

DAĞITIM VE TOPLAMA GÜZERGAHI BULMA PROBLEMİ İÇİN EVRİMSEL ALGORİTMA TABANLI SEZGİSEL YÖNTEMLERİN KARŐILAŐTIRILMASI

Erdem Demir, Haldun Süral

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliđi Bölümü 06531, Ankara

Özet: Bu çalışmada ele alınan dağıtım ve toplama güzergahı bulma problemi (DTGBP), temelde gezgin satıcı problemine (GSP) benzer. Bu problemde, GSP'den farklı olarak, müşteriler iki çeşittir: depodan ürün isteyen “dağıtım müşterileri” ve depoya ürün göndermek isteyen “toplama müşterileri”. Amaç, her müşteriye bir kez uğrayarak tüm müşterilerin isteklerini karşılayan turun maliyetini enazlamaktır. Tur sırasında araç kapasitesinin aşılmaması gerekliliği, problemi GSP'den farklılaştıran kısıttır. Bu çalışmada DTGBP için evrimsel algoritma (EA) tabanlı sezgisel yöntemler önerilmiştir. Problemin NP-zor oluşu, çözüm için yapılan çalışmaların daha çok sezgisel yöntemler üzerinde yoğunlaşmasına neden olmuştur. Çalışmamızın amacı, DTGBP için iyi işleyen bir EA yöntemi geliştirmenin yanı sıra, GSP için iyi sonuçlar veren bir EA'nın standard probleme yeni kısıtlar geldiğinde uygulanabilirliğini incelemektir. Burada temel sorun, EA adımları sırasında üretilen çözümlerin, kapasite kısıtını sağlayan çözümlere nasıl dönüştürüleceğidir. Bu bakış açısıyla, kapasite kısıtını sağlayan çözümlerin (a) birerleyerek, (b) tamir ederek, (c) baştan yapılandırılarak üretildiği üç farklı yolla birlikte kısıtın gevşetildiği ancak kısıt aşımının farklı şekillerde cezalandırıldığı iki yol daha önerilmektedir. Önerilen yöntemler bilgisayar ortamında yapılan sayısal deneylerle karşılaştırılmış ve sonuçları tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Dağıtım ve Toplama Güzergahı Bulma Problemi, Evrimsel Algoritmalar*

COMPARISON OF EVOLUTIONARY ALGORITHMS FOR TRAVELLING SALESMAN PROBLEM WITH PICKUP AND DELIVERY

Abstract: Traveling salesman problem with pickup and delivery (TSPPD) is a variation of classical Traveling Salesman Problem (TSP). Apart from TSP, there are two types of customers in this problem; “delivery customers”, demanding goods from the central depot, and “pickup customers” sending goods to depot. The objective is to minimize the cost of the tour visiting every customer node once. The main difference from TSP arises due to vehicle capacity restriction. In this study, several evolutionary algorithms (EA) are proposed for TSPPD. Due to the complexity of the problem, the research in literature mostly focuses on the heuristics. Our aim in the study is not only to propose good evolutionary algorithms for TSPPD but also to analyze the applicability of an EA, which works well for TSP, to TSP variants with additional constraints. The major difficulty here is ensuring the feasibility of solutions with regard to the capacity constraint. In this respect, three algorithms are designed where the feasibility is maintained (a) by enumeration, (b) by repairing, and (c) by construction. In two other algorithms the capacity constraint is relaxed, and infeasible solutions are penalized by different penalizing methods. The proposed methods are tested by computational experiments and results are provided.

