

ÇOK NOKTALI GENELLEŞTİRİLMİŞ GEZEN SATICI PROBLEMİ ve PERAKENDE SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

Timur KESKİNTÜRK¹, Bahadır Fatih YILDIRIM², Ümran TÜZÜN³, Hilal KAYA⁴

ÖZET

Çalışmamızda Genelleştirilmiş Gezgin Satıcı Probleminin (GGSP) yeni bir versiyonu olan Çok Noktalı Genelleştirilmiş Gezgin Satıcı Problemi (ÇNGGSP) ele alınmıştır. ÇNGGSP her bir salkımda tek bir noktaya uğramak yerine, belirlenen oranda noktaya uğraması yönüyle GGSP probleminden ayrılmaktadır. Problem perakende sektöründe faaliyet gösteren bir marketler zincirinde denetim faaliyetlerinin planlanmasında kullanılmıştır. Farklı oranlar için problem geliştirilen bir metasezgisel ile çözülmüş ve sonuçlar tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Genelleştirilmiş Gezgin Satıcı Problemi, Rotalama, Denetim

MULTI POINT GENERALIZED TRAVELLING SALESMAN PROBLEM

ABSTRACT

In our study, we handle the Multi-point Generalized traveling Salesman Problem (MP-GTSP) which is a new version of the Generalized Traveling Salesman Problem (GTSP). MT-GTSP differ from GTSP with the node selection. MP-GTSP tour including at least one node from each cluster depending on specified rate instead of single point in each cluster. Problem designed for the retail industry, which operates a chain of grocery stores in the audit of the activities used in planning. Problem solved for different rates with using developed metaheuristic and the results are discussed.

Keywords: Generalized Travelling Salesman Problem, Routing, Auditing

¹ Doç. Dr., İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi, Sayısal Yöntemler Anabilim Dalı, tkturk2010@gmail.com

² Arş. Gör., İstanbul Üniversitesi Ulaştırma ve Lojistik Yüksekokulu, Ulaştırma ve Lojistik Yönetimi Anabilim Dalı, bahadirfildirim@gmail.com

³ Y.Lisans Öğrencisi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, tuzun.umran@gmail.com

⁴ Y.Lisans Öğrencisi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, sahinhilal@gmail.com

1. GİRİŞ

Günümüz işletmeciliğinde, işletmeler için yönetim kademesinde karar alma önemli bir süreç olmakla birlikte, alınan kararların uygulamaya konulması da büyük önem arz etmektedir. Özellikle büyük işletmelerde yönetim kademesi ile hiyerarşinin en alt kısmı arasında irtibat kopukluğu yaşanabilmekte bu durum beraberinde kararların etkin uygulanması noktasında bir takım problemlere neden olmaktadır. Operasyonel denetim faaliyetlerinin amaçlarından birisi, firma standartlarının oluşturulması, standartların değişen iş koşullarına ve alınan yeni yönetsel kararlara paralel olarak güncel kalmasının sağlanması ve standartların işletmenin tüm kademelerine hızlı ve doğru şekilde ulaştıracağı bir altyapının tahsisini sağlamaktır. Bu çalışma kapsamında Gıda Perakendeciliğinde İndirim Mağazaları olarak da adlandırılan zincir mağazalar üzerindeki operasyonel denetim ele alınmıştır. Operasyonel denetim faaliyetleri sağladığı mağazalar arası rekabet avantajı, iş performansının artırılması ve risklerin yönetilmesi, marka değerinin artırılması, müşteri güveninin oluşturulması ve iç iletişimin geliştirilerek çalışan motivasyonunun artırılması gibi avantajlardan dolayı işletmecilikte üzerinde önemle durulan bir süreç olmaktadır (<http://www.vericert.com.tr>).[29.12.2014, WEB;]

Gıda Perakendeciliği sektöründe faaliyet gösteren işletmelerde en önemli birimler şüphesiz ki, müşteriye en yakın konumda bulunan ve zincir mağazaların son halkası durumunda olan marketlerdir. Bu nedenle operasyonel denetim faaliyetleri ağırlıklı olarak mağaza ve mağaza personeli için organize edilmektedir.

İndirim Mağazalarında uygulanacak operasyonel denetim süreci aşağıdaki adımlar ile özetlenebilir (<http://www.perakende.org/guncel/zincir-magazacilikta-operasyonel-denetim-faaliyetleri-1342018036h.html>). [29.12.2014, WEB;]

- Standartların belirlenmesi

Sürecin ilk adımında denetime temel oluşturacak,

- Görsel ve yerleşim düzeni,
- Temizlik ve hijyen koşulları,
- Ürün sergileme ve satış,
- Yasal zorunluluklar,
- Kasa ve nakit akışı,
- Personel denetimi gibi,

konularda standartlar yetkililer tarafından belirlenerek ilgili personellere bildirilir.

- Standartlar ile ilgili eğitim verilmesi

Yönetim tarafından belirlenen personele bildirim yapılan standartlar için çalışanlara gerekli olması durumunda eğitimler verilir. Çalışanlara eğitim vermek üzere eğitim departmanı ile entegrasyon sağlanır. Bilgilendirme ve eğitimler bir döngü içerisinde belirli aralıklarla tekrarlanmalı, terfi ve yeni işe giriş oryantasyonlarının da mutlaka yapılmalıdır.

- Denetim Formu ve Karnelerin Oluşturulması

Firma standartlarının belirlenmesine paralel olarak denetim esnasında denetçi tarafından doldurulacak olan denetim formu ve denetim sonucunda mağazanın durumunu özetleyecek olan karne formatları hazırlanır. Hazırlanacak denetim formu denetim standartlarına göre denetlenmeye tabi olacak konuları eksiksiz ve net bir biçimde ifade etmelidir. Denetim karnesi ise her bir konu başlığı için verilen puanları, puanların açıklamalarını ve mağazanın başarı seviyesini gösterecek şekilde tasarlanmalıdır.

- Zaman ve lokasyon planlaması yapılarak denetimin gerçekleştirilmesi

Denetime zemin oluşturacak kurumsal hazırlıklar yapıldıktan sonra, denetimin yapılacağı zamanın planlanması gerekmektedir. Belirlenen zamanlarda hangi lokasyonlarda denetim yapılacağı planlanması gereken bir diğer unsurdur. Gerekli planlamaların ardından denetimi yapacak kurum içi görevli(ler) ya da dış hizmet alımı yapılan denetim firması tarafından denetim faaliyeti gerçekleştirilir.

