

ORMAN ÜRÜNLERİ TAŞIMACILIĞINDA ENİYİLEME YÖNTEMLERİ

Selçuk GÜMÜŞ

KTÜ, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon

Özet: Türkiye’de toplam 21,2 milyon ha (% 27) orman alanı bulunmaktadır. Bu alanlarda devlet orman işletmeleri tarafından yıllık ortalama 9 milyon m³ tomruk ve 5 milyon ster yakacak odun üretimi gerçekleştirilmektedir. Toplam yıllık üretim miktarı yaklaşık olarak 13 milyon m³’tür. 2006 yılında orman ürünlerinin taşınması için harcanan miktarın yaklaşık 160 milyon TL olduğu düşünülürse, taşımacılıkta toplam maliyeti eniyilemenin önemi daha iyi anlaşılabacaktır. Günümüzde bütün taşımacılık problemlerinin çözümünde genel kabul görmüş ve uygulanmakta olan belirgin bir yöntem yoktur. Ancak, karar vericiler amaçlarına uygun olarak bu yöntemler arasından en uygun olanı seçmektedirler. En uygun yöntemin seçilebilmesi için eniyileme yöntemlerinin özelliklerinin ve kapasitelerinin çok iyi anlaşılması gerekmektedir. Bu çalışmada orman ürünlerinin taşınmasında kullanılabilecek olası eniyileme yöntemleri değerlendirilmesinin amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Orman ürünleri, taşıma, eniyileme yöntemleri

OPTIMIZATION METHODS IN TRANSPORTATION OF FOREST PRODUCTS

Abstract: Turkey has total of 21.2 million ha (27 %) forest land. In this area, average 9 million m³ of logs and 5 million stere of fuel wood have been annually produced by the government forest enterprises. The total annual production is approximately 13 million m³. Considering the fact that the costs of transporting forest products was about 160 million TL in the year of 2006, the importance of optimizing the total costs in transportation can be better understood. Today, there is not common optimization method used at whole transportation problems. However, the decision makers select the most appropriate methods according to their aims. Comprehending of features and capacity of optimization methods is important for selecting of the most appropriate method. The evaluation of optimization methods that can be used at forest products transportation is aimed in this study.

Key Words: Forest products, transportation, optimization methods

GİRİŞ

Biyolojik gelişmesini tamamlamış odun hammaddesinin çeşitli ihtiyaçları karşılamak amacıyla ormandan alınarak tüketime sunulması odun hammaddesinin üretiminin teknik aşamasını oluşturmaktadır. Odun hammaddesinin üretimi sürecinde, taşıma aşaması en önemli kısmı oluşturmaktadır. Ağaçların kesilmesi ve piyasa koşullarına göre çeşitli ürün sınıflarına göre ayrılmasından sonra başlayan taşıma süreci, odun hammaddesinin öncelikle bulundukları orman içi alandan en yakın orman yoluna kadar taşıma işlemi olan bölmeden çıkarma ve devamında satışın yapılacağı depolara yapılan ana taşıma işlemlerinden oluşmaktadır.

Türkiye’de toplam 21.2 milyon ha (% 27) orman alanı bulunmaktadır. Bu alanlarda devlet tarafından yıllık ortalama değer olarak 9 milyon m³ tomruk ve 7 milyon ster yakacak odun üretimi gerçekleştirilmektedir. Toplam üretim miktarı yaklaşık olarak 15 milyon m³ tür (Anonim, 2009). 2006 yılında orman ürünlerinin bölmeden çıkarılması için

harcanan miktar ise 160 milyon TL'dir. Bu rakamlar orman ürünleri taşımacılığında eniyilemenin (optimizasyon) önemini vurgulamaktadır.

Orman ürünleri taşımasında ekonomi, taşımayı etkileyen en önemli faktörlerin başında gelmektedir. İşletmenin ekonomik yapısı, bütün ormancılık uygulamalarında olduğu gibi taşıma ile de doğrudan ilişkilidir. Örneğin, yeterli ekonomik güce sahip olmayan işletmeler ilkel ve ekonomik olmayan taşıma yöntemleri kullanmak zorunda kalmaktadırlar. Bu, ekonomik olmadığı gibi, ekolojik de olmamaktadır. Bölmeden çıkarmada masrafların belirlenmesinde sürütme mesafesi, ödenecek ücretin belirlenmesinde en önemli faktör olmaktadır. Orman ürünlerinin ana taşıma safhasında da yine taşıma mesafesi ücret konusunda doğrudan belirleyici faktördür.

