

YEREL ARAMA YÖNTEMLERİNDE YÖRE YAPISI : ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİNE BİR UYGULAMA

Çiğdem Alabaş, Berna Dengiz

Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06570, Ankara

Özet: Araç rotalama problemi, araç kapasitesi kısıtı altında toplam yolculuk maliyetini enküçükleyecek şekilde filodaki her aracın hangi müşterilere hangi sırada hizmet vereceğinin belirlenmesi olarak tanımlanmaktadır. Problemin NP-zor yapısı ve uygulama alanının geniş olması uzun yıllardır hem araştırmacıların hem de uygulamacıların ilgisini çeken bir problem olmasına yol açmıştır. Bu çalışmada, yerel aramaya dayalı yöntemler arasında olan tabu arama ve tavlama benzetimi algoritmalarında kullanılan yöre yapısının, bu algoritmaların araç rotalama problemini çözmedeki performanslarına yaptığı katkı araştırılmaktadır. Araç rotalama problemi için önerilen yeni yöre yapısının tabu arama ve tavlama benzetimi algoritmalarının çözüm kalitesini artırdığı seçilen test problemleri üzerinde gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Araç Rotalama Problemi, Tabu Arama, Tavlama Benzetimi, Yöre Yapısı

1. Giriş

Bu çalışmanın amacı, yerel aramaya dayalı algoritmalar arasında yer alan tabu arama (TA) ve tavlama benzetimi (TB) algoritmalarının araç rotalama (AR) problemini çözmedeki performanslarını artırmaktır. Bu amaçla, her iki algoritma için de zengin bir yöre yapısı önerilmiştir. Önerilen zengin yöre yapısını kullanan TA ve TB algoritmaları Taillard (1993)'de verilen AR test problemleri üzerinde denenmiş ve yeni yöre yapısının, hem TA hem de TB algoritmasının etkinliğini artırdığı gösterilmiştir.

İlk kez 1959 yılında Dantzig ve Ramser tarafından tanımlanan AR problemi günümüze kadar üzerinde en çok durulan problemlerden birisi olmuştur. Klasik AR probleminde, aynı tip ve kapasiteye sahip olan homojen bir araç filosu, merkezi bir depodan (dağıtım merkezinden) hareket ederek talepleri önceden bilinen bir grup müşteriye hizmet vermektedir. Bu problemde, her müşteri sadece bir araçtan hizmet almakta ve her araç sadece bir rota izlemektedir. Araçlar için kapasite kısıtının yanı sıra, araçların depodan hareket edip rotanın sonunda depoya geri dönmesi zorunluluğu vardır. Söz konusu koşullar altında toplam yolculuk maliyetini enküçükleyen rotalar kümesinin bulunması amaçlanmaktadır. AR, üzerinde en çok durulan ve en çok çalışılan NP-zor birleşti eniyileme problemlerinden birisidir. Ayrıca, dağıtım (veya toplama) maliyetlerinin toplam lojistik maliyetinden büyük bir pay alması nedeniyle, AR dağıtım yönetimi ve lojistik alanında da önemli bir rol oynamaktadır. AR problemleri için önerilen çözüm yöntemleri, kesin ve yaklaşık algoritmalar olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Kesin yaklaşımlar ise kendi içinde, dal-ve-sınır, dal-ve-kesme, dinamik programlama ve tamsayı programlama olmak üzere dört sınıfa ayrılmaktadır. Laporte vd. (1985, 1986), Christofides vd. (1981), Fisher (1994), Miller (1995) dal-ve-sınır algoritmaları geliştiren yazarlar arasındadırlar. Cornuéjols ve Harche (1993), Bard vd. (1998) ve Corberan vd. (2001) çeşitli AR problemleri için dal-ve-kesme algoritmaları önermişlerdir. Elion vd. (1971) ise AR için dinamik programlama konusunda çalışmıştır. Son olarak, Bramel ve Simchi-Levi (1997), Vanderbeck ve Wolsey (1996), Mbraga vd. (1999) küme paylaşırma yaklaşımını kullanan tamsayı programlama yöntemleri açıklamışlardır.

