


KARGO DAĞITIM OPERASYONUNUN GEZGİN SATICI PROBLEMİ VE ÇOKLU GEZGİN SATICI PROBLEMİ KULLANILARAK YENİDEN DÜZENLENMESİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA*

 Abdullah Oktay DÜNDAR^a

 Resul ÖZTÜRK^b

Öz

İşletmeler, müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak yenilikçi ve kaliteli ürünler üretirken aynı zamanda maliyetleri kontrol etmeye ve hızlı bir şekilde pazara ürün sunmaya odaklanmaktadır. Müşterilere ürünlerinin istenen yer ve zamanda doğru maliyetle hızlı bir şekilde ulaştırması işletmelerin rekabetçi yeteneklerini arttıracaktır. Bu açıdan bakıldığında lojistik faaliyetler işletmeler için her geçen gün daha da önemli hale gelmektedir. Bu çalışmada Konya ilinde faaliyet gösteren bir dağıtım firmasının dağıtım operasyonu bir bölge özelinde değerlendirilmiştir. Ele alınan bölgede 8 alt bölge bulunmakta ve 7 dağıtıcı çalışmaktadır. Günlük dağıtım rotaları Gezgin Satıcı Problemi (GSP) ile minimum %8,55, maksimum %13,41 oranında ve Çoklu Gezgin Satıcı Problemi (ÇGSP) ile minimum %18,08, maksimum %22,95 oranında iyileştirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre işletmelere dağıtıcı bazlı rotalama yerine ekip bazlı rotalama önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Lojistik, Dağıtım, Gezgin Satıcı Problemi, Çoklu Gezgin Satıcı Problemi.



AN APPLICATION ON REORGANIZATION OF CARGO DISTRIBUTION OPERATIONS BY USING TRAVELLING SALESMAN PROBLEM AND MULTI TRAVELING SALESMAN PROBLEM

Abstract

Businesses focus on controlling costs and delivering products to the market quickly while producing innovative and quality products to meet customer needs. Rapid delivery of its products to customers at the right place at the right time will increase the competitive capabilities of the businesses. From this point of view, logistics activities are becoming more and more important for businesses. In this study, the distribution operation of a distribution company operating in Konya is evaluated in a region. There are 8 sub-regions and 7 distributors are working in the region. Daily distribution routes have been improved with a minimum of 8.55%, a maximum of 13.41% using the Travel Salesman Problem (TSP), and a minimum of 18.08% and a

* Bu makale 23-25 Eylül 2020 tarihleri arasında düzenlenen 19. Uluslararası İşletmecilik Kongresi'nde sunulmuş bildirinin genişletilmiş ve gözden geçirilmiş halidir.

^a Dr. Öğr. Üyesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, aodundar@erbakan.edu.tr

^b Dr. Öğr. Üyesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, drrslozturk@gmail.com

maximum of 22.95% using the Multiple Traveler Dealer Problem (mTSP). According to the results of the study, it is recommended to the companies based on team based routing instead of distributor based routing.

Keywords: Logistics, Distribution, Travelling Salesman Problem, Multi Travelling Salesman Problem



Giriş

Küreselleşme ile işletmeler sadece üretim faaliyetleri ile değil aynı zamanda hizmet faaliyetleri ile de rekabet etmektedir. İşletmeler, müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak yenilikçi ve kaliteli ürünler üretirken aynı zamanda maliyetleri kontrol etmeye ve hızlı bir şekilde pazara ürün sunmaya odaklanmaktadır. Bu açıdan bakıldığında lojistik faaliyetler işletmeler için her geçen gün daha da önemli hale gelmektedir. Lojistik ürünlerin tedarik zinciri içerisinde üretildiği noktadan tüketildiği noktaya kadar akışını sağlayacak tüm faaliyetlerin planlanması ile ilgilidir. Lojistik bir taraftan müşteri memnuniyetini arttırırken işletmelere rekabet avantajı sağlamaktadır. Diğer taraftan artan lojistik faaliyetler işletmelerin toplam maliyetlerini de arttırmaktadır. Dolayısıyla işletmeler lojistik faaliyetleri icra ederken birbiri ile çelişen amaçları doğru yönetmek ve kullanılacak yöntem ve uygulamaları belirlemek zorundadır.

Dağıtım, ürünlerin tüketicilere ulaştırılması ile ilgili tüm çabaları kapsayan lojistik fonksiyonudur. Bu açıdan bakıldığında dağıtım müşteri ile işletmelerin temas ettiği bir faaliyettir. Amaca uygun bir şekilde gerçekleştirilen dağıtım operasyonu müşteri memnuniyetinin artmasına büyük oranda katkı sağlamaktadır. Diğer taraftan dağıtım operasyonu toplam maliyetler içerisinde önemli bir yer tutmakla birlikte, sürecin optimize edilmesi ile sağlanacak maliyet tasarrufları işletme karlılığında artışlara neden olacaktır. Dağıtım operasyonlarının optimizasyonunda kullanılan yöntemlerden Gezgin Satıcı Problemi (GSP), Çoklu Gezgin Satıcı Problemi (ÇGSP) ve Araç Rotalama Problemi (ARP) öne çıkmaktadır.