Ormancılıkta taşıma zamanı, ürünlerin üretildikleri yılda, ekonomik değer kaybına uğramadan ve işletmenin giderlerini karşılayacak şekilde pazarlanabilmesi için son derece önemlidir. Bilindiği gibi orman ürünleri, taşımanın zamanında yapılmamasına bağlı olarak ormanda bırakıldığında, büyük ölçüde kalite kaybına uğramaktadır. Bu ise işletmelerin bütün programlarını etkilemekte ve beklenen girdiler sağlanamamaktadır. Bu nedenle üretim işlerinde taşıma programları son derece sağlıklı ve gerçek zaman değerleri göz önüne alınarak hazırlanmalıdır.

Orman ürünlerinin taşınması bölmeden çıkarma ve ana taşıma aşamalarından oluşmaktadır. Orman ürünlerinin bölmeden çıkarılmasında insan gücü, hayvan gücü, traktörler, hava hatları, plastik oluklar ve tekray gibi birçok yöntem söz konusu olmaktadır. Bu taşıma yöntemlerinden birinin seçilmesi, arazinin topoğrafik yapısı, ormanın ürünlerinin çeşitleri, üretim miktarları gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Seçilecek yöntem veya yöntem kombinasyonlarının, en az miktarda kayıp ve çevre zararı ile en kısa sürede yapılmasının gerekliliği yanında, en düşük maliyet olanaklarını da sunması gereklidir.

Orman ürünlerinin ana taşıma safhasında, araçların orman içi rampalardan satış depoları yönüne takip edecekleri güzergahların seçiminde de en kısa mesafe, en kısa süre, en düşük masraf, en yüksek satış geliri gibi hedefler söz konusudur. Belirlenecek bu güzergâhlarda genellikle birden çok seçenek bulunmaktadır. Bu nedenlerden dolayı taşıma planlamacıları belirli kararlar almak zorundadır. Eniyileme yöntemleri bu aşamada karar vericilerin, en iyi kararı almalarında yardımcı olacaktır.

Günümüzde bütün taşımacılık problemlerinin çözümünde genel kabul görmüş ve uygulanmakta olan belirgin bir yöntem yoktur. Ancak, karar vericiler amaçlarına uygun olarak bu yöntemler arasından en uygun olanı seçmektedirler. En uygun yöntemin seçilebilmesi için eniyileme yöntemlerinin özelliklerinin ve kapasitelerinin çok iyi anlaşılması gerekmektedir. Bu çalışmada orman ürünlerinin taşınmasında kullanılabilecek olası eniyileme yöntemleri değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

ENİYİLEME YÖNTEMLERİ

Eniyileme, problemin karar değişkenlerinin mümkün tüm kombinasyonları arasından en iyi performansı (en iyi amaç fonksiyonu değerini) veren kombinasyonun bulunmasıdır. Gerek bölmeden çıkarma çalışmalarının ve gerekse de ana taşıma çalışmalarının düzenlenmesi, planlama hiyerarşisi içinde, stratejik, taktik ve operasyonel bazda yapılacak planlama çalışmalarında eniyileme yöntemlerinin kullanılmasını gerektirmektedir.

Ormancılıktaki planlama problemlerinin çözümünde eniyileme model ve yöntemleri yaklaşık olarak 30 yıldan bu yana kullanılmaktadır. Bu amaçla literatürde birçok eniyileme algoritması önerilmiştir. Bu geçen dönemde, karar verme problemlerinin

farklılıkları ve planlama ihtiyaçlarının boyutları sürekli olarak artmaktadır. Daha fazla verinin elde edilmesi, daha geniş modellerin kurulmasına ve daha fazla kısıtların oluşması da daha karmaşık modellerin geliştirilmesine yol açmıştır (Epstein ve Ark., 1999; Rönnqvist, 2003)

Yöneylem araştırması yöntemleri, yeni bir sistem kurulmasında ya da mevcut bir sistemin yeniden biçimlendirilmesinde saptanan amaçlara en uygun düzenlemeyi sağlayan, yine bir sistemin işleyişinde karşılaşılan problemlerin en uygun çözümlerini ortaya koymaya yarayan bilimsel yöntemler şeklinde tanımlanabilir. Bu yöntemlerin yardımı ile karmaşık problemler mevcut bilgi ve verilere dayanılarak matematiksel modellere çevrilmekte ve belirtilen amaçlara uygun olarak problemlerin en uygun çözümleri ortaya konulmaktadır (Soykan, 1978).

Yöneylem araştırmasının temelini model ve modelleme oluşturur. Bir sistem bileşenlerinin, simgelerle tanımlanıp bileşenler arası ilişkilerin fonksiyonlarla gösterimine *Matematiksel Model* denir. Genel olarak modelleme süreci; problemin tanımlanması, bilgi toplanması, gözlemlerin yapılması, nitel ya da nicel modelin oluşturulması, modelin çözülmesi, çözüm analizi, çözümün uygulanması ve çıktıdan ibarettir. Modellerin yapılandırılmasında üç temel bileşen bulunur ve bunlar; kararlar, kısıtlar ve amaçlardır (Eker, 2004).