AR için yaklaşık algoritmalar, Clark ve Wright (1964) ve Gillet ve Miller (1974) tarafından önerilen basit sezgisel yöntemlere kadar uzanan derin bir geçmişe sahiptir. Son on yılda ise, TA, TB ve genetik algoritmalar gibi modern sezgisel yöntemlerin AR probleminin çözümünde yaygın olarak kullanıldığı ve oldukça başarılı sonuçların elde edildiği görülmektedir. Modern sezgisel yöntemleri kullanan çalışmalara bazı örnekler şöyle verilebilir: Gendreau vd. (1999), Taillard (1993), Xu ve Kelly (1996), Rego (2001) TA kullanan çalışmalardır. Osman (1993), Alfa vd. (1991) AR için TB yöntemini kullanırken, Chen vd. (1998) genetik algoritma önermişlerdir.

2. AR Problemi için Tabu Arama, Tavlama Benzetimi Algoritmaları ve Sonuçlar

Bu çalışmanın ana konusu olan AR problemi için TA ve TB algoritmalarında yöre yapısı altbaşlıklar halinde açıklanmaktadır.

2.1. Çözüm Gösterimi ve Mümkünlüğü

AR problemi için bir çözüm noktası, v_i ($i = 0, \dots, n$) düğümlerinin bir sıralaması olarak gösterilmiştir. Bu sıralamada depo düğümü ($i = 0$), K araç (veya rota) sayısı olmak üzere, $K+1$ sayıda kullanılmaktadır.

TA ve TB algoritmaları arama uzayında mümkün olmayan (*infeasible*) çözümleri de arayabilmektedirler. Bunun için amaç fonksiyonu, araç kapasite kısıtını aşan çözümler için bir ceza terimi içermektedir. $OC(X)$, X çözümün yol açtığı toplam kapasite aşımının değerini gösterebilir. Buna göre değiştirilmiş amaç fonksiyonu 1 eşitliği kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu eşitlikteki P değeri ise ceza katsayısını göstermektedir. TA ve TB algoritmalarında P değeri, PL ve PU alt ve üst sınırları arasında değişen dinamik bir değişken olarak kullanılmaktadır. Alt ve üst sınır değerlerine göre P ceza katsayısının hesaplanması 2 eşitliğinde verilmektedir.

$$f'(X) = f(X) + OC(X) \times P \quad (1)$$

$$P = \begin{cases} P + 0.0005 & \text{if } P < PU \\ P = PL & \text{aksihalde} \end{cases} \quad (2)$$

TA ve TB ceza katsayısındaki sistematik değişim sayesinde arama uzayının mümkün ve mümkün olmayan bölgelerini araştırabilmektedirler. Bu çalışmada PL ve PU sınır değerleri deneysel çalışma sonucunda, sırasıyla, 0.3 ve 3.0 olarak belirlenmiştir.

2.2. Hareket Mekanizması

Bu çalışmanın en önemli noktası AR problemleri için henüz kullanılmamış bir yöre yapısının TA ve TB algoritmalarında uygulanması ve zenginleştirilmiş yöre yapısının yerel aramaya dayalı bu iki algoritmanın performansına katkısının araştırılmasıdır. TA ve TB algoritmalarında mevcut çözüm üzerinde aşağıda tanımlanan hareket tipleri kullanılarak bu çözümün geniş ve zengin bir yöresi elde edilmektedir.

Komşu değişim - KD: Çözüm noktasında yan yana olan iki elemanın yerleri değiştirilir

İkili değişim - İD: Çözüm noktasındaki herhangi iki elemanın yerleri değiştirilir

Tekli değişim - TD: Çözüm noktasındaki bir eleman farklı iki elemanın arasına yerleştirilir

Blok değişim - BD: Çözüm noktasındaki bir altsıralama farklı iki elemanın arasına yerleştirilir

Ters sıralama - TS: Çözüm noktasındaki bir altsıralamadaki elemanlar ters sırada yerleştirilir

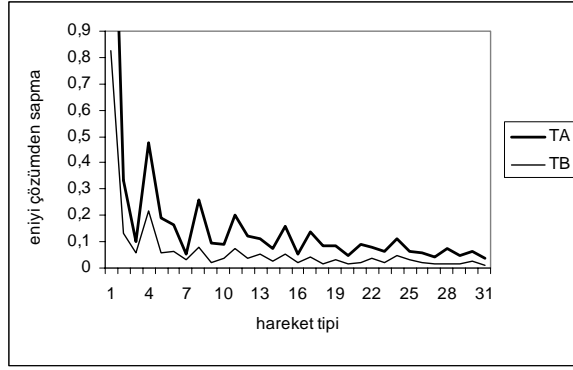
Şekil 1'de yukarıda verilen 5 hareket tipi örneklerle açıklanmaktadır. Her ne kadar bu hareket tipleri literatürde başka problemler için daha önce kullanılmış olsa da, AR problemleri için farklı hareket ve seçim mekanizmalarının karşılaştırılması daha önce çalışılmamıştır.