Bu çalışmada Konya ilinde faaliyet gösteren bir dağıtım firmasının dağıtım operasyonu ele alınacaktır. Dağıtım operasyonunun mevcut durumu değerlendirildikten sonra GSP ve ÇGSP yöntemleri kullanılarak dağıtım operasyonu optimize edilmeye çalışılacaktır.

A. LİTERATÜR ÖZETİ

Literatürde dağıtım operasyonunun iyileştirilmesi ile ilgili çok sayıda yayın bulunmaktadır. Bu bölümde özet şekilde bu yayınlardan bazılarına yer verilecektir.

Larsen vd., (2004) çalışmalarında, bir dağıtım problemi için zaman pencereli dinamik GSP kullanmışlardır. Çalışmalarında gecikmeyi en aza indirmeye ve bu kriter seçiminin kat edilen mesafe üzerindeki etkisini incelemeye çalışmışlardır. Sadece gecikme üzerine odaklanıldığında, araçlar en yakın müşteriye yönlendirildiğinden dolayı geç kalınmış müşteri oranlarında önemli iyileştirme sağlandığını, ancak araçların en yakın müşteriye yönlendirilmesinin ekstra seyahat mesafelerini ortaya çıkardığını bildirmişlerdir.

Gaur ve Fisher (2004), Hollanda'da faaliyet gösteren bir süper market zincirinin her üç ila altı ayda bir yapmak zorunda kaldığı dağıtım planlama ve araç rotalama problemine çözüm aramışlardır. Yazarlar, her mağaza için satılık talep tahminleri, seyahat süreleri ve mesafeleri, maliyet parametreleri ve

ulaşım kısıtlamaları gibi kriterleri dikkate alan bir sistem önermişlerdir. Geliştirilen sistemin ilk yılda %4 tasarruf sağladığını ve sistem kullanımının genişletildikçe bu tasarrufun %20 oranına varacağını tahmin ettiklerini bildirmişlerdir.

Ruiz vd., (2004) çalışmalarında İspanya'da üretim yapan bir yem firmasının araç rotalama problemini ele almışlardır. Yazarlar bunun için iki aşamalı bir yöntem kullanan ir karar destek sistemi önermişlerdir. İlk aşamada sayım algoritması yöntemi ile tüm uygun rotalar belirlenmekte, ikinci aşamada uygun rotalardan optimum olanı seçmek için tam sayılı programlama modeli kullanılmaktadır. Önerilen sistem bir dizi örnekle test edilmiş ve en kötü senaryoda, rotalarda %7 ila %12 arasında, maliyetlerde ise %9 ila %11 arasında bir iyileştirme sağlanmıştır.

Irnich (2008) çalışmasında, Alman posta şirketinin dağıtım planlamasının iyileştirilmesi amacıyla farklı kısıtlar altında çalışan asimetrik GSP yöntemini kullanmıştır. Dağıtım planlamasında servis moduna karar vermeyi ve özellikle tam zamanlı ve yarı zamanlı dağıtıcıya göre bölgelerin belirlenmesi gerektiğini bildirmiştir.

Sungur vd., (2010) çalışmalarında, küçük paket teslimatında yük eşleme, rotalama ve ekipman dengeleme kısıtlarını dikkate alan bir model geliştirmişlerdir. Daha sonra bu kısıtlarla çalıştırılan United Parcel Servis (UPS)'in hesaplama sonuçlarını kendi yöntemleri ile karşılaştırmışlardır. Geliştirilen yöntemin UPS'in sonuçlarından %5 oranında daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir.

Çevik vd., (2011) çalışmalarında, iç Anadolu bölgesinde faaliyet gösteren bir kargo firmasının bölgenin il ve ilçeleri arasındaki dağıtım rotalarını belirlemeye çalışmışlardır. Rotanın belirlenmesi için en küçük yayılma algoritması kullanmışlar ve en kısa dağıtım rotasını 1473 km. olarak bulmuşlardır.

Atmaca (2012) çalışmasında, bir kargo şirketinin eş zamanlı dağıtım toplamalı araç rotalama problemine çözüm aramıştır. Araç sayısını, doluluk oranlarını ve rotaları dikkate alınarak araç rotalama problemi GAMS programı ile çözülmüş ve mevcut durumla karşılaştırılmıştır. Mevcut dağıtım operasyonunda %26 oranında bir iyileştirme sağladığını bildirmiştir.

Ünlü vd., (2017) çalışmalarında, bir kargo firmasının dağıtım problemini ele almışlardır. Çalışmada bir kuryenin çalışma bölgesinde iş yükün dengelenerek gün içi değişikliklere cevap verebileceği dinamik bir rotalama oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amaçla tek araçlı, zaman pencereli dağıtım ve toplama problemi için çözüm geliştirmişlerdir.

Palhares ve Araujo (2018) çalışmalarında, süt ve süt ürünleri dağıtımının optimize edilmesi amacıyla GSP kullanmışlardır. En yakın komşu algoritması kullanılarak birbirlerine en yakın dağıtım noktalarını kapsayan kümeler belirlenmiş ve rotalar hesaplanmıştır. Önerdikleri yeni yöntemle aylık 3,316 km.'lik iyileştirme sağlamışlardır.

Dündar vd., (2019) çalışmalarında, dondurma dağıtımını yapan bir firmanın dağıtım operasyonunun iyileştirilmesi ile lojistik maliyetlerde nasıl bir değişim olacağını göstermek amacıyla TSP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada yedi farklı algoritma yaklaşımı kullanarak her birinde sağlanan iyileştirmenin lojistik maliyetlere hangi oranda etki ettiği gösterilmiştir.

