yeni sistemin maliyet üstünlüğünü sağlayan yeni araç rotaları, kazançlar yöntemi kullanılarak elde edilmektedir. Çalışmanın son kısmında ise belirlenen yeni rotaların ve araçların katettikleri mesafelerdeki toplam kazancın bulunmasına örnek bir çözüm adımı verilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tedarik Zinciri Yönetimi, Lojistik, Araç Rotalama Problemi, Kazançlar Algoritması

I. GİRİŞ

Küresel rekabetin giderek kızıştığı günümüzde işletmeler, maliyetlerini sürekli olarak düşürmeye zorlanmaktadır. Aynı zamanda, işletmeler en önemli hedeflerinden olan karlılık hedefleriyle müşteri memnuniyeti hedefleri arasındaki dengeyi sağlamak zorundadırlar. Bu dengeyi sağlamada, işletmelerin sahip oldukları iyi tasarlanmış ve başarıyı yüksek tedarik zincirleri ve lojistik fonksiyonları önemli rol oynamaktadır. Lojistik ağlarının yüksek başarılarını sağlama veya başarılarını iyileştirme çalışmaları, işletmelerin genel başarıları üzerinde büyük etkiye sahiptir. Bu etki, yan endüstrileriyle ve dağıtım kanallarıyla birlikte çok büyük ve küresel tedarik zincirlerine sahip otomotiv endüstrisi üreticileri için de göz ardı edilemeyecek büyüklüktedir. Otomotiv üreticileri de, bu nedenle tedarik zincirlerini iyileştirme ve yeniden yapılandırma çalışmaları yapmak zorunda kalmaktadırlar.

Bu çalışmada, Türkiye’de de faaliyet gösteren bir otomotiv endüstrisi üreticisinin lojistik sistemindeki

problemlerden bir tanesi ele alınmıştır. Problemin çözümünde, optimal değerli araç rotalarının bulunmasına ihtiyaç duyulmuştur. Çözüm için araç rotalama probleminin klasik bulgusal çözüm yöntemlerinden en eskisi ve başarılı olan Clarke-Wright kazançlar yöntemi kullanılmıştır. Böylece, başarımlı ölçütlerinden biri olan lojistik maliyetlerinin düşürülmesi ve tedarik zincirinin başarımının artırılması sağlanmaya çalışılmıştır.

II. LOJİSTİK

Lojistik, genel olarak işletme fonksiyonlarının gerçekleştirilmesi amacıyla her türlü fiziksel varlığın bir konumdan diğer bir konuma geçmesini sağlayan faaliyetler bütünüdür. Lojistikle ilgili ilk bilgilere askeri uygulamalarda rastlanmaktadır. 1898 yılında yazılan bir makaleye göre; strateji, askeri kuvvetleri savaş sahnesinde yönetme sanatı, taktik, kuvvetleri çarpışma alanında yönetme sanatı, lojistik ise askeri kuvvetlerin bir konumdan diğerine hareket ettirilmesi ve bölümlere ayrılması ile daha etkin savaşılması sanatı olarak tanımlanmaktadır. Lojistik kavramı her iki dünya

savaşında da büyük ilgi görmüştür. Özellikle, İkinci Dünya savaşında, askeri kuvvetlerin ve askeri ekipmanların hareketinin önemi daha da artmıştır. Lojistikle ilgili başka bir açıklamaya da Luttwak'ın (1971) "A Dictionary Of Modern War" adlı kitabında yer verilmektedir. Bu açıklamaya göre lojistik, askeri organizasyonların gereksinimleriyle ilgili tüm faaliyet ve yöntemleri içerir. Modern şartlarda askeri kuvvetlere ait bol çeşit ve çok sayıda ekipman mevcut olduğu için, lojistik aynı zamanda önemli bir planlama ve hesaplama faaliyetini de gerektirir. Amaç ise, her askeri kuvvet birimine optimum miktarda ekipman sağlamaktır [1].

Zaman içinde lojistik uygulamaları işletme alanına kaymıştır. Önceleri, işletmelerde taşıma veya trafik bölüm ve yönetimleri bulunmaktaydı. Bunların en zor görevi, başka ülkelere yapılan taşımalar için düzenleme ve gümrüklerle ilgili çalışmaları yapmaktı. Daha sonraları, fiziksel dağıtım kavramı bu kavramların yerini aldı. Fiziksel dağıtımın amacı, işletmelerin dağıtım sisteminde yer alan kanallardan işletme amaçlarını gerçekleştirecek şekilde akışları sağlamaktır. Bu kavram daha da genişleyerek, üretime doğru olan akışları da içine almış ve daha sonra da yerini lojistik kavramına bırakmıştır. Günümüzde ise küresel işletmelerin ortaya çıkışı, bilgi teknolojisindeki ve ulaşım araçlarındaki gelişmeler, tedarik, üretim ve dağıtım faaliyetlerini içine alan bilgi teknolojisi tabanlı bütünsel bir yönetim süreci oluşturmuştur. Tedarik zinciri veya lojistik ağları olarak adlandırılan bu süreç, kaynaklama, dış kaynaklama, tedarikçi seçimi, satın alma, sipariş gerçekleştirme, üretim planlama ve çizelgeleme, lojistik (taşıma, dağıtım, depolama) gibi birçok süreci bütünlüştürmüştür.

İşletme biliminde lojistik; malzemelerin, yarı mamullerin, parçaların, gereçlerin ve tamamlanmış mamullerin, işletme dışından işletmeye gelişlerini, işletme içindeki hareketlerini ve işletmeden işletmenin dışındaki noktalara ulaştırılmalarını sağlayan akış ve depolama faaliyetleridir. Lojistik yönetimi ise müşteri gereksinimlerini yerine getirmek üzere lojistik faaliyetlerini ve bu faaliyetlerle ilgili bilgileri maliyet etkin olarak planlama, yerine getirme ve kontrol etme sürecidir [2,3].

Lojistik, tedarik lojistiği ve pazarlama lojistiği olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Tedarik lojistiği (in-bound logistics) malzemeler, yarı mamuller ve parçalar için üretim merkezleri arasındaki lojistik faaliyetlerini içerirken, pazarlama lojistiği (out-bound logistics) (literatürde pazarlama lojistiği fiziksel dağıtım olarak da geçmektedir) tamamlanmış mamuller için üretim merkezleri ile araçlar veya son müşteriler arasındaki lojistik faaliyetlerini içerir[4].

Lojistiğin, depolama ve taşıma olmak üzere iki temel işlevi mevcuttur.

