

Odun Hammaddesi Taşımacılığında Meta-Sezgisel Yöntemlerin Kullanımı

Erhan ÇALIŞKAN

AÇÜ Orman Fakültesi, 08000 Artvin

H. Hulusi ACAR

KTÜ Orman Fakültesi, 61080 Trabzon

Abdullah E. AKAY

KSÜ Orman Fakültesi, 46060 Kahramanmaraş

Geliş Tarihi:10.07.2009

ÖZET

Ülkemiz ormancılığında asli ürün, odun hammaddesidir. Dolayısıyla bu ana ürünün kalite ve miktar kaybına uğramadan depolara ve oradan da tüketiciye ulaştırılması için bir işlem organizasyonu gerekmektedir. Bu organizasyon meşcerede, kesim anından başlayıp yol kenarı depolarına ya da rampalara oradan da ana depolara ve hatta fabrikalara kadar devam eder. Oldukça karmaşık bir yapıya sahip olan bu problemin çözümünde, taşımada en uygun güzergâhın araştırılmasını amaçlayan bilgisayar destekli modeller kullanılabilir. Bu çalışmada, odun hammaddesi taşımalarının önemi ve ülkemizdeki durumu, odun hammaddesi taşımalarının sınıflandırılması, bilgisayar destekli sezgisel ve meta-sezgisel yöntemler ve bu yöntemlerin odun hammaddesi taşımalarında kullanım olanakları üzerine bir değerlendirme yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Organizasyon, sezgisel ve meta-sezgisel yöntemler, odun hammaddesi taşımacılığı

A Meta-Heuristic Applying for the Transportation of Wood Raw Material

ABSTRACT

Primary products in Turkish forestry are wood material. Thus, an operational organization is necessary to transport these main products to depots and then to the consumers without quality and volume loss. This organization starts from harvesting area in the stand and continues to roadside depots or ramps and to main depots and even to manufactures from there. The computer-assisted models, which aim to examine the optimum path in transportation, can be utilized in solving this quite complex problem. In this study, an evaluation has been performed in importance and current status of transporting wood material, classification of wood transportation, computer-assisted heuristic and meta-heuristic methods, and possibilities of using these methods in transportation of wood materials.

Key Words: Organization, heuristic and meta-heuristic methods, transportation of wood material

GİRİŞ

Ülkemizde odun hammaddesinin orman yolları ve kısmen de karayolları üzerinde taşınması kamyon veya traktör-treylerle yapılmaktadır. Ülkemizde odun hammaddesinin rampalardan ya da ara depolardan son depo ve fabrikalara taşınmasında en fazla tercih edilen araç tipi kamyonlardır. Daha çok kısa tomruk, kâğıtlık odun, sanayi odunu ve maden direği gibi odun hammaddesinin taşınmasında kullanılan bu araçlar iki veya üç aksa sahiptirler. Taşıma işlerinde çoğunlukla yerel halkın mülkiyetinde olan araçlar kullanılmaktadır. Taşıma araçları genelde kooperatif üyelerine ait olup taşıma işleri, orman işletme ve kooperatif yöneticileri arasında varılan anlaşmalar uyarınca gerçekleştirilmektedir.

Odun hammaddesi taşımalarının, optimum faydalanmayı sağlayacak şekilde, yani odunun nitelik ve niceliğini koruyarak yapılması gereklidir. Bu aynı zamanda ormancılık bilim ve tekniğinin de amaçlarındandır. Bu amacın gerçekleştirilmesi; odun hammaddesinden faydalanma zamanı geldiğinde, onun uygun bir teknikle yetiştirme muhitinden alınıp toplumun ihtiyaçlarını karşılamak üzere tüketim merkezlerine hiç zarar görmeden ulaştırılmasıyla mümkün olur.

Ülkemizde 1m³ odun hammaddesinin üretiminde yıllık taşıma maliyet giderleri, genel üretim giderlerinin %56'sını kapsamaktadır (OÖİKR, 2006; OGM, 2006). 2006 yılı itibarıyla genel üretim giderleri 400

000 000 YTL olarak gerçekleşmiş ve genel işletme harcamalarının %43'ünü oluşturmuştur (OGM, 2006).

Ülkemizde odun hammaddesi maliyetleri dünya ortalama maliyetlerinin üstünde gerçekleşmektedir. Örneğin, üretim giderleri ve bunların içinde yol kenarından depoya taşıma oldukça yüksek değerlerdedir (OÖİKR, 2006).

Küreselleşmenin de etkisiyle giderek artan rekabet koşulları altındaki günümüz pazarları, orman işletmelerini; tüketici isteklerine çok daha hızlı uyum sağlayabilmeye, daha kaliteli odun hammaddesini daha düşük fiyatlara satmaya zorlamaktadır. Orman İşletmeleri bu rekabet ortamında maliyetlerini sürekli olarak en alt seviyelere çekmeye çalışmaktadır. İşletmelerin önemli maliyet kalemlerinden birini taşıma maliyetleri oluşturmaktadır.

Kooperatiflere ait araçlarla satış depolarına odun hammaddesini ulaştıran orman işletmeleri açısından taşıma maliyetlerinin en aza indirilmesi oldukça önemlidir. Taşıma işleminde en önemli olan ise araçların, odun hammaddesini rampalardan ya da ara depolardan satış depolarına ulaştırmada izleyecekleri minimum maliyetli optimum güzergâhların belirlenmesidir. Sonuç olarak, en az maliyetli optimum taşıma güzergahının belirlenmesi ülke ekonomisi açısından giderek artan bir öneme sahiptir (Akay ve Erdaş, 2007).