B. UYGULAMA

Bu bölümde öncelikle GSP için matematiksel modeller verilecek ve problem tanımlanarak mevcut durumun ortaya konulması sağlanacaktır. Daha sonra dağıtım operasyonu GSP ve ÇGSP yöntemleri kullanılarak optimize edilecektir. Son olarak dağıtım operasyonu optimizasyon sonuçları karşılaştırmalı şekilde değerlendirilecektir.

1. GSP İçin Matematiksel Modeller

Bu bölümde önce GSP için daha sonra ÇGSP için uygulamada kullanılan matematiksel modeller gösterilmiştir.

a. Gezgin Satıcı Problemi

Gezgin Satıcı Problemi (GSP), en kısa yolun bulunması problemidir. Problemden bir satıcı ve satıcının gitmesi gereken müşteriler veya şehirler bulunmakta ve müşteriler veya şehirlerarasındaki mesafeler bilinmektedir. Problemden, satıcının merkezden hareket ederek tüm müşterileri sadece bir kez ziyaret etmesini ve tekrar başlangıç noktası olan merkeze geri dönmesini sağlayacak en kısa rotanın bulunması amaçlanmaktadır. GSP, gerçek hayatta araç rotalama ve dağıtım problemi (Laporte vd., 1985), depolarda sipariş toplama problemi (Ratliff & Rosenthal, 1983) gibi birçok lojistik problemin çözümünde kullanılmaktadır. Diğer taraftan NP-Hard sınıfta yer alan GSP, optimizasyon alanında tabu araması (Knox, 1994), karınca kolonisi (Uğur & Aydın, 2009), parçacık sürü optimizasyonu (Shi vd., 2007), yapay arı kolonisi (Karaboğa ve Görkemli, 2011) gibi algoritmaların geliştirilmesi için birçok araştırmacı tarafından üzerinde çalışılmaktadır (Kuzu vd. 2014).

GSP, bir dizi kısıtlama altında amaç fonksiyonundan oluşan bir optimizasyon problemi olarak formüle edilebilir. X 0 ve 1 lerden oluşan bir matris olmak üzere, eğer satıcı i şehirden j şehrine giderse her $x_{ij}=1$ olur, aksi durumda 0 olur. Daha sonra GSP, minimum turun bulunması amacıyla aşağıdaki gibi matematiksel olarak formüle edilebilir (Nasr vd., 2019).

Amaç Fonksiyonu:

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i, j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Kısıtlar :

$$\sum_{i=1, i \neq j}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j \quad (2)$$

$$\sum_{j=1, j \neq i}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (3)$$

$$u_i - u_j + n \cdot x_{ij} \leq n - 1, \forall i \neq j \quad (4)$$

$$x_{ij} \begin{cases} 1, \text{Eğer Satıcı } i \text{ şehirden } j \text{ şehrine giderse} \\ 0, \text{Diğer durumlarda} \end{cases} \quad (5)$$

$$x_{ij} = 0 \text{ ya da } 1, \quad u_i \geq 0 \quad (6)$$

Modelde n ziyaret edilecek şehir sayılarını, c_{ij} ise i şehirden j şehrine olan mesafeyi göstermektedir. Amaç fonksiyonu (1) toplam mesafe veya maliyeti en aza düşürmektedir. Ayrıca, satıcının her şehri en az ve en çok bir kez ziyaret etmesini garantileyecek kısıtlar bulunmaktadır. Kısıt (2) her şehre bir kez gelinmesini, kısıt (3) her şehirden bir kez çıkılmasını garanti etmektedir. Kısıt (4) tüm şehirleri kapsayan tek bir turun olmasını zorunlu kılarak alt tur oluşmasını engeller. Kısıt (5) satıcı şehri ziyaret ederse 1, değilse 0 değişkeni atamaktadır. Kısıt (6) ise, değişkenlerin alabileceği değerleri göstermektedir.

b. Çoklu Gezgin Satıcı Problemi

Çoklu Gezgin Satıcı Problemi (ÇGSP), GSP'nin bir türüdür. Bir depo veya üretim merkezinden birden çok satıcının çıkış yaparak dağıtım operasyonunu gerçekleştirmek üzere kurgulanmış, her bir satıcının izlemesi gereken rotaların belirlenmesi problemidir. Problemde amaç, mesafe, süre ve yakıt harcamaları gibi toplam maliyetlerin minimizasyonudur. GSP'de olduğu gibi ziyaret edilecek noktalar bir satıcı tarafından sadece bir kez ziyaret edilmektedir. ÇGSP kapasite kısıtları kaldırılarak, gevşetilmiş Araç Rotalama Problemi (ARP) olarak düşünülebilir. Yani, ARP için önerilen tüm modelleme ve çözüm yaklaşımlarının, satıcılara (araçlara) yeterince büyük kapasite ataması yapılarak ÇGSP için de geçerli ve uygulanabilir olduğu anlamına gelir (Bektaş, 2006). Problem özelindeki depo sayısına, satıcı sayısına, sabit ücretlere, zaman kısıtlamasına veya farklı özel kısıtlara göre farklı ÇGSP varyasyonları kullanılabilir. Biz bu çalışmada satıcıların gitmesi gereken en az ve en fazla nokta sayılarının kısıt olarak girildiği Kara ve Bektaş (2006) tarafından geliştirilen ÇGSP modelini kullanacağız. Böylelikle satıcılar(dağıtıcılar) arasında daha dengeli bir dağılım sağlamayı amaçlamaktayız. Bu model aşağıdaki gibi matematiksel olarak formülize edilmektedir.