II.1. Depolama

Tedarik edilen hammadde, malzeme ve parçaların ayrıca yarı mamul ve tamamlanmış mamullerin uygun şartlar altında saklanması ve korunması yani depolama fonksiyonu lojistik yönetiminin önemli alt fonksiyonlarından birisidir. Depolamanın yapılabilmesi için gereksinim duyulan depolar, tedarik edilen üretim girdilerinin ve üretim çıktılarının kullanımına kadar muhafaza edildiği alanlar olarak tanımlanabilir. Depolama fonksiyonu malzeme depolayarak üretimin kesintisiz olmasına ve mamul depolayarak müşteri memnuniyetinin sağlanmasına olanak tanımaktadır [5].

II.2. Taşıma

Bir başka önemli alt fonksiyon ise taşıma fonksiyonudur. Taşıma fonksiyonunun maliyeti işletmelerde lojistik maliyetlerinin 1/3 - 2/3'üne karşılık gelmektedir. Taşıma maliyetlerinin toplam lojistik maliyetleri içinde önemli bir orana sahip olmasından dolayı taşıma araç ve personelinin maksimum etkinlik ve minimum maliyet ile kullanılması sorunu lojistikte en temel problem olarak göze çarpmaktadır. Taşıma maliyetlerini düşürmek ve aynı zamanda müşteriye sunulan hizmeti iyileştirmek için taşıma araçlarının, gerek hammadde ve malzemeleri tedarik merkezlerinden üretim noktalarına, gerekse de tamamlanmış mamulleri üretim noktalarından müşterilere ulaştırırken izleyecekleri rotalardan optimum olan rotaların bulunması gerekmektedir. Araç rotalama problemi olarak bilinen bu problemin içerdiği kısıt tiplerine göre bir çok çeşidi bulunmaktadır [6].

III. ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ

Araç rotalama problemi; eldeki malın, bir veya birden fazla araç ile bir veya birden fazla merkezden ilgili talep yerlerine, minimum mesafe veya minimum maliyetle nasıl taşınabileceğini inceleyen bir problem tipidir. Tüm taşımalarda, malların belirlenen bir zamanda, bir üretim merkezinden veya bir depodan tahsis edilen araçlarla, istenilen yerlerden toplanması veya yerlere dağıtılmasıyla oluşan mesafe veya sürenin uzunluğu önemli bir maliyet unsuru oluşturmaktadır. Bu nedenle işletmeler bir araç rotalama problemiyle karşılaştıklarında, taşıma maliyetlerini düşürecek optimal bir rotalama kararı almak zorundadırlar. Rotalama kararı, hangi talebin hangi araçla karşılanacağını ve bu araçların hangi rotaları izleyeceğini belirler.

Bu problem tipinde dağıtım yapan işletme belli kapasitelerdeki araçlardan oluşan bir filo sahiptir. Her aracın yolculuğu, tek depo söz konusu olduğunda merkez depodan başlar ve dağıtım sonunda yine merkez depoda son bulur. Birden fazla depo söz konusu olduğunda ise

her araç çıktığı depoya geri dönmek zorundadır[7]. Ayrıca, seçilen rotalar, sabit araç kapasiteleri, mesafeler ve çalışma süreleri gibi birçok kısıtı sağlamalıdır[5]. Araç rotalama problemi içerdiği kısıt tiplerine göre sınıflara ayrılabilir. Klasik araç rotalama problemi en temel araç rotalama problemidir. Klasik araç rotalama problemi bu çalışmanın da konusunu oluşturmaktadır. Klasik araç rotalama probleminin özellikleri şöyle sıralanabilir [5]:

- Tek bir depo vardır.
- Dağıtım söz konusudur.
- Araçlar aynı kapasiteye sahiptir.
- Araçlar için kapasite kısıtlaması vardır.
- Müşteri talepleri bilinmektedir.
- Bir müşteriye yalnızca bir araç hizmet sunar.
- Tüm araçlar depodan yola çıkıp tekrar depoya dönerler.
- Amaç toplam mesafeyi veya maliyeti minimize etmektir.

Tüm bu kısıtları yerine getirerek, talep merkezlerine yapılacak taşımaların optimum şekilde yapılmasını hedefleyen araç rotalama problemi NP-zor (Non-Polinomial-hard) tipi problem sınıfına girmektedir. Bu sınıfta yer alan problemler optimal yaklaşımlarla polinomial zamanda çözülemez niteliktedir. NP-zor sınıftaki problemler büyük çaplı olduğunda uygun bir süre içerisinde optimal sonuçlara ulaşmak oldukça zor hatta imkansızdır. Çünkü bu problem tipinde değişken sayısı arttırıldıkça problemin çözümü zorlaşmakta ve çözüm süresi üstsel veya faktoriyel olarak artış göstermektedir. NP-zor problemler ile karşılaşıldığında optimal çözümü aramak yerine optimal çözüme yakın sonuç verecek bulgusal yöntemlere sıklıkla başvurulmaktadır [8].

IV. ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ İÇİN ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

Araç rotalama problemi 1950'li yıllardan beri araştırmacılara konu olmuştur ve bu problem için çeşitli çözüm yöntemleri bulunmuştur. Ortaya konulan çözüm yöntemleri iki temel sınıfta toplanabilir. Bunlardan birincisi kesin (exact), ikincisi ise bulgusal (heuristic) yöntemlerdir. Bulgusal yöntemler ise klasik bulgusal yöntemler ve modern bulgusal yöntemler olmak üzere ikiye ayrılabilir [9].

IV.1. Kesin Yöntemler

Kesin yöntemler matematiksel programlama temelli yöntemler olup, ortak özelliği optimal çözüm vermeleridir. Araç rotalama problemi ilk olarak 1950'li

yıllarda tamsayı bir model olarak formüle edilmiştir. Bu modellerle 10–20 müşterili küçük çaplı problemler optimal olarak çözülmüştür [10]. Tamsayı model olarak formüle edilen araç rotalama probleminin çözümü için dal-sınır (branch and bound), kesim düzlemi (cutting plane) ve dal-kesim (branch and cut) yöntemleri kullanılmaktadır [11]. Ayrıca, dinamik programlama, Lagrangean ve K-ağaç tabanlı yöntemler araç rotalama probleminin kesin çözüm yöntemleri arasında yer almaktadır [12]. Fakat çok fazla değişken içeren bir araç rotalama probleminin kesin yöntemlerle polinomial zaman içerisinde çözülmesi mümkün değildir. Bundan dolayı araştırmalar, kabul edilebilir bir sürede yaklaşık çözümler veren bulgusal yöntemler bulma üzerine yoğunlaşmıştır [13].