Orman ürünlerinin taşınmasında kullanılan geleneksel yöntemler optimum taşıma güzergahının belirlenmesinde yetersiz kaldığından, bu problemi çözmek için bilgisayar destekli modeller geliştirilmiştir. Bu modellerden yaygın olarak kullanılanlar arasında MINCOST (Schnelle, 1980), NETCOST (Weintraub ve Dreyfus, 1985), NETWORK (Sessions, 1985), FORPLAN (Johnson ve ark., 1987), SPECTRUM (USDA Forest Service, 1998) ve NETWORK 2000 (Chung ve Sessions, 2000) yer almaktadır. Bu modellerde kullanılan optimizasyon yöntemleri arasında sezgisel ve meta-sezgisel yaklaşımlar daha yaygın olarak

uygulama alanı bulmuştur. Özellikle meta-sezgisel yöntemler odun hammaddesi taşınması uygulamalarında son dönemlerde pek çok ülkede pratiğe aktarılmıştır.

Bu çalışmada, odun hammaddesi taşınmasının önemi ve ülkemizdeki durumu, odun hammaddesi taşınmasının sınıflandırılması ile sezgisel ve meta-sezgisel yöntemler tanıtarak, bu tekniklerin odun hammaddesi taşınmasında kullanımları üzerine bir değerlendirme yapılmıştır.

Ormancılıkta Odun Hammaddesi Taşınmasının Önemi ve Ülkemizdeki Durumu

Ormancılıkta odun hammaddesi taşıma çalışmaları, yol ve taşıma araçlarının gelişmesi ile ilgili olması yanında, üretimi tüketime bağlayan bir köprü olması nedeniyle de ekonominin önemli bir parçası durumuna gelmişlerdir (Acar, 2004). Odun hammaddesinin taşınması için mutlaka bir orman yol ağı ve taşıma planına ihtiyaç duyulmaktadır. Orman alanlarının genellikle dağlık arazi üzerinde bulunması taşımanın önemini daha da arttırmaktadır (Demir, 1997).

Ormancılık faaliyetlerinde orman yolları en önemli alt yapı tesislerinden birini oluşturmaktadır. Orman yolu yapım ve bakım maliyetleri oldukça yüksek değerlere ulaşmaktadır. Orman yolu sanat yapıları ve bakım çalışmaları da dikkate alındığında ülkemizde her yıl yaklaşık olarak 50 milyon YTL orman yolu yapımı ve bakımı için harcanmaktadır. Bu rakamlar OGM yıllık bütçesinin %20-25 gibi bir oranını oluşturmaktadır (Acar, 2005).

Dağlık arazideki ormanların işletilmesi, büyük ölçüde taşıma imkânlarının etkisi altında bulunmaktadır. Dağlık arazideki ormanlardan ekonomik bakımdan faydalanma yanında ormanların korunması, yeniden gençleştirilmesi ve tesisi imkânları geniş ölçüde taşıma problemi ile ilgilidir. Bu nedenle taşıma yöntemlerinin geliştirilmesi ve maliyetlerinin azaltılması, bu tip orman arazisinde en önemli isteklerden birisidir.

Burada amaçlanan; ormandan elde edilen ürünlerin süratle pazara taşınmasını sağlamak ve böylece verimi artırmak, ayrıca belirlenecek uygun yöntemlerle mevcut ormanların ve ürünlerin ekonomik olarak zarar görmesini engellemektir. Ülkemizde Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından hazırlanan 2006 yılı genel üretim giderleri değerleri Tablo 1’de verilmiştir (OGM, 2006).

Tablo 1 OGM 2006 yılı genel üretim giderleri içinde taşıma giderlerinin yeri

GİDERLER	2006 yılı ödeneği (YTL)
Ölçme ve Diğer Giderler	20 115 000
Kesme Tomruklama Giderleri	84 153 000
Ardaklanmayı Önleme Giderleri	101 000
Sürütme ve Toplama Giderleri	143 565 000
Taşıma Giderleri	80 378 000
İstif Giderleri	14 678 000
Tasnif ve Depolama Giderleri	15 021 000
İstihkak Fazlaları	27 061 000
Yükleme Giderleri	14 928 000
Genel Üretim Giderleri	
Toplamı	400 000 000

(1 USD=1,2 YTL)

Ülkemizde toplam 21,2 milyon ha (%27) orman alanı bulunmaktadır. Bu alanlarda devlet tarafından yıllık ortalama değerler olarak 9 milyon m³ endüstriyel odun ve 5 milyon m³ yakacak odun üretimi gerçekleştirilmektedir. Özel sektör üretimi ise yaklaşık 3,5 milyon m³ olarak gerçekleşmektedir. Toplam üretim miktarı ise yaklaşık olarak 17,5 milyon m³ tür. 2006 yılında odun hammaddesinin orman yolu üzerindeki taşınması için harcanan miktar ise 80 378 000 YTL’dir. Bu giderin azaltılması için odun hammaddesinin taşınmasında meta-sezgisel tekniklerin kullanımı kaçınılmaz bir durum haline gelmiştir. Günümüzde bu konuda kabul görmüş ve kullanılmakta olan belirli bir yöntem bulunmamaktadır.

Genel üretim giderleri toplamı 400 000 000 YTL’dir. Genel üretim giderlerinden sürütme ve orman yolu üzerinde taşıma 223 943 000 YTL olup burada doğrudan taşıma faaliyetleri genel üretim giderlerinin %56’ sına karşılık gelmektedir. Bu bağlamda odun hammaddesi

üretimi ve yollar üzerinde taşınmasının çok zor ve aynı zamanda pahalı bir yöntem olduğu açıktır.