Amaç Fonksiyonu:

$$\min \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} x_{ij} \quad (7)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=2}^n x_{1j} = m \quad (8)$$

$$\sum_{j=2}^n x_{j1} = m \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad j = 2, \dots, n \quad (10)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad i = 2, \dots, n \quad (11)$$

$$u_i + (L - 2)x_{1i} - x_{i1} \leq L - 1, \quad i = 2, \dots, n \quad (12)$$

$$u_i + x_{1i} + (2 - K)x_{i1} \geq 2, \quad i = 2, \dots, n \quad (13)$$

$$x_{1i} + x_{i1} \leq 1, \quad i = 2, \dots, n \quad (14)$$

$$u_i + u_j + Lx_{ij} + (L - 2)x_{ji} \leq L - 1, \quad 2 \leq i \neq j \leq n \quad (15)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \quad \forall (i,j) \in A \quad (16)$$

Modelde n ziyaret edilecek şehir sayısını, c_{ij} i şehirden j şehrine olan mesafeyi(maliyeti), m toplam satıcı sayısını, L bir satıcının maksimum gidebileceği şehir sayısını, K bir satıcının minimum gitmesi gereken şehir sayısını, u_i herhangi bir satıcı için, başlangıç noktasından başlayarak i inci şehre kadar ziyaret edilen şehir sayısını göstermektedir. Amaç fonksiyonu (7) toplam mesafe veya maliyeti en aza düşürmektedir. Kısıt (8) ve (9) m sayıda satıcının depodan veya merkezden ayrılmasını ve tekrar geri gelmesini garanti etmektedir. Kısıt (10) ve (11) her şehre bir kez gelinmesini ve bir kez çıkılmasını garanti etmektedir. Kısıt (12) bir satıcı tarafından maksimum gidilecek şehir sayısını garanti etmektedir. Kısıt (13) bir satıcı tarafından gidilecek minimum şehir sayısını garanti etmektedir. Kısıt (14) bir satıcının sadece tek bir şehre gidip gelmesini engeller. Kısıt (15) şehirlerarasında oluşturulan ve başlangıç noktasıyla bağlantılı olmayan alt tur oluşumunu engellemektedir.

(12) ve (13) 'de verilen alt üst sınırlayıcı kısıtlamalar, çoklu gezgin satıcı problemi için $K \geq 2$ durumunda geçerli eşitsizliklerdir. $x_{1i} = x_{i1} = 1$ eşitliğine izin verilmediğinden diğer 3 durum dikkate alınmalıdır.

(i) Eğer $x_{1i} = x_{i1} = 0$ ise, (12) ve (13) denklemleri birlikte $2 \leq u_i \leq L - 1$ eşitsizliğini sağlar.

(ii) Eğer $x_{1i} = 1$ ve $x_{i1} = 0$ ise, (12) ve (13) denklemlerinden $u_i \leq 1$ ve $u_i \geq 1$ eşitsizliklerin, elde ederiz. Bu durumda $u_i = 1$ olmaktadır.

(iii) Eğer $x_{1i} = 0$ ve $x_{i1} = 1$ ise, $K \leq u_i \leq L$ eşitsizliği elde edilmektedir.

2. Problemin Tanımı

Bu çalışmada, Konya'da faaliyet gösteren bir dağıtıcı firmanın dağıtım operasyonu ele alınmıştır. Dağıtım firması dağıtım yapacağı alanları bölgelere, bu bölgeleri de alt bölgelere ayırmıştır. Her bölgede faaliyet gösteren 1 dağıtıcı ekibi bulunmaktadır. Bölge, ekipteki dağıtıcı sayısına göre alt bölgelere ayrılmış ve her bir alt bölge bir dağıtıcının dağıtım alanı olarak belirlenmiştir.

Şekil 1: Bölge ve Alt Bölge Sınırları



Firmaya dağıtım için gelen kargolar bilgisayara girildikten sonra, bölgelere göre ayrıştırılmaktadır. Dağıtıcılar dağıtım için aldıkları kargoları bilgisayara ve el terminaline kaydetmektedir. Dağıtıcılar takip edecekleri rotayı önceki tecrübelerine dayanarak kendileri belirlemektedir. El terminalleri hem GPS kaydı yaparak dağıtıcının anlık konum verilerini kaydetmekte hem de kargo teslim edildikten sonra teslimat bilgileri el terminaline kaydedilmektedir. Dağıtım tamamlandıktan sonra dağıtıcı merkeze geri dönmektedir. Diğer taraftan komşu dağıtım bölgelerine sahip dağıtıcılar dağıtımın yoğun olduğu günlerde birbirlerine yardım ederek dağıtım işleminin tamamlanmasını sağlayabilmektedir.

Bu çalışmada amaç, dağıtım firmasının dağıtım operasyonunun incelenerek mevcut durumun belirlenmesi ve operasyonun etkinliğinin ve verimliliğinin artırılması için önerilerde bulunulmasıdır.