IV.2. Bulgusal Yöntemler

Araç rotalama probleminin çözümü için kullanılan bulgusal yöntemler klasik ve modern yöntemler olmak üzere iki sınıfta incelenebilir.

IV.2.1. Klasik Bulgusal Yöntemler

Klasik bulgusal yöntemler; rota oluşturma, iki aşamalı yöntemler ve rota iyileştirme yöntemleri olarak üç alt sınıfta incelenebilir. Birinci alt sınıf olan rota oluşturma yöntemleri arasında kazançlar (savings), yerleştirme (insertion) ve en yakın komşu (nearest neighbour) yöntemleri bulunmaktadır. Bu yöntemlerden kazançlar yöntemi çalışmanın uygulama aşamasında kullanılan yöntem olup, sonraki bölümde ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. İki aşamalı yöntemler ise, önce grupla-sonra rotala ve önce rotala-sonra grupla olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Diğer bir yöntem olan rota iyileştirme yöntemleri ise oluşan rotalardan daha iyi rotalar oluşturma amaçlı yöntemlerdir. Literatürde dal değişim (branch exchange) yöntemleri olarak da geçmektedir [14].

IV.2.2. Modern Bulgusal Yöntemler

Özellikle 1990'lı yıllardan sonra yoğun araştırmalara konu olan bu yöntemler ortaya çıkış tarihlerine göre aşağıda incelenmiştir. Meta-höristikler olarak da bilinen bu yöntemler, tavlama benzetimi, yasaklı arama ve genetik algoritmalarıdır.

Tavlama benzetimi yaklaşımı, metallerin tavlama işlemi esas alınarak ortaya atılmıştır. Metallerin tavlama işlemi için yavaş olarak azaltılan sıcaklık, metallerdeki atomların kendilerini düzenlemelerini ve düzenli bir kristal yapı oluşturmaları sağlar. Sıcaklık hızlı bir şekilde azaltıldığı zaman ise, atomlar düzenli bir yapı oluşturacak zaman bulamazlar ve sonuç olarak yüksek enerjili bir yapı ortaya çıkar. Düzenli bir yapı her zaman minimum enerjiye sahiptir. Bundan dolayı optimizasyon problemlerinde minimize edilmek istenen amaç fonksiyonu değeri, bir termodinamik sistemdeki enerjiye

benzetmektedir[16]. Algoritmanın her adımında mevcut yapıdan yeni bir yapı oluşur. Eğer oluşan yeni yapının enerjisi mevcut yapıdan düşükse yapılar yer değiştirir. Yani yeni yapı artık mevcut yapı olur. Bu durum herhangi bir durdurma kriteri sağlanana dek sürer[16].

Kullanılan diğer bir yöntem ise yasaklı arama yöntemidir. Bu yöntem, benzetimli tavlama yöntemine göre daha yeni bir arama yöntemidir. Glover tarafından önerilen yasaklı arama yöntemi, bellek tabanlı bir arama stratejisidir. Algoritma tarafından geçmişte yapılan hareket veya çözümlerin listesi saklanmaktadır. Bu listeye yasak listesi denmektedir. Yasak listesinin amacı, en son olan hareketleri kayıt etmek ve olabilecek tekrarları önlemektir [16]. Bu yöntemde, probleme oluşturulan bir çözümle başlanır. Her t iterasyonunda mevcut çözümden en iyi komşu çözüme hareket edilir. Herhangi bir durdurma kriteri sağlanıncaya dek bu döngü devam eder. Bu çalışma prensibi ile en iyi çözüm bulunmaya çalışılır [14].

Bir başka yöntem olan genetik algoritmalar ise Darwin'in doğal seçim kavramına dayanmaktadır. Doğal genetik sistemin işleyiş yapısı araç rotalama probleminin çözümü için oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Genetik algoritmalar, doğal genetiğin çalışma şeklini taklit eden uyarlanabilir rastsal arama ve optimizasyon algoritmalarıdır. Darwin'in çevre şartlarına uyum sağlayabilen en iyilerin hayatta kalması ilkesinden hareket eden genetik algoritmalar John Holland tarafından geliştirilmiştir [17]. Genetik algoritmalar, bireylerden oluşan bir popülasyona çoğalma, çaprazlama ve mutasyon operatörlerinin uygulanmasını içerir. Bu operatörlerin uygulanmasından sonra yeni bir popülasyon (yavru popülasyon) oluşur. Yeni popülasyon eski (ebeveyn popülasyon) ile değiştirilir. Her bireyin bir uyum değeri mevcuttur. Bireyler uyum değerlerine göre seçilirler. Ortalama uyum değerinin üzerinde uyuma sahip bireylerin gelecek kuşaklarda temsil edilme olasılığı daha yüksektir. Evrim süreci, popülasyonun ortalama uyumunu giderek artırır ve ilerleyen kuşaklarda daha iyi uyum değerleri elde edilmesini sağlar [18].

Araç rotalama problemleri için son yıllarda meta-höristikler yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır. Araç rotalama problemlerinde kullanılan meta-höristikler ile elde edilen çözümlerin kalitesi klasik bulgusal yöntemlerle elde edilen çözümlerin kalitesine göre oldukça yüksektir. Buna karşılık meta-höristiklerle çözüme ulaşma zamanı daha fazladır [14]. Meta-höristikler arasında bir kıyaslama yapıldığında ise, literatürde en iyi çözümü yasaklı arama yönteminin verdiği görülmektedir [19].

V. KAZANÇLAR YAKLAŞIMI

Araç rotalama probleminin çözümünde kullanılan klasik bulgusal yaklaşımlardan biri de Clarke ve Wright adlı iki araştırmacının ortaya koyduğu kazançlar yaklaşımıdır (savings method). Burada kazanç kavramı, iki ayrı rotanın birleştirilmesinin ayrı oldukları duruma göre ne kadar avantaj sağlayacağını ifade etmek için kullanılır. Bulgusal bir yöntem olduğundan optimal sonuç vermemekle beraber hesaplama süresi bakımından oldukça avantajlıdır [6].