Günümüze kadar taşıma problemlerine yönelik birçok yöneylem araştırması uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Johanson, 1997'de yaptığı çalışmada optimal yol ücretlendirmesinin belirlenmesinde zaman ve yakıt tüketiminin eşzamanlı değerlendirmesini dikkate almıştır. Problemin çözümü için matematiksel model geliştirmiştir (Johanson, 1997). Bir başka çalışmada ise optimal depolama alanının belirlenmesi konu edilmiştir. Çalışmada orman ürünlerinin üretim planlaması için uygun depo yerlerinin belirlenmesinde matematiksel modellerin kullanımı geliştirilmiştir (Greulich, 1991). Epstein ve arkadaşları ormancılıkta yol planlama probleminin çözümünde makine kullanımı için sezgisel yaklaşım (heuristic) modelini kullanmıştır (Epstein ve Ark., 2006). Olsson ve Lohmander 2005 yılında yaptıkları çalışmada orman taşımacılığını optimize etmeye çalışmışlardır. Çalışmada matematiksel model olarak ağ modelleme kullanmışlardır (Olsson ve Ark., 2005). Orman yollarının analizi ve maliyetlerinin modellenmesi çalışmalarında yine yöneylem araştırmalarının çeşitli araştırmalarda konu edildiği belirlenmiştir (Pentek ve Ark., 2005; Stückelberger ve Ark., 2006). Ülkemizde yapılan bir çalışmada kesim ve bölmeden çıkarma işlerinde işgüçlüğü ölçütlerinin araştırılması ve verim üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapay sinir ağları kullanılmıştır (Karaman, 1997). Başka bir çalışmada ise odun hammaddesinin ana taşıma safhasında rampalardan depolara taşınmasında en düşük maliyet ve en yüksek satış geliri elde etmek amaçlarıyla kullanılması gereken rotaların ve depoların belirlenmesi için tavlama benzetimi yöntemi kullanılmıştır (Çalışkan, 2008).

Ormancılıkta ve genel olarak taşıma problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılan yöneylem araştırma teknikleri, Doğrusal Programlama, Amaç Programlama, Dinamik Programlama ve Sezgisel Yöntemler (Genetik Algoritma, Tabu Arama, Yapay Sinir Ağları gibi algoritmalarından oluşan kombine eniyileme teknikleri) olarak sıralanabilir. Bu bölümde yaygın olarak kullanılan yöneylem araştırması teknikleri hakkında bilgi verilecek ve bu teknikleri kullanarak gerçekleştirilen örnek çalışmalar sunulacaktır.

Doğrusal Programlama

Doğrusal programlama (Linear programing) çok faktörlü ve karmaşık transport problemlerinin çözümünde başarı ile uygulanmakta olan ve en iyi çözüm ortaya konabilen

yöneylem araştırma yöntemlerinden biridir. Doğrusal programlama değişkenlere ve kısıtlayıcı şartlara bağlı kalarak amaca en iyi ulaşma tekniğidir. Doğrusal programlamada veriler yeterli detay düzeyinde kullanılabilir olmalı, amaç ve kısıt denklemlerinde doğrusallık olmalı, problem sonlu kaynaklarla ilgili olmalıdır. Doğrusal programlama; kaynakların optimal ya da seçenekli dağılımının, optimal üretim bileşiminin, minimum maliyeti veren girdi bileşiminin, en uygun karın ve en az maliyetin belirlenmesi gibi problemlerin çözümünde kullanılmaktadır (Soykan, 1978).

Doğrusal programlama modelinden tutarlı sonuçların elde edilmesi aşağıda ele alınacak varsayımlara bağlıdır.

a) Doğrusallık Varsayımı: Bu varsayım işletmenin girdileriyle çıktıları arasında doğrusal bir ilişkinin bulunduğunu gösterir. Üretim düzeyi artarken aynı oranda üretim girdileri de artar. Amaç fonksiyonunun doğrusal olabilmesi için karar değişkenleri katsayıları da sabit olmalıdır.

b) Toplanabilirlik Varsayımı: Bu varsayım değişik üretim faaliyetlerine kaynak olan üretim girdilerinin toplamının her bir işlem için ayrı ayrı kullanılan girdilerin toplamına eşit olduğunu gösterir. Örneğin bir iş iki saatte, diğeri üç saatte yapılıyorsa, iki işi birden yapmak için beş saate gerek vardır.

c) Sınırlılık Varsayımı: Üretimde kullanılan kaynaklar sonludur. Bu nedenle üretime giren girdiler ile üretim miktarı kısıtlanır.

d) Negatif Olmama Varsayımı: Doğrusal programlamada yer alan temel, aylak ve artık değişkenlerin değeri sıfır ya da sıfırdan büyük olmalıdır.