Keywords: *Traveling Salesman Problem With Pickup and Delivery, Evolutionary Algorithms*

1. Giriş

Dağıtım ve Toplama Güzergahı Bulma Probleminde (DTGBP) her müşteri depodan belli bir miktar ürün talep ederken, aynı zamanda depoya belli bir miktar ürün göndermek ister. Müşterinin net yükünü bu iki miktar arasındaki fark belirler. Problemin amacı sabit kapasiteli bir araçla tüm müşterileri bir kez ziyaret ederek isteklerini karşılayan turun maliyetini en azlamaktır. Toplam dağıtım yükünün, toplama yüküne eşit olduğu durumlarda problemin çözümü zorlaşır. Problem, bira ve meşrubat dağıtımı (Gendreau ve diğerleri,1999), market dağıtım hattı tasarımı (Anily ve Mosheiov,1994), engelli çocukların taşınması (Mosheiov,1994), UPS, Fedex gibi posta şirketi araçlarının rotalanması (Süral ve Bookbinder, 2003) gibi durumlarda ortaya çıkar.

Çok araçlı dağıtım ve toplamalı güzergah bulma problemi (ÇDTGBP) önce grupla sonra rotala yaklaşımıyla ele alındığında her alt grup için bir DTGBP çözülür. Literatürde bu problem ve türevleri sıkça işlenmiştir, detaylı bir analiz için Nagy ve Salhi (2004)'e başvurulabilir. Probleme toplama müşterilerinin dağıtım müşterilerinden sonra ziyaret edilme zorunluluğu eklendiğinde, problem “Sonunda

toplamlı gezgin satıcı problemi”ne dönüşür. Literatürde, bu problem için göreceli olarak daha fazla çalışma vardır (bkz. Süral ve Bookbinder, 2003; Toth ve Vigo, 1999).

DTGBP’nin NP-zor oluşu, literatürde geçen çalışmaların sezgisel yöntemler üzerine yoğunlaşmasına neden olmuştur. Mosheiov (1994)’un önerdiği optimal turda dağıtım ve toplama ve en ucuz olurlu ekleme ve Anily ve Mosheiov’un önerdiği 2MST sezgisel yöntemi, klasik GSP sezgisel yöntemlerinin DTGBP’ye uyarlanmasıdır. Gendrau ve diğerleri (1999), bir çember üzerinde optimal dağıtım toplama güzergahını bulmaya dayanan sezgisel ve Tabu arama yöntemlerinin önceki yöntemlerden daha iyi sonuçlar verdiğini rapor etmektedir. Kesin sonuç veren algoritmalara Baldacci ve diğerlerinin (2003) geliştirdiği dal-kes yöntemi örnek olarak verilebilir.

EA’ların GSP’ye uygulanışının birçok örneği olsa da (Rego ve Glover, 2002), DTGBP için önerilmiş EA örneğiyle henüz karşılaşmamıştır. Halihaızrdaki GSP gibi standart problemler için iyi çalışan geleneksel sezgisel yöntemlerin varlığı nedeniyle, meta-sezgisel yöntemlerin fazladan başka kısıtlar içeren GSP problemlerine odaklanması gerekliliğine inanıyoruz. Çalışmamızda, daha önce GSP için önerilmiş iyi çalışan bir EA yöntemini, DTGBP için uyguladık. Burada, üstesinden gelinmesi gereken en önemli sorun, çözümdeki bireylerin kapasite olurluluğunun sağlanmasıydı. Bu çalışmanın temel motivasyonu olurluluğun EA için önemini incelemek ve çeşitli olurlu hale getirme yöntemlerinin performanslarını karşılaştırmak olarak ifade edilebilir.

3. Önerilen Evrimsel Algoritma Yöntemleri

Çalışmada önerilen EA’ların temelini Sönmez (2002)’de GSP için geliştirilen yöntem oluşturmaktadır. Sönmez geleneksel GSP sezgisel yöntemlerini EA çiftleştirme işlemcisi olarak kullanmıştır. Önerdiğimiz yaklaşımlarda, bu çalışmanın bulgularını ve önerdiği yöntemi girdi olarak kullandık. Örneğin, boyutu 50’den fazla olan problemler için EA kapsamında, toplumda 100 birey bulunması yeterli bulunmuştur. Önerdiğimiz EA’larda ilk 100’lük toplum rassal üretilir ve sabit durumlu üreme yöntemi kullanılmıştır. Ebevyn seçimi ise çizgisel iyilik yöntemine göre gerçekleştirilir (Reeves, 1995). Seçilen bireylerin oluşturduğu bileşim çizgesinde, “en yakın komşu” sezgisel yöntemiyle iki yeni birey yaratılır. Tur maliyetine göre dizilen ebevynler ve yeni bireylerden en iyi ikisi topluma katılırken geri kalanı atılır.