Yöntem için gerekli bilgiler ve gösterimleri şunlardır:

P_0 : Merkez

P_n : Yük veya talep yeri

Q_n : Her bir yük veya talep yeri için taşınacak miktar

K : Araç sayısı

Kazançlar Matrisi:

Yük (br)	P_0									
Q_1		P_1								
Q_2			P_2							
Q_y							P_y			
Q_z				$T_{y,z}$					P_z	
				$S_{y,z}$	$d_{y,z}$					
Q_n										P_n

Kazançlar Matrisindeki Hesaplamalar:

$d_{y,z}$ = y ve z talep yerleri arasındaki mesafe

$S_{y,z}$ = y talep yerinden z talep yerine gitmekle sağlanan kazanç

$S_{y,z} = d_{0,y} + d_{0,z} - d_{y,z}$

0 y ve z nin talebi aynı araç ile karşılanmıyorsa,

$T_{y,z} = 1$ y ve z nin talebi aynı araç ile karşılanıyorsa,

2 y ve z istasyonlarına birer araç gönderiliyorsa,

olmak üzere y ve z nin aynı rotada olup olmadığının gösterilmesi

Bu yöntemin çözüm adımları aşağıdaki gibidir [6]:

1.Adım: Tüm talep yerlerine, merkezden birer araç tahsis edilebileceği varsayılır. Talebin bölünebilir olduğu durumlar için taşınması gereken yük miktarı maksimum kapasiteyi aşarsa yalnızca aşan kısmı dikkate alınır ve yükün tam kısmı için talep yerine bir kamyon tahsis edilir.

2.Adım: Talep yerlerinin birbirinden uzaklıkları (d) belirlenerek bir mesafe matrisi oluşturulur.

3.Adım: Bu adımda ise mesafeler matrisinden yararlanılarak kazançlar matrisi hazırlanır. Kazançlar matrisindeki en sol sütun, talep yerlerine veya yerlerinden taşınacak yük miktarlarını, bu sütunun hemen yanındaki sütun (P_0), merkez ile talep yerleri (P_1, \dots, P_n) arasındaki $T_{0,y}$, daha sonraki sütunlar ise talep yerlerinin kendi aralarındaki $S_{y,z}$, $T_{y,z}$, $d_{y,z}$ değerlerini içerir. Kazanç değerlerini bulmak için kullanılacak formül şöyledir:

$$S_{y,z} = d_{0,y} + d_{0,z} - d_{y,z}$$

4.Adım: Rotalama işlemlerini yapabilmek için T değerleri kullanılarak kazançlar matrisine yazılır. T değerleri bir talep merkezinin bir rotaya atanıp atanmadığını belirtir.

Oluşturulan kazançlar tablosunda en yüksek kazanç değerini veren hücreye bağlı talep merkezleri (P_y , P_z) bir rota üzerinde birleştirilmeye adaydır. Ancak birleşmenin gerçekleşmesi için bir takım şartların sağlanması gerekmektedir. Bunlar [20]:

• y ve z ya yalnız başına bir nokta ya da bir rotanın depo ile bağlantısı olan bir noktası olmalıdır. Yani " $T_{0,y}=1$ veya 2" ve " $T_{0,z}=1$ veya 2" olmalıdır.

• y ve z talep noktalarının birleştirilmesi ile oluşacak toplam yük, aracın taşıyabileceği maksimum kapasiteyi aşmamalıdır.

• y ve z noktaları daha önceden birleştirilmiş olmamalıdır.

Eğer en yüksek kazanç değerine sahip hücre bu koşulları sağlıyorsa bu hücreden rotalama işlemine başlanılır. Rotalama işlemi şu şekilde yapılır:

• $T_{y,z}$ değeri, y ve z talep merkezlerinin atandığını göstermek için 1'e eşitlenir. $T_{y,z} = 1$ olur.

• $T_{0,y}$ ve $T_{0,z}$ değerleri y ve z talep merkezlerinin aynı rotada birleştirildiklerini belirtmek amacıyla birer azaltılır, $T_{0,y} = T_{0,y} - 1$ ve $T_{0,z} = T_{0,z} - 1$ olur ve kazançlar matrisine yazılır.

• Bu çevrim eklenecek talep merkezi kalmayana kadar devam eder.

VI. BİR OTOMOTİV ENDÜSTRİSİ ÜRETİCİSİNİN MEVCUT LOJİSTİK SİSTEMİNİN İNCELENMESİ

Bu çalışmada lojistik sistemi incelenecek olan işletmenin ana merkezi yurt dışında olup, fabrikası da 1969 yılında Bursa'da kurulmuştur. Yıllık 140.000 otomobil üretme kapasitesine sahiptir. İşletme, ürettiği otomobillerin bir kısmını yerli piyasaya bir kısmını da yabancı piyasaya satmaktadır. 1999 yılında %25,1'lik payla yerli otomobil piyasasının pazar lideri olmuştur. Dünyanın pek çok yerinde mevcut olan üretim merkezleri, tedarikçileri ve pazarlama kuruluşlarıyla gün geçtikçe güçlenen bir otomobil devidir.

Bu işletmenin lojistik faaliyetleri, üretim planlama ve lojistik bölümü tarafından yürütülmektedir. Üç alt sistem olan tedarik, üretim ve dağıtım sistemlerine bakıldığında bu sistemlerin bir bütün olarak işletmenin üretim planlama ve lojistik bölümü bünyesinde bulunmadığı görülmektedir. Örneğin tedarik sisteminde yer alan satın alma faaliyeti fabrikanın ayrı bir bölümü olan satın alma direktörlüğüne yürütülmektedir. Dağıtım faaliyeti ise arabaların satışından sorumlu bir başka işletme tarafından gerçekleştirilmektedir.

Bursa'da kurulu olan fabrika, yerli ve yabancı olmak üzere iki tip yan sanayi imalatçısından 8.000 parça tedarigi yapmaktadır. Bunların sayısal olarak yarısı, hacimsel olarak %40'ı Avrupa'daki 300 yabancı imalatçıdan sağlanmaktadır. Yerli imalatçılar, sevkiyatlarını kendileri fabrikaya teslim şeklinde gerçekleştirmektedirler. Yabancı imalatçılarla çalışırken ise siparişi verilen parçalar, imalatçıdan teslim alındıktan sonra, önce ana işletmenin bulunduğu ülkedeki 12 adet ara toplama merkezinde (ara depolarda), ardından da bir ana toplama merkezinde (ana depoda) bir araya getirilip, tek bir sınır kapısından çıkış yapılarak Bursa'daki fabrikaya sevk edilmektedir. Bu çalışmada, işletmenin lojistik yapısının sadece bir parçasını oluşturan yabancı imalatçılardan tedarik süreci incelenecektir.