Doğrusal programlama problemlerini çözmede genellikle simpleks yöntemi kullanılmaktadır. Yöntem cebirsel tekrarlar (iterasyon) işlemine dayanır. Yöntemde önce başlangıç simpleks tablosu düzenlenir sonra tekrarlayıcı işlemler ile belirli bir hesap yöntemi içinde gelişen çözümlere doğru ilerleyerek optimal çözüme ulaşıncaya kadar işlemler sürdürülür. Gelişen çözüm tablolarında amaç fonksiyonunun ve karar değişkenlerinin değişen değerleri gözlemlenebilir.

Koger ve Webster tarafından 1986 yılında yapılan bir çalışmada, sürütmeye dayalı üretim sistemlerinde kârın maksimum yapılması için doğrusal programlama modelleri kullanılmıştır. Dört değişik üretim metoduna göre elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve en düşük maliyet ve en yüksek kâr oluşturan model seçilmiştir (Koger ve Ark., 1986). Acar ve arkadaşları tarafından yapılan bir başka çalışmada ise doğrusal programlama yöntemi kullanılarak en düşük maliyeti oluşturan bölmeden çıkarma yöntemlerinin seçimi gerçekleştirilmiştir (Acar ve Ark., 2000).

Amaç Programlama

Doğrusal programlama modelleri tek amaçlıdır. Bu amaç genellikle kârın maksimize edilmesi veya maliyetin minimize edilmesine dayalıdır. Amaç Programlama Yöntemi (Goal Programing) ise bilinen doğrusal programlama yönteminin değiştirilmiş bir şekli ve determinist bir karar alma tekniğidir. Amaç programlama çok amaçlı planlama problemini belirlenen amaçlardan olan sapmaların minimizasyonu halinde tek bir amaç fonksiyonuna dönüştürür (Köse, 1984).

Amaç programlama modeli, erişim ve amaç fonksiyonlarından oluşur. Erişim fonksiyonu, öncelikli amaçlara ya da kısıtlayıcılara ilişkin sapmanın minimize edilmesini içerir. Amaç fonksiyonu ise amaç ya da kısıtlayıcının, doğrusal ya da doğrusal olmayan denklemleridir.

Problemler ne kadar iyi tanımlanır, formüle edilir ve ne kadar iyi kurulursa çözümdeki sonuçlar da o denli doğruya yakın olmaktadır. Amaç programlamada birinci

sınıf amaçlar, kârı maksimize etmek, gideri, riski ve ek zamanı minimize etmek ve personel ile işlemlerde yararlanmayı maksimize etmektir. İkinci sınıf amaçlar ise, sınırlı insan gücü, hammadde, bütçe ve zamanı en iyi şekilde kullanmaktır.

Amaç programlamada problem formüle edilirken, öncelikle karar değişkenleri belirlenmelidir. Bu değişkenler karar vericinin kontrol edebileceği faktörlerdir. Amaçlar ise karar değişkenlerinin fonksiyonu olarak yazılırlar. Amaçlar formüle edilirken, her amaç için belli bir öncelik verilmelidir. Doğrusal programlamada amaç fonksiyonu ne olursa olsun kısıtların, mutlaka önceden yerine getirilmesi gerekir. Kısıtları yerine getirmeyen çözüm olumlu değildir. Ancak, amaç programlamada mutlak olmayan kısıtların en yakın değerine kadar erişebilmek olanaklıdır.

Modellemede son aşama erişim fonksiyonunun belirlenmesidir. Erişim fonksiyonu kurulduktan sonra çözüm tekniğinin uygulanmasına geçilmektedir. Burada geliştirilmiş simpleks yöntemi kullanılmaktadır. Her öncelikli amaç için birbiri ardı sıra uygulanır. Ardından gelen öncelikli amaçlara geçildikçe önceki amaçlar için bulunan sapma değerleri bu kez uygulaması zorunlu kısıtlayıcılar olarak modele sokulur ve yenilenerek son çözüm aranmaktadır.

Dinamik Programlama

Biri diğerini izleyen ve karşılıklı etkileri olan bir dizi kararın bütünüyle ele alındığı problemler için geliştirilen karar modelleri ve bunların çözümleri Dinamik Programlama (Dynamic Programing) başlığı altında incelenmektedir.