- Denetim sonuçlarının raporlanması ve yorumlanması

Denetimler sonucunda elde edilen karneler veri tabanında tutularak personel ve mağazaların geçmişe dönük verilerine bakılabilir ve gelişimleri gözlenebilir. Ayrıca firma genelinde veya bölgesel olarak en çok hangi konularda hata yapıldığı raporlanabilir veya bu sonuçlardan gelecek geri besleme ile denetim kriterleri geliştirilebilir.

Özetlenen operasyonel denetim faaliyeti sürecinde lokasyon planlaması özellikle birden çok lokasyonda birden çok mağaza ile faaliyet gösteren firmalar için bir problem olarak ele alınabilir. İşletme rutin denetim faaliyetlerini belirli aralıklarda yapmak istediğinden lokasyon planlaması tekrar eden bir süreç olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada operasyonel denetim faaliyetlerinde karşılaşılan lokasyon planlaması problemi, işletmenin faaliyet gösterdiği bölgeler, küme; faaliyet noktası mağazalar ise düğüm kabul edildiği Çok Noktalı Genelleştirilmiş Gezgin Satıcı Problemi (ÇNGGSP) olarak modelleneyecektir.

Bu bağlamda çalışmanın izleyen bölümlerinde gezgin satıcı, genelleştirilmiş gezgin satıcı ve çok noktalı genelleştirilmiş gezgin satıcı problemleri tanıtılacaktır.

2. GENELLEŞTİRİLMİŞ GEZGİN SATICI PROBLEMİ

Gezgin satıcı problemi (Traveling Salesman Problem), bir kişinin belirli bir şehirden başlayarak, rotasındaki her şehre bir kez uğrayarak başlangıç noktasına geri dönmesi problemidir. GSP de amaç en kısa turun ve ya en az maliyetli turun hesaplanmasının sağlanmasıdır. Bu bağlamda şehirler arasında bir yol olduğu ve ilgili yolların arasında mesafenin bilindiği varsayılır. (Sural, 2003:37)

Optimizasyon (eniyeleme) bir problemin en iyi (uygun) çözümünü bulma işi olarak tanımlanabilir. Optimizasyon problemlerin de parametre setinin belirlenmesi, ilgili

parametrelere ilişkin minimum yapılacak maliyet fonksiyonu ve ya maksimum yapılacak kar fonksiyonu ve problemle ilgili kısıt fonksiyonları belirlenmelidir (Karaboğa, 2004:2). Optimizasyon (eniyileme) konusunda yapılan araştırmalarda GSP her daim önemli bir yer tutmuştur.

GSP, anlatılması kolay fakat çözümü şehir (düğüm) sayısı arttıkça oldukça zorlaşan bir problemdir. 1900'lerin ortasından günümüze kadar GSP için uygulanan çözüm yöntemlerinde gelişmeler hızlanarak devam etmiş dolayısıyla problemdeki şehir sayısı hızlı bir şekilde artmıştır.

Örneğin, Almanya'nın 15.112 adet şehri ve her şehirden bir kez geçen kişi için, en kısa yolu bulabilmek amacıyla Rice ve Princeton Üniversitelerindeki bilgisayarlar 22 yıldan daha fazla çalışarak yaklaşık 66.000 km'lik rotayı tespit etmişlerdir (Sural, 2003:40). Tablo 1'de GSP çalışmalarında hesaplanan şehir (düğüm) sayısına istinaden özet tablo bulunmaktadır.

Tablo 1: Gezgin Satıcı Probleminde Kilometre Taşları

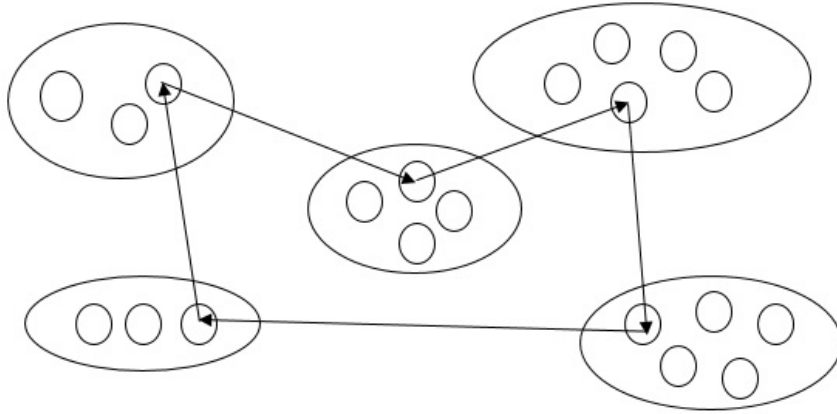
Yıl	Araştırmacılar	Örnek Büyüklüğü (şehir)
1954	G. Dantzig, R. Fulkerson ve S. Johnson	49
1971	M. Held ve R. M. Karp	64
1975	P. M. Camerini, L. Fratta ve F. Maffioli	67
1977	M. Grötschel	120
1980	H. Crowder ve M. W. Padberg	318
1987	M. Padberg ve G. Rinaldi	532
1987	M. Grötschel ve O. Holland	666
1987	M. Padberg ve G. Rinaldi	2392
1994	A. Applegate, E. Bixby, V. Chvatal ve W. Cook	7397
1998	A. Applegate, E. Bixby, V. Chvatal ve W. Cook	13509
2001	A. Applegate, E. Bixby, V. Chvatal ve W. Cook	15112
2004	A. Applegate, E. Bixby, V. Chvatal, W. Cook ve K. Helsgaun	24978

Kaynak : (<http://www.math.uwaterloo.ca/tsp/history/milestone.html>). [28.12.2014,WEB;]

Gezgin satıcı probleminin pratik hayatta araç rotalama, posta kutusu dağıtım problemleri, GSM operatörlerinin baz istasyonu yerleşim yerlerinin belirlenmesi problemi gibi birçok uygulaması olduğu için optimizasyon ve modelleme çalışmaların da her zaman önemli bir yer tutmuştur, zaman içerisinde problemin temelinden sapmayan, çok çeşitli GSP türleri geliştirilmiştir. Çalışmanın bundan sonraki kısımlarında GSP çeşitlerinden biri olan Genelleştirilmiş Gezgin Satıcı problemi üzerinde durulacaktır.