3. Mevcut Durumun Belirlenmesi

Mevcut durumun belirlenmesi için firmanın hali hazırda dağıtım yaptığı bir bölge ele alınmıştır. Ele alınan bölge 8 kişilik dağıtıcı ekibine uygun şekilde alt bölgelere ayrılmıştır (Şekil 1). Bu bölgenin 8. alt bölgesinde dağıtım yapan dağıtıcı işten ayrılmıştır. Firma bu bölgedeki boşluğu doldurmak için yeni bir dağıtıcı almamış ve bölgeyi yeniden dizayn ederek 7 alt bölgeye ayırmamıştır. 8. bölgedeki dağıtımlar diğer 7 dağıtıcı arasında paylaştırılarak operasyona haftanın 5 günü devam edilmektedir. Ele alınan bölgede 2-6 Aralık tarihleri arasında dağıtılmış kargo sayısı tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: 2-6 Aralık tarihlerinde dağıtılan kargo sayısı

	1. Alt Bölge	2. Alt Bölge	3. Alt Bölge	4. Alt Bölge	5. Alt Bölge	6. Alt Bölge	7. Alt Bölge	Gün Toplamı
Pazartesi	19	15	28	20	21	32	24	159
Salı	21	22	25	18	14	10	27	137

Çarşamba	23	13	22	17	21	20	35	151
Perşembe	21	18	29	19	18	7	24	136
Cuma	29	19	19	14	12	14	16	123
Toplam	113	87	123	88	86	83	126	706

Bu hafta içerisinde en az 83 kargo 6. bölgede, en çok 126 kargo 7. bölgede dağıtılmıştır. 7 dağıtıcının izledikleri rotaları belirlemek amacıyla el terminallerinde bulunan konum bilgileri alınmıştır. Bu konum bilgileri Google Earth programına aktarılmıştır (Şekil 2).

Şekil 2: Pazartesi Gününe Ait El Terminalinden Alınan Dağıtıcıların Konum Bilgileri



Her güne ait konum bilgileri belirlendikten sonra Google Matris Distance Api kullanılarak hem alt bölgelerdeki konumlar arasındaki mesafeler hem de bölgedeki tüm konumlar arasındaki mesafeler ölçülerek mesafe matrisleri oluşturulmuştur. Mesafe matrislerinden yararlanarak her bir dağıtıcının her güne ait kat ettiği mesafeler merkezden çıkış, merkeze varış olacak şekilde hesaplanmıştır. Dağıtıcıların mevcut dağıtım operasyonunda kat ettikleri mesafeler tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2: Dağıtıcılar Tarafından Uygulanan Mevcut Rota Mesafeleri (Metre)

	1. Dağıtıcı	2. Dağıtıcı	3. Dağıtıcı	4. Dağıtıcı	5. Dağıtıcı	6. Dağıtıcı	7. Dağıtıcı	Gün Toplamı
Pazartesi	16,960	17,512	18,690	16,950	15,330	19,080	14,670	119,192
Salı	19,311	17,780	17,577	15,840	15,012	12,256	15,401	113,177
Çarşamba	18,148	14,881	16,289	16,198	15,168	13,348	18,539	115,212
Perşembe	17,900	15,954	17,973	16,225	16,790	11,245	15,213	111,300
Cuma	19,570	18,524	15,953	14,972	13,232	12,304	13,345	110,441
Toplam	91,889	84,651	86,482	80,185	75,532	73,415	77,168	569,322

Tablo 2'deki verilere göre dağıtıcılar pazartesi günü en uzun (119 km), cuma günü en kısa (110 km) olmak üzere toplamda bir hafta boyunca 569 km mesafeyi kat etmişlerdir. Pazartesi günü en uzun mesafe 6. dağıtıcı tarafından, en kısa mesafe 7. dağıtıcı tarafından kat edilmiştir. Salı günü en uzun mesafe 1. dağıtıcı tarafından, en kısa mesafe 6. dağıtıcı tarafından kat edilmiştir. Çarşamba günü en uzun mesafe 7. dağıtıcı tarafından, en kısa mesafe 6. dağıtıcı tarafından kat edilmiştir. Perşembe günü en uzun mesafe 3. dağıtıcı tarafından en kısa mesafe 6. dağıtıcı tarafından kat edilmiştir. Cuma günü en uzun mesafe 1. dağıtıcı tarafından en kısa mesafe 6. dağıtıcı tarafından kat edilmiştir. Toplam da en uzun mesafe (91,8 km) 1. dağıtıcı tarafından, en kısa mesafe (73,4 km) 6. dağıtıcı tarafından kat edilmiştir. Bir haftalık dağıtım operasyonunda en uzun mesafeyi kat eden 1. dağıtıcı, en kısa mesafeyi kat eden 6. dağıtıcıdan 18,4 km daha fazla yol kat etmiştir.

Mevcut dağıtım operasyonunda görüldüğü gibi dağıtıcıların kat ettikleri mesafeler arasında önemli bir fark bulunmaktadır. Bu fark alt bölgenin büyüklüğünden, alt bölgenin merkeze uzaklığından, dağıtım yapılacak nokta sayısının fazlalığından, 8. bölgedeki dağıtıcı eksikliğinden ve dağıtıcıların tecrübelerine göre rota belirlemelerinden kaynaklanabilir. Bu çalışmada dağıtıcı rotalarının ve dağıtım bölgelerinin optimizasyonu yapılarak, dağıtım operasyonunun etkinliğinin artırılması amaçlanmaktadır.