Öte yandan incelenen problemin biri diğeriyile ilişkili alt problemlere ayrılabilme özelliğini taşıması ya da bir problem için geliştirilen karar modelinin, birbirine bağlı karar modelleri haline dönüştürülmesi, dinamik programlama uygulaması için yeterli olmaktadır.

Bazı ekonomik değişme ve gelişmeler, gelecek dönem için önceden yapılan planları geçersiz kılabilir. Bu durumda yeni bir planlamaya gereksinim vardır ya da önceki plan güncelleştirilmelidir. Koşullar bir zaman sürecinde değişiyorsa ve bunların alınan kararlara etkisi önemli ise, dinamik programlama modellerine gereksinim vardır.

Dinamik programlama terminolojisinde aşama, durum, geçiş fonksiyonları, karar ve optimal politika adı verilen beş önemli kavram vardır. Aşama, çok aşamalı bir karar probleminde, karar verilmesi gereken noktalardır. Durum, her bir aşamada sistemin veya değişkenlerin alabileceği değerdir. Başka bir ifade ile durum, bir aşama ve onu izleyen aşamalara dağıtılan kaynaklardır. Geçiş fonksiyonları, her aşamanın bulunabilecek durumlarında verilebilecek karara göre, bu aşamayı izleyen veya daha önceki aşamanın hangi durumuna gelineceğini belirleyen ilişkilere denir. Karar, herhangi bir süreçte aşamaları tamamlama ile ilgili seçenekler arasından bir seçim yapılması işlemidir. Belirli bir durum ve aşamada verilen bir karar, sürecin hem durumunu hem de aşamasını değiştirir. Optimal politika, çok aşamalı bir karar sürecinin her karara bağlı, maliyet ve kar cinsinden bir getirisi vardır. Bu getiri, sürecin aşama ve durumu ile birlikte değişir. Optimal politika, sürecin her bir aşaması için, verilen kararların bir sırasıdır. Çözüm bir aşamadan diğerine sıra önceliğine göre gidilerek elde edilir ve son aşamaya erişildikten sonra her parametre için değerler belirlenerek işlem tamamlanır. Böylece en uygun politika oluşturulmuş olunur (Akın, 2007).

Sezgisel Yöntemler

Sezgisel yöntemler, (Heuristic Techniques) herhangi bir problemde olası durumların incelenmesi gereken bölümünü sınırlayan yöntem, strateji ve kuralların

kullanımıdır. Bunun yapılabilmesi için, problemin çözümüne yönelik olarak gerçekleştirilecek tüm olası durumları gösteren bir ağaç yapısı oluşturulmaktadır. Bu ağaç yapı üzerinde en elverişli duruma giden yol seçilerek çözüm gerçekleştirilir. Bu ağaca arama ağacı (search tree) denir. Yapılabilecek en iyi şey, incelenmesi gereken olası durumların sayısını azaltmaktır. Örneğin, İstanbul'dan Ankara'ya en kısa yolu bulacak bir programda kullanılan arama ağacında, bütün alternatiflerin incelenmesi (mevcut yol bilgisinin ne kadar ayrıntılı olduğuna göre) çok uzun sürebilir. Bunun yerine yol ağında, doğruya giden yolları incelememek bir sezgisel yöntemdir. Görüldüğü gibi, sezgisel yöntemlerde en iyi sonuç garanti edilmez. Sezgisel yöntemler arama ağacının çok büyük olduğu durumlarda çözümü çok kolaylaştırır (Karaca, 2006).

Genetik Algoritma

Genetik algoritma (Genetik Algoritma) geleneksel yöntemlerle çözümü zor veya imkansız olan problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Genetik algoritmalar yapay zekanın gittikçe genişleyen bir kolu olan evrimsel hesaplama tekniğinin bir parçasını oluşturmaktadır (Kurt ve Ark., 2001). Herhangi bir problemin genetik algoritma ile çözümü, problemi sanal olarak evrimden geçirmek suretiyle yapılmaktadır. Algoritma ilk olarak popülasyon olarak adlandırılan bir çözüm (kromozomlarla ifade edilir) seti ile başlatılmaktadır. Bir popülasyondan alınan sonuçlar bir öncekinden daha iyi olacağı beklenen yeni bir popülasyon oluşturmak için kullanılır. Yeni popülasyon oluşturulması için belirlenen çözümler uyumluluklarına göre seçilmektedir. Çünkü uyumlu olanların daha iyi sonuçlar üretmesi olasıdır. Bu istenen çözüm sağlanıncaya kadar devam ettirilir. Genetik algoritmanın aşamaları şu şekilde gerçekleştirilmektedir:

1. Başlangıç: n adet kromozom içeren popülasyonun oluşturulması (problemin uygun bir çözümü)
2. Uyumluluk: her x kromozomu için uyumluluğun $f(x)$ değerlendirilmesi,
3. Yeni popülasyon: Yeni popülasyon oluşuncaya kadar aşağıdaki adımların tekrar edilmesi,
 - a. Seçim: İki ebeveyn kromozomun uyumluluğuna göre seçimi (daha iyi uyum seçilme şansını artırır.),
 - b. Çaprazlama: Yeni bir fert oluşturmak için ebeveynlerin bir çaprazlama olasılığına göre çaprazlanması. Eğer çaprazlama yapılmazsa yeni fert anne veya babanın kopyası olacaktır.
 - c. Mutasyon: Yeni ferdin mutasyon olasılığına göre kromozom içindeki konumu (lokus) değiştirilir.
 - d. Ekleme: Yeni bireyin yeni popülasyona eklenmesi.
4. Değiştirme: Algoritmanın yeniden çalıştırılmasında oluşan yeni popülasyonun kullanılması,
5. Test: Eğer sonuç tatmin ediyorsa algoritmanın sona erdirilmesi ve son popülasyonun çözüm olarak sunulması.
6. Döngü: 2. adıma geri dönülmesi.

Görüldüğü üzere genetik algoritmanın yapısı oldukça geneldir ve herhangi bir probleme uygulanabilir. Haldenbilen tarafından yapılan bir çalışmada, taşıma gereksinimlerinin genetik algoritma yaklaşımı ile tahmin edilebilmesi amaçlanmıştır. Nüfus, toplam ulusal ürün ve araç miktarı dikkate alınarak dört formülü genetik algoritma transport planı geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Minimum toplam ortalama göreceli hata veren en uygun model gelecek tahmini için seçilmiştir (Haldenbilen ve Ark., 2005).

Tabu Arama

Tabu arama algoritması (Tabu Search) tesis yerleşimi, çizelgeleme, ulaştırma, parti büyüklüğü gibi birçok kombinatorial eniyileme problemlerine başarıyla uygulanmış tekniklerden birisidir (Güden ve Ark., 2001; Alabaş ve Ark., 2002). Gerçek hayatta karşılaşılan birçok sistem, genellikle büyük boyutlu, karmaşık ve birtakım belirsizlikler içermektedir. Bu tür sistemlerdeki problemlerin çözümü bilinen eniyileme metotlarıyla çok zor kimi zaman da imkânsız olmaktadır. Bu tür sistemlerin analizi amacıyla çoğunlukla benzetim kullanılmaktadır. Benzetim modeli, bir girdi setine karşılık bir çıktı ya da çıktı setinin elde edildiği girdi-çıkıtı modelidir. Benzetim modeli; sistemin davranışını, analizini, ilgilenilen performans ölçütlerinin tahminini, farklı sistem parametrelerinin sonuç üzerindeki etkisini gözleme imkanı veren bir araçtır.

Karmaşık sistemler için matematiksel modelin kurulması çoğu zaman zordur. Model kurulsun bile çözüm zamanı maliyeti çok yüksek olduğundan kullanılamamaktadır. Dolayısıyla, bu tür karmaşık sistemlerin eniyilenmesi amacıyla benzetim modelinin kullanılması kaçınılmaz olmaktadır.

Benzetim tek başına bir eniyileme tekniği olmayıp sadece karar değişkenlerinin bir kombinasyonu için tahmini değerlerin elde edilmesini sağlar. Dolayısıyla, çözüm uzayı büyüdükçe karar değişkenlerinin oluşturacağı tüm kombinasyonların benzetim ile denemesi imkânsızdır. Bu nedenle, benzetim modeli ve eniyileme algoritmalarının birlikte kullanıldığı benzetim eniyilemesi teknikleri günümüzde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Arama algoritmaları, algoritmanın yapısına uygun olarak seçilen bir başlangıç çözümünden ya da çözümlerinden başlar ve farklı yapılar kullanarak yeni çözümlere ulaşırlar. Bu çözümler amaç fonksiyonu (benzetim modeli) ile değerlendirilir. Bu akış belirli bir durdurma koşulu sağlanıncaya kadar devam eder ve bu koşula ulaşıncaya en iyi / iyi çözüm bulunmuş olur.