Bir gezgin satıcı, a salkımlı b düğümlü bir serimde bir başlangıç noktasından başlayıp, başladığı yere geri dönmek ve her salkımdan bir düğüme sadece bir defa

uğramak şartıyla uğrayacağı yerlerin sırasını belirlerken toplam yol ve maliyetin küçük olması yani optimuma ulaşmasını amaçlar. Bu tür problemlere Genelleştirilmiş Gezgin Satıcı Problemi denir. Şekil 1 'de genelleştirilmiş gezgin satıcının yaptığı bir tura örnek verilmiştir.



Şekil 1: 5 Salkımlı 20 Düğümlü Serimde Genelleştirilmiş Gezgin Satıcı Turu

Genelleştirilmiş Gezgin Satıcı Probleminin Matematiksel Modeli

$G = (V, A)$ yönlü serimi, $V = \{0, 1, 2, \dots, n\}$ düğüm kümesi, $A = \{(i, j) : i, j \in V, i \neq j\}$ V kümesi V_1, V_2, \dots, V_k şeklinde karşılıklı ayırık ve boş olmayan k tane alt kümeye ayrılmış olmak üzere ve $V_0 = \{0\}$, $c_{ij}, (i, j) \in A$ ayrıtının maliyetini, $u_p = p$. Salkımın turdaki durak numarasını göstermek üzere matematiksel model aşağıdaki gibidir:

$$\sum_{i \in V_p} \sum_{j \in V \setminus V_p} x_{ij} = 1, \quad p = 0, 1, 2, \dots, k \quad (1)$$

$$\sum_{i \in V \setminus V_p} \sum_{j \in V_p} x_{ij} = 1, \quad p = 0, 1, 2, \dots, k \quad (2)$$

$$\sum_{i \in V \setminus V_p} x_{ij} - \sum_{i \in V \setminus V_p} x_{ji} = 0, \quad \forall j \in V_p, p = 0, 1, \dots, k \quad (3)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad \forall (i, j) \in A \quad (4)$$

$$u_p - u_q + k \sum_{i \in V_p} \sum_{j \in V_p} x_{ij} + (k-2) \sum_{j \in V_q} \sum_{i \in V_p} x_{ij} \leq k-1 \quad (5)$$

$$u_p \geq 0, \quad p = 0, 1, 2, \dots, k$$

kısıtları altında

$$\text{enk} \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} c_{ij} x_{ij} \quad (6)$$

Burada, (1) ve (2) numaralı kısıtlar her salkıma bir giriş ve her salkımdan bir çıkış olmasını, (3) numaralı kısıt bir düğüme girilirse çıkışın da olmasını sağlamaktadır. (1), (2) ve (3) numaralı kısıtlar ilk olarak Noon ve Bean (1991) tarafından geliştirilmiştir. (4) numaralı kısıt karar değişkenlerinin tanımının uzantısı olup, bunların sıfır veya bir değerini almalarını öngörmektedir. (1), (2), (3) ve (4) numaralı kısıtlar tüm modellerde yer alan ana kısıtlardır. Sözel olarak ifade edilen; Burada, (5) numaralı kısıt Laporte vd. (1987) tarafından GSP için önerilen kısıtların GGSP'ne uyarlanmış şeklidir. (6) numaralı fonksiyon tur tamamlanana kadar oluşacak toplam maliyet veya toplam mesafenin en az olmasını sağlayan amaç fonksiyonudur (Kara vd., 2011:804).

3. LİTERATÜR

GGSP için geliştirilen çözüm yöntemleri, kesin çözüm yöntemleri, problemi GSP ye dönüştürerek çözen yöntemler ve metasezgisel yöntemler olmak üzere temel olarak üç sınıfa ayrılabilir (Uluşans, 2010:17).

GGSP problemimin çözümü için, Srivastava (1970), Laporte vd.(1987), Noon ve Bean (1991), Fishetti (1997) çeşitli kesin çözüm yöntemlerini kullanmışlar. Kesin (tam sayı programlama, dal ve sınır yöntemi, dinamik programlama) yöntemler, sonuç verme garantisi içerse bile çözüm süresi çok uzun sürebilmektedir.

Dimitrijevic (1997), Langevin (1997) yaptıkları çalışmalarda GGSP'yi GSP'ye çeviren yöntemler geliştirmişlerdir, yöntem belli oranda başarı gösterse de, kullanılan transformasyon işlemi genelde probleminin boyutunu arttığı için ilerleyen yıllarda bu tarz yöntemlere literatürde sık rastlanmamıştır.

Problemde lokasyon sayısının artması, problemin çeşitli varyasyonlarının geliştirilmesi, optimum sonucu ulaşmak için zaman tasarrufunu önemli bir etken hale gelmiştir. Bu bağlamda son dönemlerde gelişen bilgisayar teknolojisine paralel metasezgisel yöntemler araştırmacılar tarafından tercih sebebi haline gelmiştir.

Özellikle 2005 yılı sonrasında metasezgisel yöntemlerden olan genetik algoritma, genetik algoritmanın lokal arama ile birleştirilmiş şekli olan memetik algoritma ve karınca kolonisi algoritmasının farklı araştırmacılar tarafından GGSP problemine uygulandığı görülmektedir.

Snyder (2006), Silberholz ve Golden (1997) , Bontoux ve Dominiquefeillet (2009) genetik algoritmayı GGSP'ne uygulamışlardır. Tasgetiren vd. (2010) Hibrit Itere Greedy Algoritmasını (Iterated Greedy Algorithm) GGSP'ye uygulamışlardır. Bontoux vd. (2009) , Gutin ve Karapetyan (2010) memetik algoritmayı GGSP'nin çözümü için kullanmışlardır.

GGSP uygulamalarında, genetik algoritma ve memetik algoritmanın yanında diğer bir metasezgisel yöntem olan karınca kolonisi algoritmasının da, çeşitli araştırmacılar tarafından tercih edildiği görülmektedir (Pinteau vd. (2007), Mou, L., (2011), Kan ve Zhang (2012), Lian Ming-Mou (2012)).

Yerel literatüre bakıldığında, GGSP ile ilgili Uluşans (2010) tarafından hazırlanmış, “Yerel Tarama İle Birleştirilmiş Kesikli Farksal Evrim Algoritması kullanarak “Genelleştirilmiş Gezgin Satıcı Probleminin Çözümü”, konulu tez çalışması bulunmaktadır. Ayrıca Kara vd. (2011), “New Formulations For The Generalized Traveling Salesman Problem” adlı çalışmalarında GGSP için yeni bir model önermişlerdir.