Algoritmaların ilki (EA1) tüm birey çiftlerini ve rassal başlangıç noktalarını, iki olurlu birey üretene kadar birerler. İkinci algoritma (EA2), çiftleştirme işlemcisine eklenen olurlu en yakın komşuya gitme koşuluyla olurlu bireyleri baştan inşa eder. Üçüncü algoritma (EA3), Mosheiov’un (1994) ispatladığı her turda sadece deponun yerini değiştirerek turu olurlu hale getirebilme özelliğini kullanarak üretilen olursuz bireylerin tamir edildiği bir algoritmadır.

Bunların dışında, olursuz bireylerin topluma kabul edildiği yalnız çekiciliklerinin ceza fonksiyonlarıyla azaltıldığı algoritmalar da önerilmiştir. Bunların ilkinde (EA4), olursuz bireyin cezalandırılmış tur maliyeti üçüncü algoritmadaki tamir yöntemiyle onarılmış halinin tur maliyeti olarak alınır. Beşinci ve son algoritma (EA5) ise, Coit ve diğerlerinin (1996) önerdiği kendinden uyumlu cezalandırma fonksiyonunu kullanır.

4. Deneysel Çalışma

Önerilen algoritmaları karşılaştırmak için, literatürden boyutları 20 - 151 arasında değişen 20 problem seçilmiştir. Her problemde bazı müşteriler rassal olarak toplama müşterisi kabul edilmiştir. Ayrıca, problemde toplam toplama yükü, toplam dağıtım yüküne eşitlenmiştir. Her problem için beş algoritma, (a) ilk toplum bireylerinin hepsinin olurlu olduğu; (b) yarısının olurlu olup yarısının rassal üretildiği; (c) hepsinin rassal üretildiği üç farklı düzende, bilgisayar ortamında test edildi. 2000, 8000 gibi sabit kuşak sayıları durma ölçütü olarak alındı. Ayrıca toplumdaki en iyi olurlu bireyin 15000 kuşak boyunca değişmemesiyle (SE, sabit eniyi) duran bir ölçüt de denendi.

Tablo 1. Algoritma sonuçlarının optimal GSP sonuçlarından sapması (%)

	EA1*			EA2			EA3			EA4			EA5		
	2000	8000	SE	2000	8000	SE	2000	8000	SE	2000	8000	SE	2000	8000	SE
Olurlu	5,27	5,01		5,74	4,40	3,91	4,91	4,21	3,94	5,28	4,58	4,33	16,63	6,46	6,31
Yarı olurlu	5,33	5,06		5,75	4,43	3,86	4,96	4,13	3,93	5,24	4,50	4,29	14,10	6,54	6,35
Rassal	5,40	5,09		5,85	4,44	3,82	4,87	4,31	3,96	5,17	4,49	4,20	10,59	6,66	6,53

*Uzun işlem süresi gerektiren EA1 için SE denenmemiştir.

Tablo.1’de tüm problemlerin 30 rassal sayı dizisi için optimal GSP sonuçlarından sapma ortalamaları verilmiştir. Tablo.2’de algoritmaların çözüm süreleri verilmiştir.

Tablo 2. Algoritmaların çözüm süreleri (sn.)