İşletmenin yabancı imalatçılarla ilgili lojistik sistemi dört ana eleman üzerine kurulmuş bulunmaktadır:

- Üretim Tesisi
- Ana Toplama Merkezi
- Ara Toplama Merkezi
- İmalatçılar

Bu mevcut sistemde işletme, tüm yabancı imalatçılarıyla tek tek temas halinde değildir ve siparişlerini, ana merkez fabrikaya ait olan ve diğer ülkelerdeki fabrikalara da hizmet veren ana toplama merkezine (ana depoya) geçmektedir. Bu toplama merkezi, çeşitli ülkelerdeki tüm fabrikalardan aldığı siparişleri birleştirerek imalatçılara yansıtıp daha sonra özel ara toplama merkezleri (ara depolar) aracılığıyla tedarik eder. Gelen malzemeleri fabrikalara göre ayrıştırıp sevkiyata hazırlar. Bu yapıya göre işletmenin yabancı tedarikçileri ile fabrikası arasında bir toplama merkezi bulunmaktadır. Bu ana toplama merkezi bir anlamda üretici işletme ile tedarikçiler arasında perde görevi üstlenmiştir. Bu perdenin gerisinde tüm Avrupa üzerine yayılmış ve işletmenin ihtiyaçlarını tedarik eden 300 imalatçı bulunmaktadır. Bu rakam bu merkezin görevini anlamak açısından önemlidir. Çünkü 300 imalatçının günlük sevkiyatı ancak 15 tır doldurabilmektedir. Ana toplama merkezi, sevkiyat hacimleri çok yüksek olmayan ama oldukça fazla sayıda imalatçı ile çalışmaktadır.

Tedarik faaliyetinde çok önemli bir yeri olan sipariş gerçekleştirme işlemi bu sistemde şu şekilde başarılmaktadır:

- Üretim biriminde kullanılan MRP programları, bir sonraki hafta gün bazında ana depodan çıkması gereken parçaların miktarlarını hesaplar ve bunu EDI (Electronic Data Interchange) yoluyla bu merkeze ulaştırır. Bu merkez de benzer şekilde diğer fabrikalardan aldığı siparişleri de ekleyerek tüm imalatçılara toplu halde siparişlerini geçer.

- Geçilen siparişler birkaç fabrika için toplu olarak verilmiş olsa da imalatçılardan bir çoğunun göndermesi gereken miktar, tek başına tır dolduracak kadar yeterli olmamaktadır. Bu nedenle imalatçılar da parçaları doğrudan bu merkeze göndermek yerine önce ana işletmenin tüm fabrikaları için kullandığı ve nispeten çok daha küçük olan ara toplama merkezlerine gönderirler. Ara toplama merkezlerinde toplanan parçalar daha sonra ana toplama merkezine, oradan da daha önce geçilmiş sipariş doğrultusunda işletmeye gönderilirler.

- Parçaların ana depodan çıktığına dair bilgi ASN (Advanced Shipment Notice) sistemi ile iki gün sonra fabrikaya ulaşır. Bir anlamda iki günlük bir karanlık bölge bulunmaktadır. ASN bilgisinin yanında, uluslararası ticaretin gerektirdiği belgelerin bir kısmı elektronik olarak, bir kısmı ise bizzat araçlar tarafından ilgili servise teslim edilir. Sınırdan çıkan araçların fabrikaya ulaşma süreleri ise 6 gündür. Gümrükleme faaliyeti tamamlanan araçların ilgili bölümce idari kabulü yapılır ve araçlar boşaltılıp malzemeler depolanmak üzere ambarlara alınır.

Mevcut sistemde işletme, yapılacak taşımalar için ortalama 100m³ lük araçlar kiralama, sınırdan fabrikaya kadar araç başına ödeme yapmaktadır. Araçların doluluk

oranları, araç kiralama maliyetini etkilememektedir. Ara depolardan ana depoya ve oradan sınıra kadar olan taşımalar da ise km başına ödemede bulunmaktadır. Bu durumda taşıma maliyetini azaltma, km azaltma ile mümkün olabilmektedir. Kiralanan araçlara sadece işletmenin malı yüklenebilmektedir. Yükün bir arada taşınabilirliği kabul edilmiştir. Böylece taşınan yük, tek tip mal olarak ele alınabilmektedir. Günlük olarak, fabrikaya 15 araçlık teslimat vardır. Bunlardan beş tanesi, ortalama %80 doluluk oranıyla taşınan, ana depoya aktarılmış ara depo yüküdür. Fabrikanın günlük üretim ihtiyacını karşılayacak ara depolar ve sevkiyat değerleri aşağıda verilmiştir:

	Ara Depolar	Günlük Sevkiyat (m ³)
1.	Laperriere	60
2.	Cat Irigny	49
3.	Loire	18
4.	Buffa	10
5.	Deols	40
6.	Volutrans	26
7.	Caillot Tournan	32
8.	Caillot Betheny	60
9.	Cat Gennevilliers	16
10.	Transpic	23
11.	Giraud	27
12.	Bils Deroo	39
	Toplam	400

Mevcut Lojistik Sisteminin Değerlendirilmesi:

İşletmenin mevcut lojistik sistemine dair temel problemler şu şekilde sıralanabilir:

- Parça üzerinde katma değeri olmayan gereksiz lojistik faaliyetler
- Ara stoklar
- Bilgilere geç ulaşma
- Fabrika ile imalatçı arasında aracı bulunması
- Uzun parça tedarik süreleri
- Fazla yükleme boşaltmanın neden olduğu kalite sorunları
- Fazla taşıma maliyeti

Bunların yanında bu sistemin bazı avantajları da mevcuttur. Bunlar da şöyle sıralanabilir:

- Araç doluluklarında iyi bir oran
- Tek muhatap
- İkinci kez parçaların miktarsal değerlendirilmesi imkanı

İhracatı her geçen gün giderek artan işletmenin müşterilerine modern pazarlama anlayışıyla yanıt vermesi gerekmektedir. Mevcut üretim sistemlerinin neden olduğu yüksek stok seviyeleri ve finansal kayıplar, üreticileri stoğa değil doğrudan müşteri isteklerine yönelik üretim yapmaya zorlamaktadır. Bu aynı zamanda müşterilere seçme şansı da sağladığı için önemli bir pazarlama silahı olmaktadır. Böylece, müşteriler arzuladıkları mamulü almakta, üreticiler de müşterisi belli mamul üretmiş olmaktadır. Burada incelenen sistemin de iyi işleyebilmesi için, işletmenin otomobilleri müşterilerin kabul edebileceği bir sürede üretmesi gerekmektedir. Bu da, tedarik sisteminin etkin ve hızlı işlemesi ile doğrudan ilgilidir. İşletmenin mevcut sistemde yurt dışından gelen parçalar için tedarik süresi (parça isteğinden bant kenarında tüketilmesine kadar olan) 4 haftadır. Belirtilen pazarlama anlayışının oluşturulabilmesi için ise bu sürenin 2,5 haftaya indirilmesi gerekmektedir.