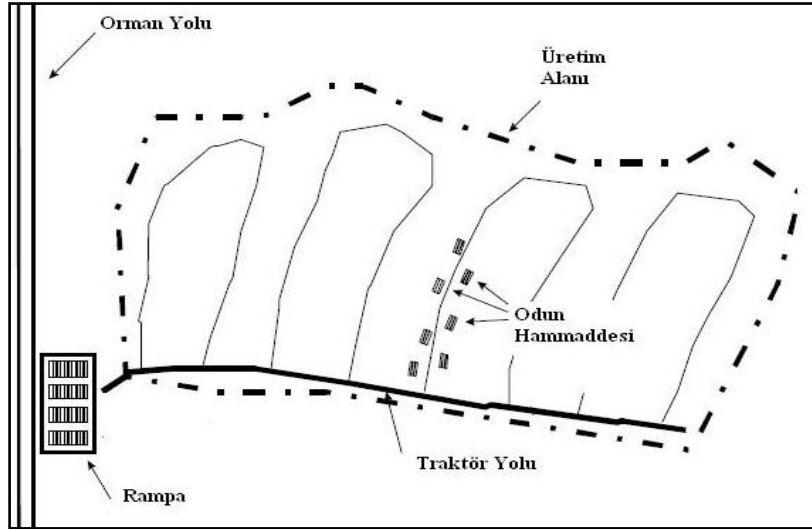
Ormanlıkta Odun Hammaddesi Taşınmasının Sınıflandırılması

Odun hammaddesi üretiminde uygulanan işlemlerin özellikleri dikkate alındığında, üretim faaliyetleri iki farklı süreçte değerlendirilebilir (Erdaş, 1987; Yıldırım, 1989; Wenger, 1991, Heinimann, 1994; Bayoğlu, 1996; Karaman, 2001). Bunlardan birincisi, dikili haldeki ağacın kesilmesi ve şekil değişimi işlemlerinden oluşan süreç ki bu, "Kesim Süreci" olarak adlandırılabilir. Kesim süreci, dikili ağaçların devrilmesi ve çeşitli işlemlerin tatbik edilerek ağaç gövdesinin hareket ettirilmeye uygun hale getirilmesinden ibarettir. Söz konusu işlemler orman içerisinde, ağacın kütüğü dibinde yapılmaktadır.

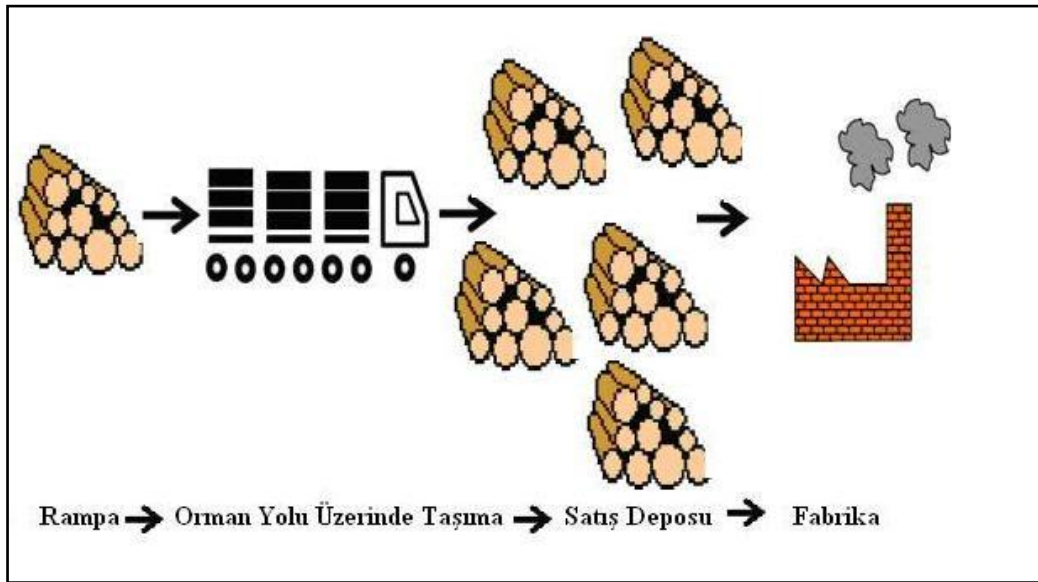
İkincisi ise, kısmen veya tamamen şekil değişimine uğrayan ağaç ya da gövde kısımlarının hareket ettirilmesi işlemlerinden oluşan "Taşıma Süreci"dir. Bu iki temel sürecin tamamlanmasıyla orman işletmeleri açısından söz konusu olan odun hammaddesi üretimi gerçekleşmiş olur.

Odun hammaddesinin taşınması (nakliyatı) iki ana aşamada gerçekleşir. Bunlardan birincisi, kesim yerinde kütüğün dibinde kesim süreci tamamlanan ürünlerin buradan alınıp en yakın orman yoluna veya ara depolara kadar olan taşıma "Tali Nakliyat" ya da "Bölmeden Çıkarma"dır (Şekil 1) (Erdaş, 1986; Acar, 1997; Aykut ve ark., 1997).

İkinci aşama ise rampalardan ve orman içerisindeki ara depolardan orman satış depolarına ya da fabrikalara kadar olan taşıma yani "ana nakliyat"dır (Şekil 2). Ana nakliyat olarak da isimlendirilen bu işlemler, orman içinde başlamakta, çoğunlukla orman yolları üzerinde, kısmen de diğer karayolları üzerinde devam ettirilmekte ve orman depolarında son bulmaktadır (Aykut, 1984; Erdaş, 1986; Bayoğlu, 1996; Acar, 1997; Acar, 1998; Çalışkan ve ark., 2007).