4. GSP ile Rotaların Hesaplanması

Bu çalışmada, öncelikle tecrübelerle dayalı olarak belirlenen rotaların ne kadar etkin olduğunu ölçmek amacıyla mevcut rotalar gezgin satıcı problemi ile modellenerek her bir dağıtıcı için tekrar hesaplanmıştır. Modellerin çözümünde IBM ILOG CPLEX Optimization Studio programı kullanılmıştır. GSP ile hesaplanan dağıtıcı rotaları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3: GSP İle İyileştirilen Rotalar (Metre)

	1. Dağıtıcı	2. Dağıtıcı	3. Dağıtıcı	4. Dağıtıcı	5. Dağıtıcı	6. Dağıtıcı	7. Dağıtıcı	Gün Toplamı
Pazartesi	15,872	14,912	15,607	15,693	13,624	14,697	12,809	103,214
Salı	16,976	15,602	14,872	15,140	14,012	11,456	11,467	99,525
Çarşamba	16,748	14,375	14,767	15,161	13,474	13,348	15,094	102,967
Perşembe	16,116	15,064	15,001	15,228	14,958	11,245	12,767	100,379
Cuma	16,784	16,348	14,956	14,972	12,686	12,304	12,945	100,995
Toplam	82,496	76,301	75,203	76,194	68,754	63,050	65,082	507,080

Tablo 3'de görüldüğü gibi 5 gün boyunca 1. dağıtıcı 82,49 km., 2. dağıtıcı 76,30 km., 3. dağıtıcı 75,20 km., 4. dağıtıcı 76,19 km., 5. dağıtıcı 68,75 km., 6. dağıtıcı 63,05 km., 7. dağıtıcı 65,08 km. yol kat etmiştir. Tablo 2'deki GSP ile elde edilen sonuçlar tablo 1'deki mevcut rotalarla karşılaştırıldığından elde edilen iyileştirme oranları Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4: GSP İyileştirme Oranları (%)

	1. Dağıtıcı	2. Dağıtıcı	3. Dağıtıcı	4. Dağıtıcı	5. Dağıtıcı	6. Dağıtıcı	7. Dağıtıcı	Gün Toplamı
Pazartesi	6,42	14,85	16,50	7,42	11,13	22,97	12,69	13,41
Salı	12,09	12,25	15,39	4,42	6,66	6,53	25,54	12,06
Çarşamba	7,71	3,40	9,34	6,40	11,17	0,00	18,58	10,63
Perşembe	9,97	5,58	16,54	6,14	10,91	0,00	16,08	9,81
Cuma	14,24	11,75	6,25	0,00	4,13	0,00	3,00	8,55
Toplam	10,22	9,86	13,04	4,98	8,97	14,12	15,66	10,93

Tablo 4’de görüldüğü gibi 35 adet rotada %14,24 ile %0 arasında değişen oranlarda iyileştirmeler sağlanmıştır. 6. dağıtıcının 3 rotasında, 4. dağıtıcının 1 rotasında iyileştirme sağlanamamıştır. Bu durum 6. dağıtıcının 3 gün ve 4. dağıtıcının 1 gün optimum rotaları takip ettiğini göstermektedir. Dağıtıcıların 5 gün toplamları değerlendirildiğinde %15,66 ile %4,98 arasında değişen oranlarda iyileştirmeler yapıldığı görülmüştür. Gün toplamları değerlendirildiğinde ise %13,41 ile %8,55 arasında değişen oranlarda iyileştirmeler yapıldığı görülmüştür. Mevcut durumda 569 km’lik mesafe 507 km’ye indirilerek %10,93 oranında bir iyileştirmenin sağlandığı görülmektedir.

5. ÇGSP ile Rotaların Hesaplanması

Bu modelde bir dağıtıcının uğrayacağı maksimum(L) ve minimum(K) nokta sayısının belirlenmesi problemi ortaya çıkmaktadır. Bu durumda karar verici farklı yaklaşımlar geliştirebilir. Örneğin tüm dağıtıcıların eşit sayıda noktaya uğraması isteniyorsa müşteri sayısı dağıtıcı sayısına bölünerek maksimum ve minimum nokta sayısı aynı olacak şekilde belirlenebilir. Ancak bu durumda katı kısıtlar model çözümünü zorlayacağından çözüme ulaşmak zaman alabilecektir. Dolayısıyla L ve K sayılarının belirli oranlarda gevşetilmesi (Örneğin %5, %10 gibi) daha kısa zamanda ve daha esnek çözüm elde edilmesini sağlayacaktır. Çalışmamızda L ve K sayıları belirlenirken Tablo 5’deki veriler kullanılmıştır.