Önerilen Sistem:

Mevcut sistemdeki problemlerin büyük ölçüde, depoların varlığından kaynaklandığı görülmektedir. Depoları kaldırıp, tedarikçilerden doğrudan tedarik yapılabilen ve eski sistemdeki çalışma koşullarının aynen korunduğu yeni bir lojistik yapı oluşturulmaya çalışılacaktır.

Küresel lojistik anlayışı çerçevesinde, Avrupa Birliği ülkelerinden yapılan ithalatlarda, sadece parçaların fiziksel akışlarını planlayıp organize etmek yeterli olmamaktadır. Aynı zamanda parçaların gerek Avrupa Birliği sınırlarından çıkışında, gerekse Türkiye sınırından girişinde yerine getirilmesi zorunlu olan bir takım kanuni işlemlerinin yapılarak ilgili dokümanların onaylatılması gerekmektedir. Tüm bu kanuni zorunluluklar şu anda tek gönderim merkezi olan ana depoda yerine getirilmektedir. Yıllardan beri yüksek hacimlerde sevkiyatlar yapıldığı için gümrükleme faaliyeti bu ana depoda sürdürülmektedir. Fakat, ana deponun kaldırılıp doğrudan tedarike geçilmesi durumunda, her imalatçının veya her ara deponun tüm bu gerekli işlemleri yerine getirmesi mümkün değildir. Zira, imalatçıların veya ara depoların bulunduğu tüm şehirlerde gümrük ofisleri bile bulunmamaktadır. Bu ihtiyacı giderebilmenin tek yolu, tüm araçların çıkış gümrük işlemlerini sınırda yaptırması ile mümkün olabilir. Bu

amaçla, yeni sistemin devreye alınabilmesi için işletmeye gelecek araçların izlediği güzergaha göre, ülkenin güney doğu sınırında, gümrük bürosunun yakınında bir yere açılacak bir ofis, işletmenin istikametindeki araçların çıkış işlemlerini yapacaktır. Bundan ötürü, ana merkez bulduğu ülke sınırları dahilinde her araç rahatça hareket edebilse bile sınır çıkışı için tek bir nokta olacaktır. O da güney doğu sınırındaki gümrük bürosudur.

Önerilecek sistemde, ara depoların kaldırılması taşıma maliyeti ve risk açısından sakınca yaratmaktadır. Doğrudan tedarikte 300 tedarikçiye uğramak çok zor görünmekle birlikte, çoğu imalatçı araçların çok küçük bir kısmını doldurabilmektedir. Bu yükleme ve ulaşım maliyetlerini, ayrıca riski de çok yükseltecektir. Ancak, araç kapasitesini dolduran veya doldurmaya yakın oranda sevkiyat yapabilecek büyük imalatçılardan doğrudan sevkiyat yapılabilir. Bu durumda, ara depoların fonksiyonlarını biraz değiştirmek suretiyle varlıklarını korumaları uygun olmaktadır.

Ana deponun kaldırılması ise bu deponun fonksiyonunun dağıtılabilmesi ile mümkün görülmektedir. Bunlardan biri olan gümrük işlemleri, sınırda kurulacak yeni birimde yapılabilecektir. Buna karşılık, ana deponun kaldırılması ile fabrikanın 12 ara depo ile tek tek ilişki kurması sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu, sipariş ve sevkiyat işlemlerinin mevcut EDI ve daha da geliştirilecek sevkiyat bilgi sistemiyle rahatlıkla yapılabilmesiyle sorun olmaktan çıkacaktır. Ara depolara siparişler verilebilecek ve sevkiyat takipleri yapılabilir.

Sonuç olarak; önerilen sistem ana deponun kaldırılması, ara depoların ise bırakılması şeklindedir. Bu sistemde, boş araçlar gümrük bürosunun bulunduğu yerden başlayarak araç kapasitesini aşmamak koşuluyla olabildiğince çok ara depoyu dolaşarak malzemeleri toplayıp tekrar gümrük bürosunun bulunduğu yere geri döneceklerdir. Burada gümrük işlemleri yapılan araçlar bundan sonra sabit maliyetli sınır-fabrika taşımalarını gerçekleştireceklerdir. Aynı araç, geri dönüşte de yine sınırdaki gümrük bürosundan başlayarak yeni toplama turunu tamamlayacaktır. Burada araçların tur yapması, araç doluluk oranları açısından gereklidir. Birden fazla ara deponun sevkiyatı toplandığı zaman, ancak araçlar belli bir doluluk oranına ulaşabilmektedir. Eğer 12 deponun her birine ayrı araç çıkarılırsa, daha önce yaklaşık %80 doluluk oranında olan 5 araç yerine yaklaşık %33 doluluk oranında 12 araç gerekecektir. Bu da yeni sistemdeki taşıma maliyetlerini eskisine oranla çok daha yükseltecektir.

Burada kaç aracın gerektiği, ara depolara sadece bir kere uğranması ve gidilen yolun en az ve araçların doluluk oranlarının en yüksek olması koşuluyla hangi turların oluşturulması gerektiği soruları ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, yeni sistemin eskisine göre

başarımının daha iyi olup olmadığı ve daha iyiye ne kadar daha iyi olduğu da belirlenmelidir.

Problem tipik olarak bir temel araç rotalama problemidir. Eğer bir aracın kapasitesi tüm yükü alabilecek büyüklükte yani tek araç şeklinde olsaydı problem gezgin satıcı problemi olarak ele alınabilirdi. Probleminin çözümünde ise değişken sayısı az olduğu için tam çözüme çok yakın sonuç verebilecek ve çözümü kolay bir yöntem olan kazançlar yönteminin kullanılması uygun görülmüştür.

VII. PROBLEMİN ÇÖZÜMÜ ve SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Özetlenecek olursa; mevcut lojistik sisteminde araçlar ara depolardan yola çıkarak ana depoya, oradan birleştirilmiş yüklerle sınıra, sınırdan da üretim yerine gitmektedirler. Her ara depodan ana depoya gelişler için bir araç ayrılmaktadır. Dolayısıyla ara depolardan ana depoya gelişler için toplam on iki araç kullanılmaktadır. Ana depodan ise birleştirilmiş yükler 5 araçla fabrikaya gönderilmektedir. Önerilen sistemde ise ana depo kaldırılmakta ve araçların sınırdan çıkış yapıp tekrar sınıra geri dönmeleri sağlanmaktadır.