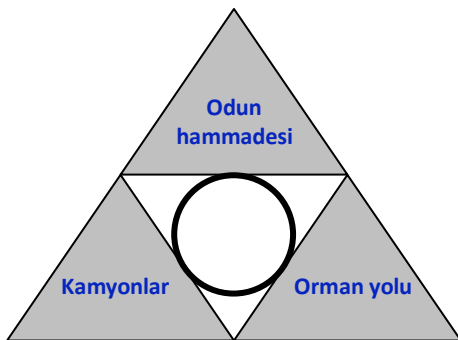


Şekil 1 Bölmeden çıkarma (Tali Nakliyat)



Şekil 2. Orman işletmeciliğinde ana nakliyat aşaması

Bu iki ana aşama arasında ve depolarda ise yükleme ve boşaltma işleri yapılmaktadır. Ormanlıkta odun taşımalarının unsurları orman yolu, kamyonlar ve odun hammaddesinden oluşmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3 Ormanlıkta odun taşımalarının unsurları

Odun Hammaddesi Taşımada Sezgisel ve Meta-Sezgisel Yaklaşım

Sezgisel yöntem teknikleri, bağımsız bir yönelem araştırma tekniği (modeli) olarak geliştirilmiştir. Sezgisel, iyi yani en iyi çözüme yakın çözümleri araştıran bir tekniktir ve bu işlemi fizibiliteyi ya da en iyi sonucu bulmayı garanti etmeksizin makul bir hesaplama maliyeti ile yapar.

İyileştirme, problemin her bir adımında sağlanarak, toplamda probleme ait en iyi çözümün bulunması sağlanır. Yani bir çeşit çözümleme algoritmasıdır. Ancak, her bir adım problem yapısından bağımsız işlemleri

gerektirebilir. Var olan çözüm yöntemleri bir arada kullanılarak yeni bir çözüm bulma yolu oluşturulur. Çözümler, matematiksel programlama ile yapıp doğrusal programlama, karışık tam sayılı doğrusal programlama gibi tam çözüm bulan algoritmalarakine benzer, tek optimize olmuş sonuçlar vermez. Ancak, optimale yakın değerlerde sonuçlar verebilir. En büyük avantajı, matematiksel programlardaki çözüm süresini kısaltması, adımlar arasında ileri geri beslemenin yapılmasını sağlaması ve en iyi çözüm stratejilerini birleştiren harmanlanmış bir çözüm kurgusunun, planlayıcının sezgileri doğrultusunda programlanması olarak gösterilebilir (Eglese, 1990; Nabyev, 2003). Bu sezgisel yöntemler aşağıdaki gibi sınıflandırılır;

- 1-Kurucu algoritmalar
- 2-Geliştirici algoritmalar
- 3-Melez algoritmalar
- 4-Graf Teorisi algoritmalar'dır.

Ancak, sezgisel yöntem ile meta-sezgisel yöntem ya da yaklaşımlarını ayırt etmek gereklidir. Meta-sezgisel yöntemlerin pek çok ortak yanları olmalarına karşın, çözüm uzayının araştırılması için kullanılan stratejileri farklıdır. Meta-sezgiseller başlangıç çözümüne ve değişim metoduna çok fazlasıyla bağımlıdır.

Meta-sezgisel yöntemler, geliştirici sezgisel yöntemlerin performanslarını önemli ölçüde arttırmışlardır. Meta-sezgisel yöntemlerin önemli bir avantajı da, genel amaçlı kullanıma sahip olmalarıdır. Meta-sezgisel yöntemler şunlardır;

- 1- Genetik Algoritma(GA)
- 2- Tavlama Benzetimi(TB)
- 3- Tabu Arama(TA)
- 4- Karınca Kolonisi(KK)

1. Genetik Algoritma (Genetic Algorithm-GA)

Genetik algoritmalar 1970'lerin başında John Holland tarafından ortaya atılmıştır. Genetik algoritmalar, karmaşık optimizasyon problemlerin çözülmesinde kullanılan bir teknolojidir. GA, rastlantısal arama tekniklerini

kullanarak çözüm bulmaya çalışan, parametre kodlama esasına dayanan bir arama tekniğidir (Bingül ve ark., 2000). Esasen doğadaki değişim süreçlerinin bilgisayar ortamında modellenmesine dayanan GA, çok büyük, karmaşık, sürekli ve doğrusal olmayan problemlerin çözümünde kullanılan stokastik bir arama yöntemidir (Goldberg, 1989; Sinriech ve ark., 1999; Yeniay, 2001; Başkent, 2004).

Genetik algoritmalar doğada geçerli olan en iyinin yaşaması kuralına dayanarak sürekli iyileşen çözümler üretir. Bunun için "iyi"nin ne olduğunu belirleyen bir uygunluk (fitness) fonksiyonu ve yeni çözümler üretmek için yeniden kopyalama (recombination), değiştirme (mutation) gibi operatörleri kullanır. Genetik algoritmaların bir diğer önemli özelliği de bir grup çözümle uğraşmasıdır. Bu sayede çok sayıda çözümün içinden iyileri seçilip kötülerini elenebilir.

Bir problemi çözebilmek için öncelikle rasgele başlangıç çözümleri belirlenir. Daha sonra çözümler birbirleri ile eşleştirilerek daha iyi çözümler üretilir. Bu şekilde çözümler birleştirilerek yeni çözümler aranır. Bu arama daha iyi bir çözüm üretilinceye kadar devam eder.