Tablo 5: L ve K Sayılarının Belirlenmesi

	Toplam Müşteri Sayısı (M)	Dağıtıcı Sayısı (D)	$\frac{M}{D}$	$\frac{M}{D} * 1,1$	$\frac{M}{D} * 0,9$
Pazartesi	159	7	22,71429	24,98571	20,44286
Salı	137	7	19,57143	21,52857	17,61429
Çarşamba	151	7	21,57143	23,72857	19,41429
Perşembe	136	7	19,42857	21,37143	17,48571
Cuma	123	7	17,57143	19,32857	15,81429

Tablo 5’de her gün gidilmesi gereken müşteri sayıları gösterilmektedir. Her gün ziyaret edilmesi gereken müşteri sayısı dağıtıcı sayısına bölünmüş ve %10 artırılarak ve azaltılarak tabloda gösterilmiştir. Böylelikle dağıtım yapılacak maksimum ve minimum nokta sayısı belirlenirken haftalık veriler üzerinden bir değerlendirme yapılmış ve çıkan sonuçlar %10 oranında gevşetilmiştir. Bu sonuca göre bir dağıtıcının maksimum ziyaret edebileceği müşteri sayısı pazartesi gününe ait verinin %10 oranında artırılması ile $L=25$ ve minimum ziyaret etmesi gereken müşteri sayısı Cuma güne ait verinin %10 azaltılması ile $K=15$ olarak belirlenmiştir. Bu bilgiler ışığında alt bölgelerin ne kadar etkin olduğunu ölçmek için rotalama problemi çoklu gezgin satıcı problemi ile modellenerek 7 dağıtıcı için dağıtım rotaları belirlenmiştir. Modellerin çözümünde IBM ILOG CPLEX Optimization Studio programı kullanılmıştır. ÇGSP ile hesaplanan dağıtıcı rotaları tablo 6’de verilmiştir.

Tablo 6: ÇGSP İle İyileştirilen Rotalar (Metre)

	1. Dağıtıcı	2. Dağıtıcı	3. Dağıtıcı	4. Dağıtıcı	5. Dağıtıcı	6. Dağıtıcı	7. Dağıtıcı	Gün Toplamı
Pazartesi	15,572	11,608	16,300	13,140	8,212	13,617	13,380	91,829
Salı	12,867	9,566	14,902	8,649	10,776	15,583	16,600	88,943
Çarşamba	16,037	13,295	13,581	10,125	8,061	16,346	11,680	89,125
Perşembe	13,161	10,185	15,719	13,939	9,897	15,473	12,799	91,173
Cuma	11,889	7,694	14,440	16,166	15,045	11,788	12,840	89,862
Toplam	69,526	52,348	74,942	62,279	51,991	72,807	67,299	450,932

Tablo 6’da görüldüğü gibi 5 gün boyunca 1. dağıtıcı 69,52 km., 2. dağıtıcı 52,34 km., 3. dağıtıcı 74,94 km., 4. dağıtıcı 62,27 km., 5. dağıtıcı 51,99 km., 6. dağıtıcı 72,80 km., 7. dağıtıcı 67,29 km. yol kat etmiştir.

6. Rotaların Karşılaştırılması

Mevcut durum ve GSP çözümlerini dağıtıcı bazında karşılaştırmak mümkün iken, bu iki çözümü ÇGSP ile karşılaştırmak mümkün değildir. Çünkü ÇGSP alt bölgeler yerine tüm bölgede çözümler aramıştır. Dolayısıyla üç çözümün gün bazında değerlendirilmesi gerekmektedir. Çözümlerin karşılaştırmalı olarak mevcut duruma göre iyileştirme oranları tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7: Rotaların Günlük Bazda Karşılaştırması ve İyileştirme Oranları

	Mevcut Rotalar Gün Toplamı		GSP Rotaları Gün Toplamı		ÇGSP Rotaları Gün Toplamı	
	Mesafe (m)	İyileştirme Oranı	Mesafe (m)	İyileştirme Oranı	Mesafe (m)	İyileştirme Oranı
Pazartesi	119,192	---	103,214	%13,40	91,829	%22,95
Salı	113,177	---	99,525	%12,06	88,943	%21,41
Çarşamba	115,212	---	102,967	%10,62	89,125	%22,64

Perşembe	111,3	---	100,379	%9,81	91,173	%18,08
Cuma	110,441	---	100,995	%8,55	89,862	%18,63
Toplam	569,322	---	507,08	%10,93	450,932	%20,79

Tablo 7’de görüldüğü üzere GSP ile hesaplanan rotalarda mevcut rotaya göre en fazla iyileştirme %13,40 ile pazartesi günü, en az iyileştirme ise %8,55 ile cuma günü sağlanmıştır. ÇGSP ile hesaplanan rotalarda ise mevcut rotaya göre en fazla iyileştirme %22,95 ile pazartesi günü, en az iyileştirme ise %18,08 ile Perşembe günü sağlanmıştır. Mevcut durumda toplam rota 569 km. iken, GSP yöntemi ile bu rota 507 km.’ye, ÇGSP yöntemi ile 450 km.’ye düşürülebilmektedir. GSP yönteminde mevcut alt bölgeler üzerinde çözüm aranırken, ÇGSP ile alt bölgeler göz ardı edilerek tüm bölgede en iyi çözümler aranmaktadır. Dolayısıyla ÇGSP yöntemi, GSP’den daha iyi çözüm üretmektedir.