Tablo 2’de, literatürde yer alan çalışmalardan bazıları, yazarları ve kullanılan yöntemleriyle beraber belirtilmiştir.

Referans	Kullanılan Model	Konu
Srivastava vd. (1970)	Possible Permutation And Combination Of Tour And Certain Propositions	Generalized TSP Through n Sets of Nodes
Laporte vd. (1987)	Integer Linear Programming, Branch And Bound Algorithm	Generalized TSP Through n Sets of Nodes The Asymmetrical
Noon ve Bean (1991)	Routing With Alternatives Efficient Relaxation,Transportation	A Lagrangian Based Approach For The Asymmetric Generalized TSP
Chentsov ve Korotayeva (1995)	The Dynamic Programming, Diversion of sets system.	The Dynamic Programming Method in the Generalized TSP
Dimitrijevic ve Saric, Z (1997)	Transformation Of The TSP Problem Into The Traveling Salesman Problem On Digraphs	An Efficient Transformation Of The Generalized TSP Into The Traveling Salesman Problem On Digraphs
Laporte ve Semet (1999)	Computational Evaluation Of A Transformation	Computational Evaluation Of A Transformation Procedure For The Symmetric Generalized TSP
Fischetti vd. (1997)	A Branch And Cut Algorithm	A Branch And Cut Algorithm For The Symmetric Generalized TSP
Dror ve Langevin (1997)	Arc And Node Routing Problems CCRP	Generalized TSP Approach To The

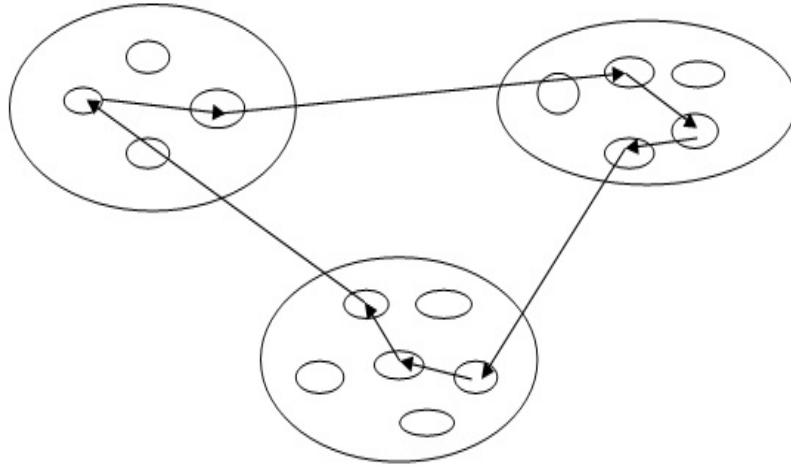
	Transformation Of GTSP	Directed Rural Problem	Clustered Postman
Renaud ve Boctor (1998)	Composite Heuristic	An Composite For The Generalized TSP	Efficient Heuristic For The Symmetric Generalized TSP
Ben-Arieh vd. (2003)	Generalized Domination Heuristics	TSP, Analysis,	Transformations of Generalized ATSP into ATSP
Kara ve Bektas (2003)	Integer Programming	Integer Programming Formulation of the Generalized Vehicle Routing Problem	Linear
Snyder vd. (2006)	Genetic Algorithms; Random Keys; Metaheuristics	A Random-Key Genetic Algorithm For The Generalized TSP	
Silberholz ve Golden (1997)	Genetic Algorithm	The Generalized TSP A New Genetic Algorithm Approach	
Gutin ve Karapetyan (2010)	Memetic Algorithm, Genetic Alg. Local Search, Asymmetric GTSP	A Memetic Algorithm For The Generalized TSP	
Suganthan vd. (2010)	Evolutionary Algorithms Discrete Differential Evolution Algorithm	An Ensemble Of Discrete Differential Evolution Algorithms For Solving The Generalized TSP	
Bontoux ve Dominiquefeillet (2009)	Genetic Algorithm Large Neighborhood Search	A Memetic Algorithm With A Large Neighborhood Crossover Operator For The Generalized Traveling Salesman Problem	
Uluşans (2010)	Farksal Algoritması	Evrım	Yerel Tarama İle Birleştirilmiş Kesikli Farksal Evrim Algoritması Kullanarak Genelleştirilmiş GSP
Zaheed vd. (2010)	Genetic Algorithms, Greedy Insert Mutation,	A Novel Genetic Algorithm For GTSP	

	Partially Crossover	Greedy	
Karapetyan ve Gutin (2011)	Heuristics, Kernighan, TSP Optimization.	Lin- Generalized Combinatorial	Lin-Kernighan Heuristic Adaptations for the Generalized TSP
Cacchiani vd. (2011)	Metaheuristic, Network, Experiments	Layered Computational	A Multistart Heuristic For The Equality Generalized TSP
Golden vd. (2012)	Heuristic Local Search	Algorithms,	The Generalized Covering Salesman Problem
Lian Ming-Mou (2012)	Ant Colony System		The Continuous Selective Generalized TSP
Kara vd. (2011)	Mathematical Modeling, Integer Programming, Logistics, Routing		New Formulations For The Generalized Traveling Salesman Problem
Kan ve Zhang (2012)	Ant Optimazation, Optimization	Colony Route	Application Of An Improved Ant Colony Optimization On Generalized TSP
Karapetyan ve Gutin (2012)	Heuristics ,Local Search Neighborhood, Combinatorial Optimization		Efficient Local Search Algorithms For Known And New Neighborhoods For The Generalized TSP
Lian Ming (2012)	NGTSP, ACS, Parameter Adaptive		An Efficient Ant Colony System FoSolving The New GTSP
Rice ve Tsotras (2012)	Exact Graph Search Algorithms		Exact Graph Search Algorithms For Generalized TS Path Problems
Pintea vd. (2007)	Ant Colony System		The Generalized TSP Solved With Ant Algorithms
Tang vd. (2013)	Discrete State Transition Algorithm, Double R-Probability	K-Circle,	A Discrete State Transition Algorithm For Generalized TSP
Shaelaie vd. (2014)	Memetic Variable Neighborhood	Algorithm,	The Generalized Covering TSP