Ichihara ve ark., (1996), yol yapım maliyetini en aza indiren optimum düzey güzergahı tespit etmek için "Meta-sezgisel" yöntemler kullanarak bir optimizasyon modeli geliştirmişlerdir. Bu modelde, yol güzergahı boyunca eğimin değiştiği optimum kontrol noktaları Genetik Algoritma (GA) kullanılarak yerleştirilirken, toplam yapım maliyetini en aza indiren optimum yol eğimini tespit etmek için Dinamik Programlama (DP) kullanılmıştır. Daha sonra, örnek bir yol dizaynında modelin performansı geleneksel orman yolu planlama yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Sonuçların gösterdiğine göre "Meta-sezgisel" yöntemlerin kullanılması yol dizaynındaki toplam hesaplama zamanını önemli ölçüde azaltmıştır.

Suzuki ve ark. (1998), yaptıkları çalışmada bazı rekreasyon değerlerini göz önünde tutarak meta-sezgisel yöntem yardımı ile optimum orman yolu dizaynı üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. GA kullanılarak güzergah boyunca yerleştirilen kontrol noktalarının optimum düşey koordinatlarının tespiti, önemli ölçüde hesaplama zamanını azaltmıştır.

2. Tavlama Benzetimi (Simulated Annealing-SA)

Tavlama Benzetim (TB) yöntemi, karmaşık kombine problemlerin optimal çözümünde kapsamlı arama ve belli alanlarda yoğunlaşma arama tekniklerini kullanan ardışık çözüme dayalı matematiksel çözüm tekniğidir (Beasley, 1993). Kapsamlı arama denilince, problemi oluşturan çözüm alanı içerisinde yeni ve bilinmeyen çözüm alanlarının taranması ve denenmesi anlaşılır. Uygun çözüm alanına yoğunlaşma denildiğinde ise, daha önceki çözüm alanlarını dikkate alarak daha iyi çözüme ulaşmak için bu çözüm alanlarındaki potansiyel çözüm kombinasyonlarını yahut alternatifleri mümkün olduğunca yoğun bir şekilde taraması kastedilmektedir (Beasley, 1993; Başkent ve Jordan, 2002). Tavlama benzetiminin özelliklerini şu şekilde özetlemek mümkündür (Eglese, 1990; Başkent, 2004):

- Olasılıklı bir arama tekniğidir
- Çok sayıda karar seçeneklerini değerlendirir
- Optimale yakın çözüm verir
- Gereksiz kısıtlayıcı varsayımlar yoktur.

Problemlerde kısıtlar varsa; çözüm kümesi bu kısıtları sağlamalı veya kısıtları sağlamayan çözümler uygun bir ceza fonksiyonu dikkate alınarak çözüm uzayına dahil edilmelidir (Eglese, 1990). TB ve optimizasyon problemleri birbirine çok benzemektedir. Bu ilişki Tablo 2’de açıklanmaktadır (Eglese, 1990)

Tablo 2. Tavlama sürecinin optimizasyon problemlerine uyarlanma

Tavlama Süreci	Optimizasyon Problemi
Sistemin Durumları	Uygun Çözüm
Enerji	Maliyet
Durumun Değişmesi	Komşu Çözüm
Sıcaklık	Kontrol Parametresi
Donma Durumu	Meta-Sezgisel Çözüm

Sıcaklık, bir önceki çözümden daha kötü olan bir çözümün, kabul edilme olasılığının hesaplanmasında kullanılmaktadır. TB’nde soğutma işlemi yavaş yavaş yapılmalıdır. Bunun için bir sıcaklık azaltma fonksiyonundan yararlanılır. Literatürde önerilen farklı sıcaklık azaltma fonksiyonları vardır (Eglese, 1990). Örnek olarak aşağıda dört tanesi verilmiştir.

- a)Aritmetik fonksiyon $T_k = T_{k-1} - Cte$ (1)
- b)Geometrik fonksiyon $T_k = T_{k-1} * \alpha$ (2)
- c)Ters fonksiyon $T_k = Cte / (1+k)$ (3)
- d)Logaritmik fonksiyon $T_k = Cte / (\log(1+k))$ (4)

Akay (2004), yaptığı çalışmada orman yollarının planlanmasında düşey doğrultma için meta-sezgisel yaklaşım metodunu tanıtmıştır. Akay ve Sessions (2005), modern optimizasyon yöntemlerini (Meta-sezgisel yöntem ve Lineer Programlama) kullanarak, toplam yol maliyeti en düşük olan orman yolu güzergahının belirlenmesinde yardımcı olmak üzere bir orman yolu planlama modeli geliştirmişlerdir. Bu modelde, toplam yol maliyeti en az olan düşey güzergahı tespit etmek için meta-sezgisel bir yöntem olan Tavlama Benzetimi (TB) kullanılırken, kazı ve dolduru hacimlerinin dengelenmesinde maliyeti en aza indiren Lineer Programlama (LP) kullanılmıştır.

Çalışkan (2008), orman yol ağı üzerinde odun hammaddesi taşıma modeli ve çözüm yöntemi geliştirmiştir. Modelin çözümü için meta-sezgisel teknikler arasında yer alan Tavlama Benzetimi (TB) algoritması ve Ağ Analizi kullanılmıştır. Modeli daha iyi açıklayabilmek için çalışmaya bir deney tasarımı ve analizi uygulanmıştır. Deney tasarımı yapılırken ele alınan faktörlerin, uygulanan faktörlerin, TB algoritmasının performansı üzerinde etkin olup olmadığını belirlemek için çok yönlü varyans analizi kullanılmış ve bu faktörler için dikkate alınan düzeyler arasında anlamlı bir farklılığın olup olmadığı Duncan çoklu aralık testi ile değerlendirilmiştir.