Sonuç

Üretilen ürünlerin sadece üretilmesi değil, üretildikleri yerlerden tüketilecekleri yere götürülmesi de son yıllarda önemli hale gelmiştir. Dağıtım planlaması hem müşteri memnuniyetini arttırması hem de lojistik maliyetlere etki etmesi açısından üzerinde önemle durulması gereken konular arasına girmiştir. Bu çalışmada Konya ilinde faaliyet gösteren bir dağıtım firmasının dağıtım operasyonu planlaması problemi ele alınmıştır. Problemin çözümü için GSP ve ÇGPS yöntemleri kullanılmıştır. Dağıtıcıların kat ettiği mesafelerde GSP ile %10,93, ÇGSP ile %20,79’luk bir iyileştirme gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen bulgular dağıtım şirketlerinin, dağıtıcı bazında planlama yapmak yerine, ekip bazında planlama yapmaları halinde maliyetlerde önemli tasarruflar sağlayabileceğini göstermektedir. Ancak bu durum, dağıtıcıların alt bölge yerine tüm bölgede uzmanlaşmasını gerektirmektedir. Gelecekteki çalışmalar için bölge bazında optimum dağıtıcı sayılarının belirlenmesine dönük uygulamaların yapılması önem arz etmektedir.



KAYNAKÇA

- Atmaca, E. (2012). Bir kargo şirketinde araç rotalama problemi. *Tübav Bilim Dergisi*, 5(2), 12-27. <https://dergipark.org.tr/en/pub/tubav/issue/21527/230973>
- Bektas, T. (2006). The multiple traveling salesman problem: An overview of formulations and solution procedures. *Omega*, 34(3), 209-219. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2004.10.004>
- Çevik, O., Karaca, S. S., & Özkan, M. (2011). En küçük yayılma modeli ile İç Anadolu Bölgesinde bir kargo firmasının dağıtım güzergâhının belirlenmesi. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2011(2), 1-9.

- Dündar, A. O., Şahman, M. A., Tekin, M., & Kiran, M. S. (2019). A comparative application regarding the effects of traveling salesman problem on logistics costs. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 7(4), 207-215. <https://doi.org/10.18201/ijisae.2019457232>
- Gaur, V., & Fisher, M. L. (2004). A periodic inventory routing problem at a supermarket chain. *Operations Research*, 52(6), 813-822. <https://doi.org/10.1287/opre.1040.0150>
- Irnich, S. (2008). Solution of real-world postman problems. *European journal of operational research*, 190(1), 52-67. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.06.002>
- Kara, I., & Bektas, T. (2006). Integer linear programming formulations of multiple salesman problems and its variations. *European Journal of Operational Research*, 174(3), 1449-1458. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.03.008>
- Karaboğa, D., & Görkemli, B. (2011, June). A combinatorial artificial bee colony algorithm for traveling salesman problem. In *2011 International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications* (pp. 50-53). IEEE. <https://doi.org/10.1109/INISTA.2011.5946125>
- Knox, J. (1994). Tabu search performance on the symmetric traveling salesman problem. *Computers & Operations Research*, 21(8), 867-876. [https://doi.org/10.1016/0305-0548\(94\)90016-7](https://doi.org/10.1016/0305-0548(94)90016-7)
- Kuzu, S., Önay, O., Şen, U., Tunçer, M., Yıldırım, B., & Keskinürk, T. (2014). Gezgin satıcı problemlerinin metasezgiseller ile çözümü. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 43(1), 1-27.
- Laporte, G., Nobert, Y., & Desrochers, M. (1985). Optimal routing under capacity and distance restrictions. *Operations research*, 33(5), 1050-1073. <https://doi.org/10.1287/opre.33.5.1050>
- Larsen, A., Madsen, O. B., & Solomon, M. M. (2004). The a priori dynamic traveling salesman problem with time windows. *Transportation Science*, 38(4), 459-472. <https://doi.org/10.1287/trsc.1030.0070>
- Nasr, A. A., El-Bahnasawy, N. A., Attiya, G., & El-Sayed, A. (2019). Using the TSP solution strategy for cloudlet scheduling in cloud computing. *Journal of Network and Systems Management*, 27(2), 366-387. <https://doi.org/10.1007/s10922-018-9469-9>
- Palhares, R. A., & Araujo, M. C. B. (2018). Vehicle routing: application of travelling salesman problem in a dairy. In *2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)* (pp. 1421-1425). IEEE.
- Ratliff, H. D., & Rosenthal, A. S. (1983). Order-picking in a rectangular warehouse: a solvable case of the traveling salesman problem. *Operations Research*, 31(3), 507-521. <https://doi.org/10.1287/opre.31.3.507>
- Ruiz, R., Maroto, C., & Alcaraz, J. (2004). A decision support system for a real vehicle routing problem. *European Journal of Operational Research*, 153(3), 593-606. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00265-0](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00265-0)
- Shi, X. H., Liang, Y. C., Lee, H. P., Lu, C., & Wang, Q. X. (2007). Particle swarm optimization-based algorithms for TSP and generalized TSP. *Information processing letters*, 103(5), 169-176. <https://doi.org/10.1016/j.ipl.2007.03.010>

- Sungur, I., Ren, Y., Ordóñez, F., Dessouky, M., & Zhong, H. (2010). A model and algorithm for the courier delivery problem with uncertainty. *Transportation Science*, 44(2), 193-205. <https://doi.org/10.1287/trsc.1090.0303>
- Uğur, A., & Aydın, D. (2009). An interactive simulation and analysis software for solving TSP using Ant Colony Optimization algorithms. *Advances in Engineering software*, 40(5), 341-349. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2008.05.004>
- Ünlü N., Uçar E. & Akkuş G.B. (2017). Kargo işlemede zaman pencereli çok araçlı dinamik rotalama. *Yönetim Bilişim Sistemleri Dergisi*, 3(2), 105-113.