Problemin çözümü için gerekli olan şehirler (ara depolar) arası mesafe matrisi ek 1'de verilmektedir. Kazançlar yönteminin ilk aşaması kazanç değerlerinin hesaplanması adıdır. Kazanç değerleri Ek.2'de gösterilmektedir. Bu tablo aynı zamanda başlangıç çözümü olup tüm ara depolara birer araç atanmıştır. Yani başlangıç tablosundaki P_0 sütunundaki t değerleri 2'dir.

Sonra kazançlar yönteminin adımları uygulanmaya başlanır. Kazançlar tablosundaki en büyük kazanç değeri bulunur. Bu değer 1325 değeri ile P_{11} ile P_{12} ara depolarının sevkiyatının aynı araç tarafından alınması durumunda oluşacak olan kazançtır. Kapasite kısıtı kontrol edilir. Bu değer $(27+39 = 66)$ araç kapasitesinden küçüktür. O halde birleştirme yapılır. P_{11} ile P_{12} 'nin kesiştikleri hücrenin t değeri 1 olur. Aynı zamanda P_0 sütununda P_{11} ve P_{12} 'ye karşılık gelen hücrelerdeki t değerleri 1 olur. Bu kez bir sonraki en büyük kazanç değeri bulunur. Bu değer 1290 değeriyle P_{12} ile P_{10} 'nun kesiştiği hücrededir. P_{10} ara deposu P_{12} ara deposuna eklenmeye adaydır. Kapasite kısıtı kontrol edilerek P_{10} eklenir $(66 + 23 = 89)$. P_{10} ile P_{12} kesiştikleri hücrenin t değeri 1 olur. P_0 sütununda P_{12} 'ye karşılık gelen hücrenin t değeri 0, P_{10} 'a karşılık gelen hücrenin t değeri 1 olur. Çözüm sonucu ek 3'de gösterilmiştir. Bu işlemler tüm ara depolar araçlara atanıncaya kadar devam eder. Problemin çözümü ek 4'de verilmektedir. Önerilen sistemin çözüm sonucu elde edilen optimal değerli rotaları ve bu rotalarda katedilen mesafeler aşağıda verildiği gibidir:

$$P_0 - P_{12} - P_{10} - P_{11} - P_0 : 1595 \text{ km}$$

$$P_0 - P_8 - P_9 - P_0 : 1280 \text{ km}$$

$$P_0 - P_6 - P_7 - P_5 - P_0 : 1275 \text{ km}$$

$$P_0 - P_2 - P_3 - P_4 - P_0 : 865 \text{ km}$$

$$P_0 - P_1 - P_0 : 190 \text{ km}$$

Çözüm sonucu ara depolardan tüm toplamayı yapabilmek için beş turun yani beş aracın gerektiği ortaya çıkmıştır. Toplam rota uzunluğu ise 5205 km'dir. Burada mesafelerde optimallik aranmıştır. Araç kapasitesi ise sadece kısıt teşkil etmiştir.

Mevcut sistemde ise rota uzunluğu; fabrikanın günlük tedariklerinin ana depodan sınıra kadar olan kısmı için giden araç sayısı x ana depo-sınır mesafesi şeklinde hesaplanır. Bu da $5 \times 695 = 3475$ km dir. Ara depolardan ana depolara çıkarılan her bir araç ise her bir ara depo-ana depo mesafesi kadar yol kateder. Bu mesafelerin toplamı ise 3710 km dir. Araçların, bir günlük sipariş için ara depolardan sınıra kadar katettikleri toplam yol 7185 km dir. Mevcut sistemde araç doluluk oranları ve ona bağlı maliyetler hesaba katılmamaktadır.

Mevcut sistemle yeni sistem karşılaştırıldığında, araçların yeni sistemde eski sisteme göre daha az mesafe katettiği görülmektedir. Bu durumda, 1980 km lik bir kazanç söz konusudur. Bu da taşıma maliyetlerinde önemli ölçüde azalma olabileceği anlamına gelmektedir.

VIII. SONUÇ

Günümüzdeki yoğun rekabet ortamında işletmeler, faaliyetlerini müşteri değerini arttırmaya odaklarken aynı zamanda maliyetlerini de minimum seviyede tutmak zorundadırlar. Bununla ilgili yapılan çalışmalardan biri de, lojistik ağlarının yüksek başarımını sağlama çalışmasıdır. Bu çalışmaların en sık rastlananlarından biri ise lojistik ağlarının başarım ölçütlerinden biri olan lojistik maliyetlerinin önemli bir kalemi olan taşıma maliyetlerinin düşürülmesidir. Taşıma maliyetlerinin azaltılması, işletme hedeflerine uygun, minimum maliyetli rotalar hesaplanarak ve gereksiz depo veya ara depolar kaldırılarak sağlanabilir.

Burada da, otomotiv endüstrisindeki bir üretici işletmenin tedarik zincirinin yönetim maliyetlerinin azaltılması üzerine bir çalışma yapılmıştır. Üretici işletmenin mevcut lojistik sistemi incelenerek sorunlar tespit edilmiştir. Mevcut olan ana deponun kaldırılarak, araçların doğrudan ara depolardan toplama yapması önerilmiştir. Araç rotalama problemlerinin çözümünde kullanılan yöntemlerden biri olan kazançlar yöntemi kullanılarak, önerilen sistemde taşıma filosu için daha düşük taşıma maliyetini sağlayacak rotalar bulunmuştur. Böylece, yeni sistemin işletme açısından daha uygun

olduğu ortaya konmuştur. Bu çalışmanın sonucunda aynı zamanda, tedarik zincirinin müşteriye yanıt verme zamanında azalma, siparişin gerçekleşme zamanıyla ilgili güvenilirlikte artma, envantere yapılan yatırımların nakitten nakite dönüş zamanında azalma, daha az indirme ve yüklemeye kalitede artma, riskte ve katma değeri olmayan faaliyetlerde azalma, yine bilgilere ulaşma hızında artma sağlanmıştır. Ancak, çalışmada bunlarla ilgili kazanç hesaplarına yer verilmemiştir. Sonuçta, yeni sistemle parça taşıma maliyetinde ve lojistik faaliyetleri maliyetinde azalma sağlanmıştır.