X	$= [0\ 9\ 3\ 1\ 5\ 0\ 2\ 7\ 6\ 0\ 4\ 10\ 8\ 0]$	X	$= [0\ 9\ 3\ 1\ 5\ 0\ 2\ 7\ 6\ 0\ 4\ 10\ 8\ 0]$
KD(X)	$= [0\ 9\ 3\ 1\ 5\ 0\ 2\ 7\ 6\ 0\ 4\ 10\ 8\ 0]$	BD(X)	$= [0\ 9\ 0\ 2\ 3\ 1\ 5\ 7\ 6\ 0\ 4\ 10\ 8\ 0]$
X	$= [0\ 9\ 3\ 1\ 5\ 0\ 2\ 7\ 6\ 0\ 4\ 10\ 8\ 0]$	X	$= [0\ 9\ 3\ 1\ 5\ 0\ 2\ 7\ 6\ 0\ 4\ 10\ 8\ 0]$
İD(X)	$= [0\ 9\ 4\ 1\ 5\ 0\ 2\ 7\ 6\ 0\ 3\ 10\ 8\ 0]$	TS(X)	$= [0\ 9\ 3\ 1\ 7\ 2\ 0\ 5\ 6\ 0\ 4\ 10\ 8\ 0]$
X	$= [0\ 9\ 3\ 1\ 5\ 0\ 2\ 7\ 6\ 0\ 4\ 10\ 8\ 0]$		
TD(X)	$= [0\ 9\ 3\ 1\ 0\ 2\ 7\ 6\ 0\ 4\ 5\ 10\ 8\ 0]$		

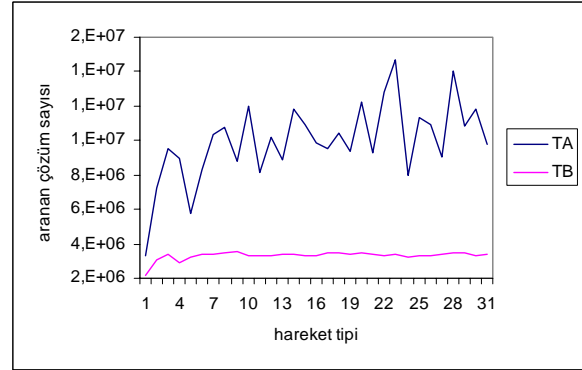
Şekil 1. TA ve TB için hareket tipleri

Tanımlanan hareket tiplerinin TA ve TB algoritmalarının AR problemleri üzerindeki performanslarına katkılarını görebilmek amacıyla bir deneysel çalışma düzenlenmiştir. Bu hareket tiplerinin 31 kombinasyonu bulunmaktadır. TA ve TB algoritmaları küçük, orta ve büyük boyutlu AR problemleri üzerinde her hareket kombinasyonu ile ayrı ayrı olmak üzere 10'ar kez çalıştırılmışlardır. Dikkate alınan performans ölçütleri ise, ele alınan problemler için bilinen en iyi çözümün amaç değerinden sapma (ES) ve algoritmanın en iyi çözümü bulana kadar aradığı çözüm sayısıdır (AÇS).

Elde edilen sonuçlara göre, birlikte kullanılan hareket tipinin sayısı arttıkça hem TA hem de TB algoritmasının buldukları çözümlerin kalitesi de yükselmekte, dolayısıyla en iyiden sapma (ES) oranları azalmaktadır. Ayrıca, hareket tipindeki artışla birlikte algoritmaların en iyi çözüm bulunana kadar aradıkları çözüm sayısında da artış gözlenmektedir. Ancak TA, TB algoritmasından daha fazla sayıda çözüm noktasını aramaktadır. Elde edilen sonuçlar, yerel aramaya dayalı olan TA ve TB algoritmalarının zengin bir yöre yapısıyla arama uzayını daha detaylı araştırdıklarını ve böylece daha kaliteli çözümlere ulaştıklarını göstermektedir. Şekil 2 ve 3'te verilen bu sonuçları doğrulamaktadır.