3. Tabu Arama (Tabu Search-TS)

Tabu Arama (TA), Glover (1989), tarafından kombinatorial problemlerin çözümü için

önerilmiş olan meta-sezgisel tekniklerden biridir. Tabu Arama, Tavlama benzetiminin bir benzeri tekniğidir. Lokal aramaya dayanan bu teknik, ardışık çözümleri hafızada saklama ve çözüm eğilimini zamanla değiştirme özelliği ile bilinmektedir (Glover ve Laguna,1997; NABIYEV, 2003). TA metodunun temelini, komşuluk yapısı, hareketler, tabu listesi ve arzu edilme kriteri oluşturmaktadır. Hareket mevcut bir çözümden komşu bir çözümün üretilmesi işlemidir. Tabu listesi ise, yasaklanan hareketlerin oluşturduğu bir listedir ve bu listedeki bir harekete izin verilmez. TA işlemi, bir başlangıç çözümlerle başlar ve komşu çözümler arasında, amaç fonksiyon değerinde en fazla iyileşme sağlayan, diğer bir çözüme yasak olmayan bir hareketle devam eder.

TA, değişim stratejileri arasında düşük amaç fonksiyonu oluşturan değişim stratejilerini değerlendirerek yerel optimal tuzaktan kurtulmaktadır. Yani, t iterasyonu sonucunda amaç fonksiyonunda herhangi bir iyileşme olmadığında iterasyon sonlandırılmamaktadır. Bunun yerine amaç fonksiyonunu en az etkileyen $N(x(t))$ çözüm seçeneği ile çözüme devam edilir. Ancak bu durum daha önce ziyaret edilen çözüm alanlarıyla aynı olması durumunda çözümü bir döngü içerisine atabilir ki, bu durumdan çözüm kurtulmalıdır. Bu tekrar eden döngüden kurtulmak için yakın geçmişteki değişiklikler listelenerek hafızaya kaydedilir ve belirli T iterasyonunda yasaklanabilir (Tabu anlamı da buradan gelmektedir). Burada T tabu süresi olarak adlandırılır ve TA'nın önemli bir özelliğidir.

Bu yasaklama ile komşu çözüm alanları değişecek ve probleme daha iyi çözüm arama fırsatı verilecektir. Dolayısıyla Tavlama benzetimine benzer olmasına rağmen, TA tekniği yasaklama, yoğunlaşma ve yönlendirme teknikleri ile Tavlama Benzetiminden ayrılmaktadır (Başkent, 2004; Ponnambalam ve ark., 2000).

Aruga ve ark. (2005), orman yollarında optimum düzey güzergahın belirlenmesi çalışmalarında iki ayrı meta-sezgisel yöntemin

(Genetik Algoritma (GA) ve Tabu Arama (TA)) performanslarını karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonuçlarına göre, TA iyi kalitede çözümleri GA yöntemine oranla daha kısa hesaplama süresinde bulmuştur.

Murray ve Church (1993) operasyonel orman planları için, tavlama benzetimi ve tabu arama'dan oluşan iki meta-sezgisel optimizasyon yaklaşımını kullanmıştır. Yaklaşık optimal sonuçlar veren bu yaklaşım kısa bir zamanda çözüme ulaşabilmiştir.

4. Karınca Kolonisi (Ant System-AS)

Karınca Koloni sistemi (KKS) ilk olarak Dorigo ve ark., (1991) tarafından kombinatorial problemlerin çözümü için, genel bir meta-sezgisel yaklaşım olarak önerilmiştir. Gerçek hayattaki karıncaların, yiyecek bulmak için kullandıkları yöntemleri, yapay karıncalar üzerinde uygulayarak kombinatorial optimizasyon problemlerine çözüm aramışlardır.

Karınca kolonileri meta sezgiseli, popülasyon tabanlı rastsal arama prensibine dayanan bir arama yöntemidir. Doğal süreçlerin gözlemlenmesinden ortaya çıkan, karınca kolonilerinin yiyecek toplama prensibini dikkate alan biyoloji biliminden esinlenerek geliştirilmiş bir meta sezgisel yöntemdir.

Doğadaki karıncalar kör olduklarından, koloniler halinde yiyecek toplamadaki, en kısa yolu seçme mekanizmalarına göre algoritma oluşturulur. Karıncalar, koloniler halinde çalıştıklarından, bu algoritma ile etkin sonuçlar elde edilebilmektedir. Doğadaki karıncalar, yiyecek toplarken, geçmiş oldukları yollar üzerinde bir sıvı madde (iz-trial) bırakırlar. Bu madde uçucu olup belirli zaman sonra kaybolur. Belirli bir t zaman aralığında belirli bir yoldan ne kadar çok karınca geçer ise iz miktarı o kadar fazla olur. Daha sonra, aynı yol üzerine gelen karıncalar kısa yolu, iz miktarına bağlı olarak seçerler. Diğer bir deyişle, gidebileceği birden fazla yol olduğunda iz miktarı fazla olan yolu tercih ederler.

Meta-sezgisel yöntemler, çözümlenmesi çok uzun zaman alan yada mümkün olan tam sayılı çözümün sağlanamadığı problemler için optimale yakın sonuçlar vermesinden dolayı iyi bir çözüm tekniği olarak kabul edilmektedir (Dykstra, 1976; Weintraub ve ark., 1995; Sessions ve ark., 2001; Karlsson ve ark., 2002; Chung, 2003; ve Gunnarson ve ark., 2001).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Meta-sezgisel yöntemlerin odun hammaddesi taşınması uygulamaları son dönemlerde simülasyon bazında olmak üzere pek çok ülkede gerçek hayata aktarılmıştır. Ülkemizde ise henüz yeterli sayıda çalışmalar yapılmamıştır. Yapılan bazı çalışmalarda da, ormancılıkta kullanılabilecek çeşitli tekniklerden bahsedilmesine rağmen, bu konularda somut çalışmalar yapılmamıştır. Gerek ülkemizde gerekse dünyada meta-sezgisel yöntemlerin odun hammaddesi taşınmasında kullanımı mevcut kapasitenin en iyi şekilde kullanımını amaçlamaktadır. Bu nedenle artık odun hammaddesi taşıma çalışmalarında meta-sezgisel yöntem olarak adlandırılan Genetik algoritma, Tavlama benzetimi, Tabu arama, Karınca Kolonisi gibi yöntemlerin kullanımı kaçınılmaz olmaktadır.