	Search
Helsgaun (2014)	Equality Generalized Solving The Equality Traveling Salesman Generalized TSP Using Problem, E-GTSP, Lin- The Lin-Kernighan- Kernighan Helsgaun Algorithm

4. ÇOK NOKTALI GENELLEŞTİRİLMİŞ GEZEN SATICI PROBLEMİ

M salkımlı n düğümlü bir serimde bir başlangıç noktası belirlenip her salkımdan bir ya da birden fazla düğüme uğramak ve başlanılan noktaya geri dönmek şartıyla izlenen en kısa ve en az maliyetli tura çok noktalı genelleştirilmiş gezgin satıcı problemi denir. Burada gidilecek nokta sayısı her salkımından belirli bir yüzde oranı alınarak hesaplanır. Genelleştirilmiş gezgin satıcı probleminin özelleştirilmiş halidir. Şekil 2’de çok noktalı genelleştirilmiş gezgin satıcının bir turuna örnek verilmiştir.



Şekil 2: 3 Salkım 15 Düğümden Oluşan Çok Noktalı Genelleştirilmiş Gezgin Satıcı Turu Örneği

$G = (V, A)$ yönlü serimi, $V = \{0, 1, 2, \dots, n\}$ düğüm kümesi, $A = \{(i, j) : i, j \in V, i \neq j\}$ ve V kümesi V_1, V_2, \dots, V_k şeklinde karşılıklı ayrık ve boş olmayan k tane alt kümeye ayrılmış olsun. $V_0 = \{0\}$, c_{ij} , i .düğümden j . düğüme geçiş mesafesi ya da maliyetidir. x_{ij} , $(i, j) \in A$ ayrıtı turdaysa 1, değilse 0 değerini alan tam sayılı karar değişkeni olmak üzere matematiksel model aşağıdaki şekildedir:

$$V_1 \cdot \frac{A}{100} = S_1, V_2 \cdot \frac{A}{100} = S_2, \dots, V_k \cdot \frac{A}{100} = S_k \quad (7)$$

$$S = \{S_1, S_2, \dots, S_k\} \quad (8)$$

$$\sum_{i \in V_p} \sum_{j \in V \setminus V_p} x_{ij} = 1, \quad p = 0, 1, 2, \dots, k \quad (9)$$

$$\sum_{i \in V \setminus V_p} \sum_{j \in V_p} x_{ij} = 1, \quad p = 0, 1, 2, \dots, k \quad (10)$$

$$\sum_{i \in V_1} \sum_{j \in V_1} x_{ij} = S_1 - 1, \quad \sum_{i \in V_2} \sum_{j \in V_2} x_{ij} = S_2 - 1, \quad \sum_{i \in V_k} \sum_{j \in V_k} x_{ij} = S_k - 1 \quad (11)$$

$$\sum_{i \in V \setminus V_p} x_{ij} - \sum_{i \in V \setminus V_p} x_{ji} = 0, \quad \forall j \in V_p, p = 0, 1, \dots, k \quad (12)$$

$S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_k + k$ toplam uğranılan düğüm sayısı

Kısıtları altında

$$enk \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} c_{ij} x_{ij} \quad (13)$$

ÇNGGSP, GGSP'den farklı olarak her salkımda birden fazla düğümüne uğranıyor olmaktadır. Burada (7) numaralı kısıt ile her salkımdan ne kadar düğümün seçilerek ziyaret edileceği gösterilmektedir. Belirli bir yüzde belirlenip her salkımdan o oranda düğümüne uğranmaktadır. Belirlenen oran üzerinden belirlenen düğüm sayısı ondalıklı olduğu durumda ise tam kısmın bir fazlası kadar düğümüne gidilmekte yani saptanan değer bir üst tam sayıya yuvarlanmaktadır. (8) numaralı kısıt her salkımda gidilecek düğüm sayılarının oluşturduğu bir alt kümeyi ifade etmektedir. (9) ve (10) numaralı kısıtlar her salkımdan diğer bir salkıma bir giriş ve bir çıkışın olması gerekliliğini ifade etmektedir. (11) numaralı kısıt her salkıma ait düğümler arası geçiş sayısını göstermekte ve (12) numaralı kısıt da başlangıç noktasına geri dönüşünü ifade etmektedir. (13) numaralı eşitlik ise en az maliyet ya da en kısa mesafe ile turu tamamlanmasını sağlayacak olan amaç fonksiyonudur.

5. UYGULAMA

Çalışmanın uygulama bölümünde gıda perakendeciliği sektöründe faaliyet gösteren ve pazarda indirim mağazası olarak konumlandırılmış bir işletmenin İstanbul Avrupa yakasında faaliyet gösterdiği 10 ilçede yer alan 50 mağazası, operasyonel denetim faaliyetleri uygulanmak üzere ÇNGGSP problemi olarak ele alınmıştır. GGSP probleminden farklı olarak her bir bölgeden sadece bir mağaza seçmek yerine belirli bir oran üzerinden gidilerek mağaza sayısının belirlendiği ÇNGGSP modellenmiştir. Denetimin tek bir görevli tarafından yapılacağı varsayımı ile firmanın mağazası bulunan 10 ilçe, küme ve 50 mağaza ise düğüm kabul edilerek, her bir turda her bir ilçeden belirlenen oranda mağazaya uğramak koşuluyla turun tamamlanması amaçlanmıştır. Çalışmada bölgelerden mağaza seçim oranları sırasıyla %10, %20, %30 ve %40 olarak belirlenmiştir. Buna göre geliştirilen

metasezgisel örneğin %30 oranında seçim yapacak şekilde çalıştırıldığında 13 mağazanın bulunduğu bir ilçeden ($13 * 0,30 = 3,9$) 4 mağaza seçimi yapacaktır. Çalışmanın dördüncü bölümünde belirtildiği üzere belirlenen oran ile ifade edilen mağaza sayısı ondalıklı olduğu için bir üst tamsayıya yuvarlanmaktadır.

Çalışmaya konu olan indirim mağazaları zincirine ait faaliyet noktaları belirlendikten sonra Google Maps servisi üzerinden mağazalar arası mesafeler matrisi kilometre cinsinden oluşturulmuştur. Hesaplanan mesafeler mağazalar arası gerçek uzaklıklar olup kuş uçuşu mesafeler değildir.