Şekil 2. TA ve TB için hareket tipindeki artışa karşı ES performansındaki artış



Şekil 3. TA ve TB için hareket tipindeki artışa karşı AÇS artışı

Kaynaklar

- Alfa, A.S., Heragu, S.S. ve Chen, M.** (1991). A 3-opt based simulated annealing algorithm for vehicle routing problems. *Computers & Industrial Engineering*, 21, 635-639.
- Bard, J.F., Liu, H., Moshe, D. ve Patrick, J.** (1998). Branch ve cut algorithm for the vehicle routing problem with satellite facilities. *IIE Transactions*, 30(9), 821-834.
- Bramel, J. ve Simchi-Levi, D.** (1997). On the effectiveness of the set partitioning formulation for the vehicle routing problem. *Operations Research*, 45, 295-301.
- Chen, X. Wan, W. ve Xu, X.** (1998). Modeling rolling batch planning as vehicle routing problem with time windows. *Computers & Operations Research*, 25(12), 1127-1136.
- Christofides, N., Mingozzi, A. ve Toth, P.** (1981). Exact algorithms for the vehicle routing problem based on the spanning tree ve shortest path relaxations. *Mathematical Programming*, 20, 255-282.
- Clarke, G. ve Wright, J.W.** (1964). Scheduling of the vehicles from a central depot to a number of delivery points. *Operations Research*, 12, 568-581.
- Corberán, A., Letchford, A.N. ve Sanchis, J.M.** (2001). A cutting plane algorithm for the general routing problems. *Mathematical Programming* (ser. A). DOI=10.1007/s101070100219
- Cornuéjols, G. ve Harche, F.** (1993). Polyhedral study of the capacitated vehicle routing problem. *Mathematical Programming*, 60(1), 21-52.
- Dantzig, G.B. ve Ramser, J.H.** (1959). The truck dispatching problem. *Management Science*, 6, 80-91.
- Eilon, S., Watson-Gvey, L.D.T ve Christofides, N.** (1971). *Distribution management: mathematical programming ve practical analysis*. Griffin, London.
- Fisher, M.L.** (1994). Optimal solution of vehicle routing problems using minimum k-trees. *Operations Research*, 42, 626-642.
- Gendreau, M., Laporte, G., Musaraganyi, C. ve Taillard, E.D.** (1999). A tabu search heuristic for the heterogeneous fleet vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, 26, 1153-1173.
- Gillett, B.E. ve Miller, L.R.** (1974). A heuristic algorithm for the vehicle dispatch problem. *Operations Research*, 22, 240-349.
- Laporte, G., Mercure, H. ve Nobert, Y.** (1986). An exact algorithm for the asymmetrical capacitated vehicle routing problem. *Networks*, 16, 33-46.
- Laporte, G., Nobert, Y. ve Desrochers, M.** (1985). Optimal routing under capacity ve distance restrictions. *Operations Research*, 33, 1050-1073.
- Mbaraga, P., Langevin, A. ve Laporte, G.** (1999). Two exact algorithms for the vehicle routing problem on trees. *Naval Research Logistics*, 46(1), 75-89.
- Miller, D.L.** (1995). A matching based exact algorithm for the capacitated vehicle routing problems. *ORSA Journal on Computing*, 7(1), 1-9.
- Osman, I.H.** (1993). Metastrategy simulated annealing ve tabu search algorithms for the vehicle routing problem. *Annals of Operations Research*, 41, 421-451.
- Rego, C.** (2001). Node-ejection chains for the vehicle routing problem: sequential ve parallel algorithms. *Parallel Computing*, 27, 201-222.
- Taillard, E.D.** (1993). Parallel iterative search methods for vehicle routing problems. *Networks*, 23, 661-673.
- Vveerbeck, F. ve Wolsey, L.A.** (1996). An exact algorithm for IP column generation. *Operations Research Letters*, 19, 151-159.
- Xu, J. ve Kelly, J.P.** (1996). A network flow-based tabu search heuristic for the vehicle routing problem. *Transportation Science*, 30, 379-393.