Brumelle ve arkadaşları ormancılıkta üretim planlaması için tabu arama modeli kullanmışlardır. Planlamada topoğrafya, orman bütünlüğü ve yol yapım çalışmaları dikkate alınarak kesim alanlarında hangi üretim yöntemlerinin kullanılacağı belirlenmiştir (Brumelle ve Ark., 1998). Başka bir araştırmada ise orman yolları yapım çalışmaları ile üretim planlamasının taktik planlama kapsamında eş zamanlı yapılması konu edilmiştir. Çalışmada üretim maliyeti ile yol yapım maliyetini minimize edebilecek bir model Tabu arama yöntemi ile formüle edilmiştir (Richards, 2000). Agura tarafından yapılan çalışmada ise orman yollarının planlanmasında tabu arama eniyileme yöntemi kullanılmıştır (Agura, 2005).

Yapay Sinir Ağları

Son yıllarda bilgi teknolojisindeki gelişmeler bir yapay zeka teknolojisi olan yapay sinir ağlarının (Artificial Neural Network Modelling) kullanımını mümkün kılmıştır. Yapay sinir ağları çok değişkenli ve değişkenler arasında karmaşık, karşılıklı etkileşimin bulunduğu veya tek bir çözüm kümesinin bulunmadığı durumlarda başarılı sonuçlar üreten yapay zeka teknolojisidir. Yapay sinir ağı, insan beyninin çalışma ve düşünebilme yeteneğinden yola çıkılarak oluşturulmuş bir bilgi işlem teknolojisidir (Aktaş ve Ark., 2003).

Yapay sinir ağının yapısında nöron (hücre), bağlantılar ve öğrenme algoritması olmak üzere üç bileşen bulunur. Nöron bir yapay sinir ağının temel işlem elemanıdır. Nöronların birbirleriyle bağlantılar aracılığıyla bir araya gelmeleri, yapay sinir ağını

oluşturmaktadır. Ağda veriler, giriş katmanından ağa girerler ve bağlantılar aracılığı ile çıkış katmanına kadar her katmanda ve nöronda işlenerek iletilirler.

Basitçe tarif etmek gerekirse, bir yapay sinir ağı hata yaparak öğrenir. Öğrenme algoritması adı verilen bir algoritma, hedef çıktı adı verilen ve girdilere ilişkin olarak gerçek hayat modelinden elde edilmiş değerlerle, ağın bu girdiler için ürettiği çıktıları karşılaştırarak, hata değerlerini hesaplar. Bu hata değerlerinden yararlanarak ağın ağırlık değerlerini düzeltir ve bu işlem, ağ hedef çıktıları üretinceye kadar tekrarlanır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Genel anlamda orman ürünlerinin üretim ve dağıtımının maliyet ve zaman bakımından optimize edilmesi gerekmektedir. Her problem farklı özellikler barındırmaktadır. Bu nedenle hazırlanan bir yöntemin bütün problemlerin çözümüne hizmet etmesi mümkün değildir. Farklı problemleri en iyi şekilde tanımlayan ve çözümde en iyi sonucu verecek matematiksel modellere ihtiyaç duyulduğu için farklı eniyileme yöntemleri oluşturulmuştur.

Bu çalışmada genel olarak en yaygın şekilde kullanılmakta olan ve ormancılıktaki taşıma problemlerine uygulanabileceği düşünülen yöntemler tanıtılmıştır. Doğrusal programlama yöntemi en eski yöntemlerden biri olup taşıma problemlerinde sıkça kullanılmış bir yöntemdir. Ancak bu yöntemde sonuç bütün kısıtların yerine getirildiği durumlarda elde edilebilmektedir. Aynı zamanda, çözümde model yöneticisinin davranışları ön plana çıkmaktadır. Bu yöntemden sonra, amaç programlama ile belirli kısıtların tam olarak yerine getirilmesi koşulu aranmadan sonuç elde amaçlanmıştır. Daha sonraları ise veri miktarı ve kümelerinin artması yanında yapay zekâ çalışmalarının gelişimi ile sezgisel yöntemler geliştirilmiştir.

Günümüzde ormancılıktaki taşıma problemlerinin çözümünde farklı yöntemler uygulanmaya çalışılmaktadır. Ancak, genel kabul görmüş ve yaygın olarak kullanılmakta olan bir yöntem yoktur. Bu nedenle eniyileme yöntemlerinin ormancılar tarafından da öğrenilmesi ve problemlerin özelliklerine göre seçilmesi gerekmektedir.