	EA1		EA2			EA3			EA4			EA5		
	2000	8000	2000	8000	SE	2000	8000	SE	2000	8000	SE	2000	8000	SE
Olurlu	9,43	19,83	0,57	2,24	8,59	0,55	2,12	6,42	0,51	1,95	5,39	0,97	3,75	8,12
Yarı olurlu	9,33	20,48	0,57	2,24	8,30	0,55	2,12	6,20	0,51	1,95	5,43	1,39	4,24	8,64
Rassal	9,70	19,53	0,57	2,24	8,19	0,55	2,12	6,32	0,51	1,95	5,67	1,69	4,38	8,72

5. Sonuç ve Öneriler

Üç farklı ilk toplum düzeni, erken ve daha geç durma koşullarında ANOVA yardımıyla karşılaştırıldı. İlk toplum düzeninin genel olarak önemsiz olduğu ortaya çıktı. Sadece EA5’de erken durulduğunda, ilk toplumun tümünün rassal üretildiği durum diğerlerine göre daha iyi sonuçlar verdi. EA1’in işlem süresi, olursuz bireyler için harcanan zaman nedeniyle diğerlerine göre daha uzun çıktı. Beş algoritmayı karşılaştırmak için Tamhane’in T2 testi, her durma koşulu için kullanıldı. $\alpha=0,05$ için oluşan gruplar aşağıda verilmiştir.

Tablo 3. Tamhane test sonucunda farklı gruplar

	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup
2000	EA3-EA4	EA4-EA1	EA1-EA2	EA5
8000	EA3-EA2-EA4	EA1	EA5	
SE	EA2-EA3-EA4	EA5		

Cezalandırma yöntemleri arasında olurlu çözüm kümesine uzaklığı belirtmek için kullanılan yöntemlerin farklılığı sonuçlara yansımıştır. EA5’te kullanılan kısıt aşımı metriği, tamir edilmiş bireyin maliyetini iyilik değeri olarak kullanmaya göre daha kötü sonuçlar üretmiştir. Ayrıca algoritmalar yeterince uzun süre çalıştırılınca, olursuz bireylerin toplumda yer aldığı ve uygun bir metrikle cezalandırıldığı yöntemle, sadece olurlu bireyleri barındıran toplumla ilerleyen yöntemler arasında istatistiki açıdan önemli bir fark gözlenmemiştir. Ancak, EA2, EA3, ve EA4 yöntemlerinin zaman ve çözüm kalitesi açısından daha iyi sonuçlar verdiği söylenebilir.

Kaynaklar

- Anily, S. ve Mosheiov, G.**, The traveling salesman problem with delivery and backhauls, *Operations Research Letters*, 16, 11-18, 1994.
- Baldacci, R., Hadjiconstantinou, E., Mingozi, A.**, An exact algorithm for the traveling salesman problem with deliveries and collections, *Networks*, 42(1), 26-41, 2003.
- Coit, D.W., Smith, A.E., Tate, D.M.**, Adaptive penalty methods for genetic optimization of constrained combinatorial problems, *Journal on Computing*, 8(2), 173-182, 1996.
- Gendreau, M., Laporte, G., Vigo, D.**, Heuristics for the traveling salesman problem with pickup and delivery, *Computers and Operations Research*, 26, 699-714, 1999.
- Mosheiov, G.**, The travelling salesman problem with pick-up and delivery, *European Journal of Operational Research*, 79, 299-310, 1994.
- Nagy, G. ve Salhi, S.**, Heuristic algorithms for single and multiple depot vehicle routing problems with pickups and deliveries, *European Journal of Operational Research*, basım aşamasında.
- Sönmez, M.**, An evolutionary approach to TSP: crossover with conventional heuristics, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, Ocak 2003.
- Reeves, C.R.**, A genetic algorithm for flowshop sequencing, *Computers and Operations Research*, 22, 5-13, 1995.
- Rego, C. ve Glover, F.**, Local search and metaheuristics: G. Gutin, A.P. Punnen, (Editörler), *The Traveling Salesman Problem and Its Variations (Kluwer Academic Publishers)*, Bölüm 8, 2002.
- Süral, H. ve Bookbinder, J.H.**, The single-vehicle routing problem with unrestricted backhauls, *Networks*, 41(3), 127-136, 2003.
- Toth, P. ve Vigo, D.**, A heuristic algorithm for the symmetric and asymmetric vehicle routing problems with backhauls, *European Journal of Operational Research*, 113, 528-543, 1999.