Buradan da görüldüğü gibi, lojistik ağları ya da tedarik zincirleri üzerinde yapılan küçük çalışmalarla bile önemli iyileşmeler elde edilebilmektedir. Ancak, unutulmaması gereken lojistik süreçlerin, bilgi teknolojisine dayalı bütünleşik süreçler olduğudur. Süreçlerdeki yeni yapılanmaların uygulama başarısı için sürecin iyi tasarlanmış lojistik bilgi sistemleriyle desteklenmesi kaçınılmazdır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- [1] POIRIER, C.C.; REITER, S., **Supply Chain Optimization**, Berrett Koehler Publisher, San Francisco, 1996.
- [2] SIMCHI LEVI D.; KAMINSKY, P. ; SIMCHI, E.L. **Designing and Managing The Supply Chain** , McGraw Hill, Singapore, 2000.
- [3] RONDINELLI, D.; BERRY, M., "Multimodel Transportation, Logistics, And The Environment: Managing Interactions In A Global Economy", **European Management Journal**, Vol.18, Issue: 4, 2000, ss.398-410.
- [4] "Management Logistics", Cranfield School Of Management; <http://www.som.cranfield.ac.uk/som/research/centres/ccarm/logistics/index.asp>, <17/6/2003>.
- [5] ROBESON, J.F.; HOUSE, R.G., **The Distribution Handbook**, Collier Macmillan Publishers, London, 1985.
- [6] BALLOU, R.H., **Business Logistics Management**, Third Edition, Prentice-Hall, USA, 1992.
- [7] PEREIRA, F.B.; TAVARES, J.; COSTA, E., "GVR: A New Genetic Representation for The Vehicle Routing Problem", <http://www.eden.dei.uc.pt/jast/vrp/papers/vrp/aics2002.pdf>, <9/11/2002>.
- [8] WEBER, R., "Complexity Of Algorithms", www.statslab.com.ac.uk/~rrw1/mor/s05.pdf, <12/11/2002>
- [9] FLORIAN, M., **Transportation Planning Models**, North Holland, 1984.
- [10] CRAINIC, G.T.; LAPORTE, G., **Fleet Management and Logistics**, Kluwer, USA, 1998.
- [11] JUENGER, M.; REINELT, G.; THIENEL, S., "Practical Problem Solving With Cutting Plane Algorithms In Combinatorial Optimization", www.citeseer.nj.nec.com/28583.html, 1994, <15/11/2002>.
- [12] FISHER, M.L.; JOERNSTEN, K.O.; MADSEN, O.B.G., "Vehicle Routing With Time Windows: Two Optimization Algorithms", **Operations Research**, Vol.45, Number: 3, 1997, ss.488-490.
- [13] AVRIEL, M.; GOLANY, B., **Mathematical Programming For Industrial Engineers**, Marcel Dekker Inc., New York, 1996.
- [14] LAPORTE, G.; GENDREAU, M.; POTVIN, J.Y.; SEMET, F., "Classical and Modern Heuristics for the Vehicle Routing Problem", **International Transactions in Operational Research**, Vol.7, Issues: 4-5, 2000, ss.285-300.
- [15] JANG, J.S.R., **Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach To Learning And Machine Intelligence**, Prentice-Hall, USA, 1997.
- [16] TAN, K.C.; LEE, L.H.; ZHU, Q.L.; OU, K., "Heuristic Methods For Vehicle Routing Problems With Time Windows", **Artificial Intelligence in Engineering**, www.elsevier.com , 2001.
- [17] GOLDBERG, D.E., **Genetic Algorithms In Search, Optimization and Machine Learning**, Addison-Wesley, USA, 1989.
- [18] AARTS, E.; LENSTRA, J.K., **Local Search In Combinatorial Optimization**, John Wiley & Sons, England, 1997.
- [19] BALLOU, R.H.; AGARWAL, Y.K., "A Performance Comparison of Several Popular Algorithms for Vehicle Routing and Scheduling", **Journal Of Business Logistics**, 9, Number: 1, 1988, ss.51-65.
- [20] CLARKE, G.; WRIGHT, J.W., "Scheduling Of Vehicles From A Central Depot To A Number Of Delivery Points", **Operations Research**, Vol.12, Issue: 4, 1964, ss.568-581.



Gül Gökay EMEL

Uludağ Üniversitesi
İ.İ.B.F. İşletme Bölümü
Sayısal Yöntemler ABD
Görükle Kampüsü 16059 / BURSA

Tel: +90 (224) 442 89 40
ggokay@uludag.edu.tr

Gül Gökay EMEL is a mathematics engineer. She is Assistant Professor in the Faculty of Economics and Administrative Sciences. She has PhD degree from the department of Business Administration. Her research areas are discrete optimization, metaheuristics, decision making and datamining.



Çağatan TAŞKIN

Uludağ Üniversitesi
İ.İ.B.F. İşletme Bölümü
Üretim Yönetimi ve Pazarlama ABD
Görükle Kampüsü 16059 / BURSA

Tel: + 90 (224) 442 89 40
ctaskin@uludag.edu.tr

Çağatan TAŞKIN is an industrial engineer. He has MSc degree from the department of Business Administration. He is a PhD candidate in the faculty of Economics and Administrative Sciences. His research areas are distribution management, vehicle routing, genetic algorithms and datamining.

EK.1 : Ana Depo, Yeni Merkez ve Talep Yerleri Arasındaki Mesafeler Matrisi

	Mevcut Sistemdeki Ana Depo (P ₀)	Önerilen Yeni Merkez(Sınır-P ₀)	Laperriere	Cat Irigny	Loire	Buffa	Deols	Volutrans	Caillot Tournan	Caillot Betheny	Cat Gennevilliers	Transpic	Giraud	Bils Deroo
Ana Depo	0													
Yeni Merkez	695	0												
Laperriere	605	95	0											
Cat Irigny	585	185	80	0										
Loire	505	265	140	70	0									
Buffa	555	270	185	285	340	0								
Deols	325	465	385	310	250	450	0							
Volutrans	265	500	425	350	295	470	150	0						
Caillot Tournan	175	525	450	380	330	410	185	125	0					
Caillot Betheny	235	600	520	440	385	310	240	180	105	0				
Cat Gennevilliers	125	585	505	420	370	465	225	170	90	95	0			
Transpic	135	630	550	475	420	480	280	220	235	135	90	0		
Giraud	5	695	605	535	480	555	330	270	180	240	130	110	0	
Bils Deroo	195	780	700	630	580	605	425	355	255	240	205	120	150	0

EK.2: Kazançlar Matrisi

YÜK	P ₀													
60		P ₁												
49		200	P ₂											
18		220	380	P ₃										
10		180	170	195	P ₄									
40		175	340	480	285	P ₅								
26		170	335	470	300	815	P ₆							
32		170	330	460	385	805	900	P ₇						
60		175	345	480	560	825	920	1020	P ₈					
16		175	350	480	390	825	915	1020	1090	P ₉				
23		175	340	475	420	815	910	920	1095	1125	P ₁₀			
27		185	345	480	410	830	925	1040	1055	1150	1215	P ₁₁		
39		175	335	465	445	820	925	1050	1140	1160	1290	1325	P ₁₂	