Eniyileme yöntemlerinin bu problemlerin çözümünde kullanılması ile Orman Genel Müdürlüğünün yıllık bütçesinin önemli bir bölümünü oluşturan taşıma giderlerinde önemli tasarruflar sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

- Acar, H. H., Gül, A. U., Gümüş, S. 2000. Bölmeden Çıkarma Çalışmalarında Toplam Maliyetin Minimizasyonu için Doğrusal Programlama Kullanımı Bir Araştırma. TÜBİTAK Doğa Dergisi, 24: 383-391.
- Akın, Ö. 2007. Dinamik Programlama. <http://www.ozyazilim.com>.
- Aktaş, R., Doğanay, M., Yıldız, B. 2003. Mali Başarısızlığın Öngörülmesi: İstatistiksel Yöntemler ve Yapay Sinir Ağları Karşılaştırması. Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi, 58, 4: 105-117.
- Alabaş, Ç. Dengiz, B. 2002. Tabu Arama ile Yapay Sinir Ağlarının Eğitimi. Yöneylem Araştırması Dergisi, 13, 14: 1-12.
- Anonim, 2009. Orman Genel Müdürlüğü 2006 yılı ormancılık istatistikleri. http://www.ogm.gov.tr/bilgi_edinme/istatistik.htm, erişim tarihi: 09.01.2009
- Aruga, K. 2005. Tabu search optimization of horizontal and vertical alignments of forest roads. J For Res, 10: 275-284.

- Brumelle, S., Granot, D., Halme, M., and Vertinsky, I. 1998. A tabu search algorithm for finding good forest harvest schedules satisfying green-up constraints. *European Journal of Operational Research*, 106: 408-424.
- Çalışkan, E. 2008. Orman Yolların Odun Hammaddesi Taşımalarının Tavlama Benzetimi Yöntemi İle Optimizasyonu. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 2004.
- Eker, M. 2004. Ormancılıkta Odun Hammaddesi Üretiminde Operasyonel Planlama Modelinin Geliştirilmesi. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 2004.
- Epstein, R., Morales, R., Seron, J. and Weintraub, A. 1999. Use of OR Systems in the Chilean Forest Industries. *Interfaces*, 1, 29: 7-29.
- Epstein, R., Weintraub, A., Sapunar, P., Nieto, E., Sessions J., Bustamante, F. and Musante, H. 2006. A combinatorial Heuristic Approach for Solving Real-Size Machinery Location and Road Design Problems in Forestry Planning. *Operations Research*, 54, 6: 1017-1027.
- Greulich, F. E. 1991. Optimal Landing Location on Flat, Uniform Terrain. *Can. J. For. Res.*, 21: 573-584.
- Güden, H., Vakvak, B., Özkan, B., E., Altıparmak, F., ve Dengiz, B. 2001. Genel Amaçlı Arama Algoritmaları İle Benzetim Eniyilemesi: En İyi Kanban Sayısının Bulunması. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 16, 1: 2-15.
- Haldenbilen, S., Ceylan, H. 2005. Transport Demand Management in Turkey: A Genetic Algorithm Approach. *Transportation Planning and Technology*, 28, 6: 403-426.
- Johanson, O. 1997. Optimal Road-Pricing: Simultaneous Treatment of Time Loses, Increased Fuel Consumption, and Emissions. *Transportation Research Part B*, 31, 1: 77-87.
- Karaca, S. 2006. Yapay Zeka. <http://www.yapay-zeka.org>.
- Karaman, A. 1997. Doğu Karadeniz yöresinde farklı çalışma koşullarında kesim ve sürütme işlerinde işgüçlüğü kriterlerinin araştırılması ve verim üzerine etkisinin belirlenmesi. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 1997.
- Koger, J. L., and Webster, D. S. 1986. Maximizing Profits of Ground -Based Harvesting. *Forest Products Journal*, 36: 25-31,
- Köse, S. 1984. Değiştirilmiş Simpleks Yöntemi ile Doğrusal Amaç Programlama Modellerinin Çözümü. *KÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 7, 2: 171-188.
- Kurt, M. and Semetay, C. 2001. Genetik Algoritma Ve Uygulama Alanları. *Mühendis ve Makina*, 9, 5: 55-64.
- Olsson, L., and Lohmander, P. 2005. Optimal forest transportation with respect to road investments. *Forest Policy and Economics*, 7: 369- 379.
- Pentek, T., Dragutin, P., Igor, P., Pavol, D and Hrvoje, N. 2005. Analysis of an Existing Forest Road Network. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 26, 1: 39-47.
- Richards, E. W., Gunn, E.A. 2000. A model and Tabu search method to optimize stand harvest and road construction schedules. *For Sci*, 46: 188-203
- Rönnqvist, M. 2003. Optimization in Forestry, *Math. Program.*, 97: 267-284.
- Soykan, B. 1978. Ormancılıkta Transport ya da Dağıtım Sorunlarının Çözümü. *K.T.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, 1, 2: 93-105
- Stückelberger, J. A., Heinemann, H.R., and Burlet, E. C. 2006. Modeling Spatial Variability in the Life-Cycle Costs of Low-Volume Forest Roads. *Eur J Forest Res.*, 125: 377-390.