Çalışmada kullanılan mağazaların lokasyonları Şekil 3 üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 3: Mağaza Lokasyonları

Çalışmamızda ele alınan ÇNGGSP'nin çözümü için yeni bir metasezgisel önerilmiştir. Popülasyon temelli olan metasezgisel, farklı lokal arama algoritmalarıyla desteklenmiştir. Öncelikle problemin uygun çözüm alanı içerisinde başlangıç popülasyonu oluşturulmaktadır.

İlgili bölümde anlatıldığı üzere ÇNGGSP problemi GGSP'den alt kümelerde birden noktaya uğrama kısıtı ile ayrılmaktadır. Her bir alt kümedeki uğranılacak nokta sayısı oran olarak isimlendirilen bir parametre ile belirlenmektedir. Buna göre her alt

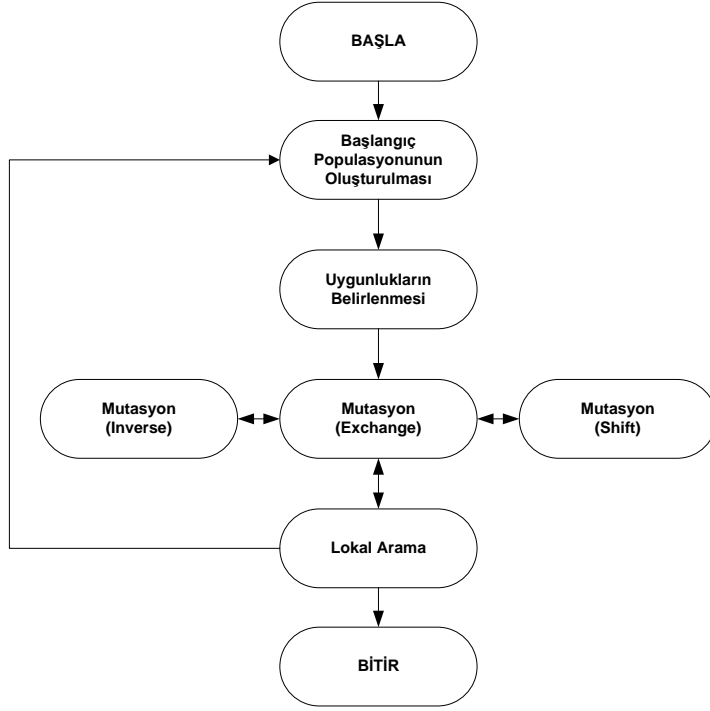
kümeden ziyaret edilecek mağaza sayısı bir veri olarak belli olmaktadır. Bu bilgiler kullanılarak alt kümelerdeki ziyaret edilecek mağazalar tesadüfi olarak seçilmektedir. Başlangıçta ziyaret edilecek ilçeler ele alınarak en uygun ziyaret sıralaması elde edilmektedir. Bu belirlendikten sonra bu sırada alt kümeyi temsil eden marketleri içeren en uygun tur bulunmaya çalışılmaktadır.

Başlangıç çözümleri belirlendikten sonra her bir çözüme ait uygunluk değeri Eşitlik (13) kullanılarak hesaplanmaktadır.

İteratif olan algoritmanın tekrar eden döngüsü, uygunlukların belirlenmesi ile başlayıp, daha iyi çözümlerin mevcut çözümler de kullanılarak üç farklı mutasyon ve probleme özgü farklı bir lokal arama ile bitmektedir. Sırasıyla bu operatörler aşağıda anlatılmıştır.

- **Exchange Mutasyonu:** Mevcut turda iki farklı mağazanın turdaki pozisyonlarını karşılıklı olarak değiştirmektedir.
- **Shift Mutasyonu:** Turdaki bir mağazanın pozisyonunu iki yönden birinde kaydırarak değiştirmektedir.
- **Inverse Mutasyonu:** Turdaki iki nokta arasındaki noktaları, aynı noktalar içerisinde ters çevirmektedir.
- **Lokal Arama:** Herhangi bir alt kümedeki (problemimizde bir ilçe) rota içerisinde olan nokta ve ya noktaları, tur içerisinde olan nokta veya noktalarla tesadüfi olarak değiştirmektedir. Ayrıca bu aşamada pozisyon da belli bir olasılık oranında değiştirilebilmektedir.

Geliştirilen metasezgisele ait akış diyagramı Şekil 4 üzerinde gösterilmiştir:



Şekil 4: Metasezgisele Ait Akış Diyagramı

Problemin çözümündeki parametreler Tablo 3'te belirtildiği gibidir.

Tablo 3: Parametre ve Parametre Değerleri

Parametre	Değer
Popülasyona büyüklüğü	200
İterasyon sayısı	5000
Mutasyon oranı	0,05
Lokal arama oranı	0,05

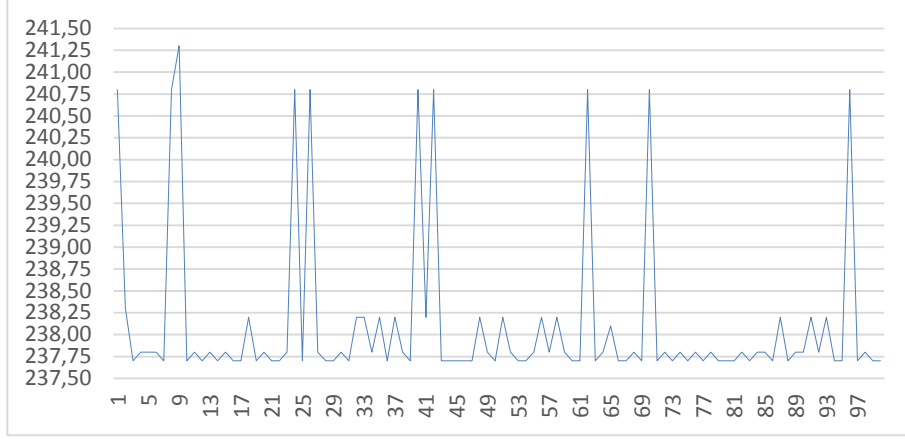
Algoritmaya ait kodlar MATLAB programlama dili ile yazılmıştır. Geliştirilen metasezgisel, uygulama probleminde 4 farklı oran için 100 kere çalıştırılmıştır. Bu oranlar %10, %20, %30 ve %40'tır. 100 çalıştırma sonucunda elde edilen bulgulara ait minimum, maksimum, ortalama, standart sapma değerleri Tablo 4'te özetlenmiştir.