Sonuç olarak, küreselleşen dünyada en önemli problemlerinden biri olan odun hammaddesi taşıma problemlerinin en uygun çözümü, mevcut kapasiteyi en iyi şekilde kullanmaktır. Bunun için, meta-sezgisel yöntemlerin donanım veya yazılım bazında bu problemin çözümünde yaygın olarak kullanılması kaçınılmazdır. Ayrıca, bu yöntemlerle elde edilen ekonomik fayda birçok çalışmada ortaya konulduğu gibi önemli bir yüzdeye sahiptir.

Ülkemizde odun hammaddesi taşınmasını planlayan ekiplerin yöneylem araştırma teknikleri (sezgisel ve meta-sezgisel) konusunda yeterli bilgileri bulunmamakta ve bunun sonucu olarak bu teknikler, planların yapımında kullanılmamaktadır. Bu nedenle ekiplerin modelleme kavramları konusunda eğitilerek bilgi sahibi olmaları ve karar verme problemlerinde bu yaklaşımları kullanmaları

gerekmektedir. Bu doğrultuda gerek orman fakültelerinin eğitim programlarında gerekse hizmet içi eğitimlerde, meta-sezgisel teknikleri ve modelleme kavramının önemi ile karar verme problemlerindeki kullanımı ayrıntılı olarak ele alınmalıdır. Önerilen modelleme yaklaşımının uygulamaya aktarılabilmesi için CBS ile birlikte, matematiksel programlama gibi sezgisel ve meta-sezgisel tekniklerinin yer aldığı teknolojilerin yazılımı, donanımı ve kullanımını da orman işletmelerine kazandırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Acar, H.H., 1997. Dağlık Arazide Orman Transport Planlarının Hazırlanması Üzerine Bir Araştırma (Kümbet Orman İşletme Şefliği Örneği) Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi, 21,201-206.
- Acar, H.H., 1998. Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Üretim Araçlarının Teknik ve Ekonomik Açından İncelenmesi, TÜBİTAK Doğa Dergisi,22,2,143-150.
- Acar, H.H., 2004. Transport Tekniği ve Tesisleri Ders Notları, KTÜ Orman Fakültesi Ders Teksirleri Serisi:78, Trabzon, 268 s.
- Acar, H.H., 2005. Orman Yolları, KTÜ Orman Fakültesi Ders Teksirleri Serisi:82, Trabzon, 183 s.
- Akay, A., 2004. A New Method of Designing Forest Roads, Turk Journal Agric.Forest, 28, 273-279 pp.
- Akay, A. and J. Sessions., 2005. Applying The Decision Support System, TRACER, to Forest Road Design, Western Journal of Applied Forestry, 20, 3, 184-191.
- Akay, A.E. ve O. Erdas. 2007. Orman ürünlerinin nakliyatının planlanmasında ağ (Network) modeli yaklaşımı. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi- A-Serisi. 57(2): 1-20.
- Aruga, K.,J.Sessions, and A.E.Akay. 2005.Heuristic Techniques Applied to Forest Road Profile.The Japanese Forest Society, J.For.Res. 10(2):83-92.
- Aykut, T., 1984. Orman Ürünleri Taşımacılığında Araç ve Teknikler, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları No: 3246/370, İstanbul, 100 s.
- Aykut,T., Acar, H.H., Şentürk, N., 1997. Artvin Yöresinde Bölmeden Çıkarmada Kullanılan Koller K 300, URUS MIII ve Gantner Tipi Hava Hatlarının Karşılaştırılması Üzerine Bir Araştırma, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 47, 2, 30-54.
- Başkent, E. Z., ve Jordan, J.A., 2002, Forest Landscape Management Modelling with Simulated Annealing. Forest Ecology and Management, 165/1-3 , 29-45.
- Başkent, E. Z., 2004. Yöneylem Araştırması, Modelleme ve Doğal Kaynak Uygulamaları. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Genel yayın No:218, Fakülte yayın No:36, KTÜ Matbaası. Trabzon. 480 s
- Bayoğlu, S., 1996. Orman Nakliyatının Planlanması, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları No:3941/8, İstanbul, 169 s.

- Beasley, D., 1993. An Overview of Genetic Algorithms; Part 1, Fundamentals. *Universty Computing* 15: 58-69.
- Bingül, Z., Sekmen, A.S., Palaniappan, S.ve Sabattp, S., 2000. Genetic Algorithms Applied to Real Timen Multiobjective Optimization Problems, *Proceedings of the 2000 IEEE Southeast Con Conference*, 95-103.
- Chung, W. and J. Sessions, 2000. NETWORK 2000: a program for optimizing large fixed and variable cost transportation systems. *in Proc. of the Eighth Symposium on Systems Analysis in Forest Resources*, Arthaud, G.J. (ed.). Sept 28-30, Aspen, Colorado, USA.
- Chung, W., 2003. Optimization of Cable Logging Layout Using a Heuristic Algorithm for Network Programming, PhD Thesis, Oregon State University, 223pp.
- Çalışkan, E., Acar, H.H., 2007. An Overview of Timber Transport in Turkey, 6th International Conference on Agricultural and Forest Engineering, 14-15 June 2007, Summary of Proceedings, Warsaw, Poland, 253 pp.
- Çalışkan, E., 2008. "Orman Yol Ağı Üzerinde Odun Hammaddesi Taşımalarının Tavlama Benzetimi Yöntemi ile Optimizasyonu", KTU Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 148s., Trabzon.
- Demir, M., 1997. Dağlık Arazide Orman Transport Planlarının Önemi ve Etkileri, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, B, 47, 1-2, 49-56.
- Dorigo, M., Colomi, A., Trubian, M., 1991. Ant System for Job Scheduling, *Belgian Journal Of Operations Research Statistics and Computer Science*, 321-323 pp.
- Dykstra, D.P., 1976. Timber Harvest Layout by Mathematical and Heuristic Programming, PhD Thesis, Oregon State University, 299 pp.
- Eglese, R.W., 1990. "Simulated Annealing: A Tool for Operational Research", *European Journal of Operational Research*, 34: 600-612.
- Erdaş, O., 1986. Odun hammaddesi Üretimi, Bölmeden Çıkarma ve Taşıma Safhalarında Sistem Seçimi, *Karadeniz Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 9, 1-2, 91-113.
- Erdaş, O., 1987. Uygulama Açısından Türkiye' de Odun Hammaddesi Üretim ve Orman Yollarında Transport İlişkileri, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 10, 1-2, 51-63.
- Glover, F., 1989. "Tabu Search - Part I", *ORSA Journal on Computing, USA*, 1, 3., 190-206 pp.
- Glover, F., Laguna, M., 1997. "Modern Heuristic Techniques for Combinatorial Problems", Blackwell Syntefic Publications, NewYork, 48-73.
- Goldberg D.E. 1989. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley, USA.
- Gunnarsson, H., Lundgren J.T, Rönnqvist, M., 2001. Supply Chain Modeling of Forest Fuel, LITH-MAT-R-2001- 08. Linköping University, Dept. of Mathematics, Sweden
- Heinimann, H. R., 1994. Conceptual Design of A Spatial Decision Support System for Harvesting Planning, *Proceedings of International Seminar on Forest Operations Under Mountainous Condition*, July 24-27, China, 19-27 pp.
- Ichihara, K., T. Tanaka, I. Sawaguchi, S. Umeda, and K. Toyokawa. 1996. The Method for Designing the Profile of Forest Roads Supported by Genetic Algorithm. *The Jap. Forestry Society, Journal of Forest Research*. 1: 45-49.
- Johnson, K. N., T. W. Stuart and S. A. Crim, 1987. FORPLAN Version 2: Mathematical Programers Guide. USDA Forest Service. 124 pp.
- Karaman, A., 2001. Odun Hammaddesinin Kesim ve Nakliyatı, *Kafkas Üniversitesi Artvin Orman fakültesi Ders Notları*, Yayın No: 4, Artvin, 263
- Murray, A.T., Church, R.L., 1993. Heuristic Solution Approaches to Operational Forest Planning Problems., *Journal of Forest Engineering* 9, 31-37.
- Nabiyev, V., 2003. *Yapay Zeka*, Birinci Baskı, Seçkin Yayıncılık Sanayi ve Ticaret A.Ş., Ankara.
- OGM, 2006. "Orman Genel Müdürlüğü 2006 Yılı Döner Sermaye Bütçesi", Çevre ve Orman Bakanlığı OGM/APK Dairesi Başkanlığı, Şubat-2004, Ankara, 127 s.
- OÖİKR, 2006. "IX. Beş Yıllık Kalkınma Planı-Ormanlık Özel İhtisas Komisyonu Raporu", DPT, www.dpt.org . Ankara.
- Ponnambalam, S.G., Aravindan, P., Rajesh, S.V., 2000. A Tabu Search Algorithm for Job Scheduling, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 16. 765-771 pp.
- Schnelle, B., 1980. MINCOST users instructions. USDA Forest Service Report, Northern Region, Div. of Engineering, Missoula, MT.
- Sessions, J., 1985. A heuristic algorithm for the solution of the fixed and variable cost transportation problem. *in Proc. of the 1985 Symposium on Systems Analysis in Forest Resources*, Dress and Field (eds.). Society of American Foresters, Dec 9-11, Athens, GA, USA.
- Sessions, J., W. Chung, and H.R. Heinimann. 2001. "New Algorithms for Solving Large-Scale Harvesting and Transportation Problems Including Environmental Constraints". *Proceedings of the FAO/ECE/ILO Workshop on New Trends in Wood Harvesting with Cable Systems for Sustainable Forest Management in Mountains*, June 18-24, Ossiach, Austria, 253-258 pp.
- Sinriech D., Samakh E., 1999. A Genetic Approach to the Pickup/Delivery Station Location Problem in Segmented Flow Based Material Handling Systems, *Journal of Manufacturing Systems*, 18, 2, 81-99 pp.
- Suzuki, H., Ichihara, K., and Noda, I., 1998. Road Planning in Forest for Recreation. *Journal of the Japan Forest Engineering Society*. 13 (3), 151-160. USDA Forest Service, 1998. SPECTRUM: An analytical tool to support ecosystem management. Forest Service Research Reports. No: 234. 42
- Weintraub, A. and Dreyfus, S., 1985. Modifications and Extensions of Heuristics for Solving Resource Transportation Problems. *Coop Agreement Final Report*, University of California, Berkeley. 76 pp.

- Wenger, K.F.,1991. Logging, Forestry Handbook For The Society of American Foresters, Second Edition, 489-563 p.
- Yeniay Ö., 2001. An Overview of Genetic Algorithms, Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi,2, 1, 37-49.
- Yıldırım, M., 1989. Hasat İşlerinde Sınırlayıcı Faktörler, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, B, 39, 4.