Tablo 4: Bulgular

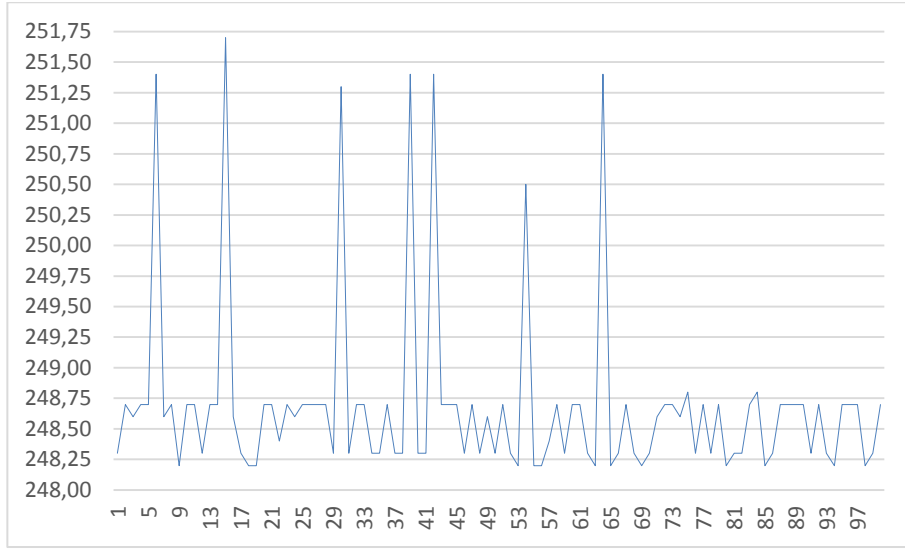
Problem	Oran	Mağaza Sayısı	Minimum	Ortalama	Maksimum	Standart Sapma
1	%10	10	198,3	198,3	198,3	0
2	%20	12	200,8	200,8	200,8	0
3	%30	19	237,7	238,12	241,3	0,93
4	%40	22	248,2	248,69	251,7	0,75

Sonuçlar incelendiğinde her bir orana göre ayrı ayrı sonuçların birbirlerine yakın çıktığı ve sapmalarının düşük olduğu söylenebilir. Özellikle mağaza sayısının daha düşük olduğu %10 ve %20 oranları için her seferinde aynı sonuçlar elde edilmiştir. Oranın artmasıyla ve dolayısıyla mağaza sayısı arttığında sapma biraz artmıştır. Buna rağmen algoritmanın tutarlı sonuçlar bulabildiği söylenebilir.

Lokasyon sayısının %30 ve %40 oranında belirlendiği durumda çalıştırma sonuçlarında meydana gelen sapmalar Şekil 5 ve Şekil 6 'da yer alan grafikler üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 5 : %30 Oran ile Yapılan Çalıştırmalarda Elde Edilen Sonuçlar



Şekil 6 : %40 Oran ile Yapılan Çalıştırmalarda Elde Edilen Sonuçlar

6. SONUÇ

Bu çalışmada, genelleştirilmiş gezgin satıcı probleminin yeni bir versiyonu ele alınmıştır. GGSP problemleri, literatürde her alt kümeden bir noktaya uğrama esasına dayanmaktadır. Çalışmamızda ise her alt kümeden uğranılacak nokta sayısı belirlenen oran sayısında olmakta bu yönü ile GGSP'den ayrılmaktadır. Bu oran her alt küme için sabit olup, alt kümedeki nokta sayısına göre alt kümelerden seçilerek uğranılacak nokta sayıları farklılık gösterebilmektedir. Problem bir indirim mağazası zincirinin İstanbul Avrupa yakasındaki mağazaları için uygulanmıştır. 10 ilçedeki 50 mağaza için ÇNGGSP olarak modellenmiş ve ilçede belirlenen oranlardaki mağazalara uğrayıp başlangıç mağazasına dönecek şekilde tasarlanmıştır. Mağazaların periyodik olarak denetiminde kullanılabilir model benzeri problemlerde de kullanılabilir. Her denetim zamanı, henüz periyodik denetimi yapılmamış mağazalardan orana göre belirlenen sayılarda noktalar için en uygun tur bulunabilmektedir. Kullanılan metasezgisel ile en iyi ya da iyi bir çözüm bulunabileceği görülmüştür. Geliştirilen algoritma ile birlikte, bilinen metasezgiseller problemin çözümünde kullanılabilir ve daha büyük boyutlu problemler için geliştirilen metasezgisel ile karşılaştırılabilir. Ayrıca çalışmamızda ilçe sıralaması kullanılmış olup, bu sıralamadan bağımsız olarak turlar elde edilip çözüm geliştirilebilir. Son olarak, 50 mağazadan belirlenen oranlarda seçim yapılmak suretiyle tek bir rotanın belirlendiği çalışmamız, tüm lokasyonları kapsayacak şekilde rota seti oluşturacak şekilde geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

Ben-Arieh D., Gutin G., Penn M., Yeo A., Zverovitch A., (2003), "Transformations Of Generalized ATSP Into ATSP", *Oper. Res. Lett.*, 31(5):357-365

Bontoux, B., Christian , A. Dominique, F. , (2009) , "A Memetic Algorithm with a large neighborhood crossover operator for the Generalized Traveling Salesman Problem", *Computers & Operations Research* 37 ,1844 – 1852

Cacchiani, V., Muritiba A., Negreiros, M, Toth,P. (2010), "A Multistart Heuristic For The Equality Generalized Traveling Salesman Problem", Published Online 22 December 2010 In Wiley Online Library

Chentsov, G, Korotayeva, N., (1995), "The Dynamic Programming Method in the Generalized Traveling Salesman Problem", *Mat/J. Compnt. Modelling* Vol. 25, No. 1, 93-105

CM Pinte, PC Pop, C Chira, (2007), “The Generalized Traveling Salesman Problem Solved With Ant Algorithms”, *Journal Of Universal Computer Science*

Dimitrijevic, V., Saric, Z. (1997). “Efficient Transformation Of The Generalized Traveling Salesman Problem Into The Traveling Salesman Problem On Digraphs”, *Information Science*, 102, 65–110.

Dror, M., Langevin, A., (1997),” Generalized Tsp Approach To The Directed Clustered Rural Postman Problem”, *Transportation Science* , 187-192

Fischetti, M., (1997). Salazar-Gonzalez, J., Toth, P., “A Branch-And-Cut Algorithm For The Symmetric Generalized Traveling Salesman Problem”, *Oper. Res.* 45(3), 378–394.

Golden, B, Naji-Azimi, Z.Ragyavan S, Salari, M.,Toth, P, (2012), “The Generalized Covering Salesman Problem”, *Inform Journal, Pubsonline.Informs.Org*

Gutin, G., Karapetyan, D., (2010), “ A Memetic Algorithm For The Generalized Traveling Salesman Problem”, *Nat. Comput.*, 9(1) ,47-60

Helsgaun, K. (2014), “Solving The Equality Generalized Traveling Salesman Problem Using The Lin-Kernighan-Helsgaun Algorithm”, *Computer Science Research Report*

Kan, J, Zhang Y. ,(2012) , “Application of an Improved Ant Colony Optimization on Generalized Traveling Salesman Problem”, 2012 International Conference on Future Electrical Power and Energy Systems, *Energy Procedia* 17, 319 – 325

Kara, I. Guden, H., Koç, Ozge, (2011),” New Formulations For The Generalized Traveling Salesman Problem”, *Recent Researches In Applied Mathematics And Economics*

Kara, İ., Bektaş, T., (2003),” Integer Linear Programming Formulation Of The Generalized Vehicle Routing Problem ”,Presented In 5th EURO/INFORMS Joint International Meeting, July 6-10 2003 İstanbul, Turkey

Karaboğa, D., (2004), *Yapay Zeka Optimizasyon Algoritmaları*, İstanbul, Atlas Yayın Dağıtım.

Karapetyan, D., Gutin, G., (2011),” Lin-Kernighan Heuristic Adaptations For The Generalized Traveling Salesman Problem. *European Journal Of Operational Research*” 208, 221–232

Karapetyan. D., Gutin, G., (2012), “Efficient Local Search Algorithms for Known and New Neighborhoods for the Generalized Traveling Salesman Problem”., *Eur. J. Oper. Res.* 219(2):234-251

Karp, R.M, (1972), "Reducibility Among Combinatorial Problems", In R. E. Miller and J. W. Thatcher (editors), *Complexity of Computer Computations*, 85–103

Laporte, G., Mercure, H., Nobert, Y. (1987). “Generalized Traveling Salesman Problem Through N -Sets Of Nodes - The Asymmetrical Case”, *Discrete Appl. Math.* 18(2), 185–197.

Laporte, G., Semet, F. (1999), “Computational Evaluation Of A Transformation Procedure For The Symmetric Generalized Traveling Salesman Problem”, *INFOR* 37(2), 114-120

Lian Ming-Mou, (2012), “The Continuous Selective Generalized Traveling Salesman Problem: An Efficient Ant Colony System”, 8th International Conference on Natural Computation, 1242-1246

Mohammad, S., Majid S. , Zahra N., (2014), “The generalized covering traveling salesman problem”, *Applied Soft Computing* 24 , 867–878

Mou, L., (2011), “An Efficient Ant Colony System For Solving The New Generalized Traveling Salesman Problem”, *Proceedings Of IEEE CCIS2011*

Noon, C., Bean, J. (1991). “A Lagrangian Based Approach For The Asymmetric Generalized Traveling Salesman Problem”, *Oper. Res.* 39(4), 623–632.

Renaud, J., Boctor, F. (1998), “An Efficient Composite Heuristic For The Symmetric Generalized Traveling Salesman Problem”, *Eur. J. Oper. Res.* 108(3), 571–584.

Rice, M. Tsotras, V., (2012), “Exact Graph Search Algorithms For Generalized Traveling Salesman Path Problems”, 11th International Symposium On Experimental Algorithms, Springer

Silberholz, J., Golden, B. (1997). “The Generalized Traveling Salesman Problem: A New Genetic Algorithm Approach”, *Extending The Horizons: Advances In Computing, Optimization And Decision Technologies*, Vol. 37, Pp. 165–181. Heidelberg, Springer.

Shaelaiea , H., Azimib , Z., Salari, M., (2014) . “ The generalized covering traveling salesman problem”, Applied Soft Computing, Volume 24, 867–878,Elsevier

Snyder, L., Daskin, M. (2006), “A Random-Key Genetic Algorithm For The Generalized Traveling Salesman Problem”, *Eur. J. Oper. Res.* 174, 38–53.

Srivastava, S., Kumar, S., Garg, R., Sen, R. (1970). “Generalized Traveling Salesman Problem Through N Sets Of Nodes”, *Journal Of The Canadian Operational Research Society* 7, 97–101.

Sural, H., (2003)“Gezgin Satıcı Problemi”, *Matematik Dünyası Dergisi*, Güz Sayısı

Tasgetiren, M., Suganthan, P., Pan, Q.-K., (2010). “An Ensemble Of Discrete Differential Evolution Algorithms For Solvining The Generalized Traveling Salesman Problem” , *Applied Mathematics and Computation*, 215 (9), 3356-3368.

Uluşans, İ., (2010), “Yerel Tarama Ile Birleştirilmiş Kesikli Farksal Evrim Algoritması Kullanarak Genelleştirilmiş Gezgin Satıcı Probleminin Çözümü”, *Yaşar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*

X Tang, C Yang, X Zhou, W Gui, (2013), “A Discrete State Transition Algorithm For Generalized Traveling Salesman Problem”, *Arxiv:1304.7607 [Math.OC]*

Zaheed, A.Younas, I., Zahoor M., (2010), “A Novel Genetic Algorithm For GTSP”, *International Journal Of Computer Theory And Engineering*, Vol.2, No.6, December, 1793-8201

ELEKTRONİK KAYNAKLAR

Cook, W. , “Milestones in the Solution of TSP Instances”, *The Travelling Salesman*

(<http://www.math.uwaterloo.ca/tsp/history/milestone.html>) . [28.12.2014,WEB;]

Vericert, “Gıda Zincir Mağaza/Şube Ve Bayi Denetimleri”

(<http://www.vericert.com.tr/>). [29.12.2014, WEB;]

Taşkın, S. , “Zincir Mağazacılıkta Operasyonel Denetim Faaliyetleri”

(<http://www.perakende.org/guncel/zincir-magazacilikta-operasyonel-denetim-faaliyetleri-1342018036h.html>).[29.12.2014,WEB;]