

## ODUN HAMMADDESİ ÜRETİMİNDE OPERASYONEL PLANLAMA YÖNTEMİ

Mehmet EKER<sup>1\*</sup> Hulusi ACAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SDÜ Orman Fakültesi, 32260 Isparta

<sup>2</sup>KTÜ Orman Fakültesi, Trabzon

\*meker@orman.sdu.edu.tr

### ÖZET

Operasyonel planlama; belirli bir alandaki ormancılık operasyonlarını sürdürmek için işgücü, para ve zaman girdilerini kullanarak gerekli olan orman kaynaklarına erişimi, kullanılmasını, yenilenmesini ve korunmasını olanaklı kılan metotlar, programlar ve sorumluluklar bütününe kapsayan bir üretim planlaması yaklaşımı olup hiyerarşik planlama yönteminin, son aşamasıdır. Odun hammaddesi üretimine ilişkin kısa vadeli, detay uygulama planını ortaya koyabilen, ortalama üretim maliyetlerini ve meşcere zararlarını azaltabilen, orta ve uzun vadedeki amaçlara uygun, zaman ve konumsal duyarlılığı olan planlara ve bu nedenle de operasyonel planlamaya ihtiyaç vardır. Bu çalışmada; operasyonel planlamanın yöntembilimi tanıtılmış, planlamanın temel adımları sıralanmış, benzer bir planlama yönteminin Türkiye ormancılığında uygulanabilmesi için yönetici, planlayıcı, araştırmacı ve uygulayıcılara yol gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Operasyonel planlama, odun üretimi, matematiksel modelleme, Analitik Hiyerarşi Süreci

### OPERATIONAL PLANNING METHOD FOR TIMBER HARVESTING

#### ABSTRACT

Operational planning, last step of the hierarchical planning methods, is a production planning approach that comprises of the methods, programs, and responsibilities, which enables to be reached, used, renovated, and protected of forest resources by using of workforce, money, and time inputs to sustain forestry operations in certain area. It is necessary the operational planning in timber harvesting, which can expose a short-term detailed plan, can minimize harvesting unit cost and stand damage, is appropriate mid and long-term forestry objectives, and has a time and spatial sensitivity. In this article; it was introduced the methodology and enumerated basic steps of the operational planning. It was guided to forestry manager, planner, researcher, and practicer so that a similar operational planning method can be applied to Turkish Forestry.

**Keywords:** Operational planning, timber harvesting, mathematical modelling, Analytical Hierarchy Process

### 1.GİRİŞ

Odun hammaddesi üretiminde Operasyonel Planlama (OP); odun üretim etkinlikleri kapsamında; hangi miktarda ve nitelikteki odun hammaddesinin, hangi kaynaklardan (eta, insan-hayvan-makine işgücü, para, zaman) ne kadar kullanılarak, ne zaman ve nasıl üretileceğinin; nereden, nasıl ve nereye taşınacağı; topoğrafik/teknik, ekonomik, çevresel, ergonomik ve sosyo-ekonomik ölçütlere göre planlanması, anlamına gelir (Eker, 2004). OP; belirli

alanlardaki ormancılık operasyonlarını sürdürmek için işgücü, para ve zaman girdilerini kullanarak gerekli olan orman kaynaklarına erişimi, bunların kullanımını, yenilenmesini ve korunmasını olanaklı kılan metotlar, programlar ve sorumluluklar bütününe kapsayan bir planlama yaklaşımıdır. Odun hammaddesi üretimine yönelik faaliyetleri konu edinir ve bu faaliyetlerden beklenen hedefleri başarmak için gerekli olan süreç ve eylemleri organize etmeye yarayan bir üretim planlaması yöntemidir.

OP; hiyerarşik planlama yönteminin, son aşamasıdır. Planlama, karar alma sürecidir ve hiyerarşik planlama yaklaşımına göre bu süreç; stratejik, taktiksel ve operasyonel olmak üzere 3 düzeyde sıralanmıştır (Weintraub ve Cholaky, 1991; Laroze ve Greber, 1991; Lockwood, 1998; Başkent, 1999). Hiyerarşik planlama yönteminin aşamaları ve genel özellikleri Çizelge 1' de özetlenmiştir. Buna göre; OP, kısa vadeli planlama aşamasıdır. Günlük, haftalık, aylık, 3 aylık, yıllık ya da 18 aylık uygulama planlarını türetebilir. Burada üretim tekniği detaylandırılır ve kamyonlu taşıma programları da bu düzeyde belirlenebilir. Amaç, uygulamanın yararlılığıdır. Planın faaliyet alanı dardır ve planlama çok detaylıdır. Belirsizlik ve risk seviyesi ise düşüktür (Martel vd.,1998; McNaughton vd., 2003; Weintraub vd., 2000).

OP, hiyerarşik planlama yaklaşımı içinde farklı zamansal ve konumsal boyutlarda ele alınmaktadır. OP, bazen tek bir bölmeyle ait sezon planı şeklinde yapılabilmektedir (Boylard, 2003). Öte yandan, Dykstra ve Heinrich (1996), odun üretiminin bu (yıllık) düzeydeki planlanmasını, taktiksel planlama aşaması içinde ele almıştır. Robak ve Murty (2006), ormancılık planlama sistemini; uzun dönemli stratejik planlama, birleştirilmiş taktiksel ve operasyonel planlama, yıllık operasyonel planlama ve operasyonel kontrol olarak sınıflandırmış; operasyonel planlamayı orta ve kısa vadeli planlama yöntemi olarak belirtmiştir. Karlsson vd. (2002), OP'ya konu olan kısa dönemli odun üretim planlamalarının yıllık, 3 aylık ve aylık düzeyde yapılabildiğini belirtmiştir. Robak'ın (1984) geliştirdiği OP-PLAN adındaki OP aracında; bölge, işletme ve bölme bazında üretim, transport, ana ve tali yollar ile silvikültürel işlemler de operasyonel planlama aşamasında konu edilmiştir. Daha sonra, Robak (2004), OP düzeyini; orta vadeli (5 yıla kadar), yıllık ve çok kısa vadeli olmak üzere üçe ayırmıştır.

Orman kaynaklarından faydalanmanın sürdürülebilirliğinin ekonomik, ekolojik ve sosyal boyutu açısından, odun hammaddesi üretimine odaklı ormancılık faaliyetlerinin bir planlama çerçevesinde yürütülmesi gereklidir. Bu bakımdan; kısa

Çizelge 1. Hiyerarşik planlama yaklaşımının bazı genel özellikleri (Gunn, 1991).

Özellikler	Stratejik Planlama	Taktiksel Planlama	Operasyonel Planlama
Zaman Kapsamı	Uzun	Orta	Kısa
Faaliyet Alanı	Geniş	Orta	Dar (Sınırlı)
Detay Düzeyi	Bütünsel	Kısmen Bütünsel	Çok detaylı
Belirsizlik Derecesi	Yüksek	Orta	Düşük
Risk Seviyesi	Yüksek	Orta	Düşük

vadeli, detay uygulama planını ortaya koyabilen, ortalama üretim maliyetlerini ve meşcere zararlarını azaltabilen, orta ve uzun vadedeki amaçlara uygun, zaman ve konumsal duyarlılığı olan bir planlama yöntemine ihtiyaç vardır.

Bu çalışmada, bu ihtiyacın giderilmesi amacıyla kavramsal çerçevesi önceden belirlenmiş (Eker, 2004) ancak geliştirilmeye ve değişimlere uygun olan operasyonel planlamanın yöntembiliminin tanıtılması, bu planlamanın nasıl yapıldığı hakkında temel adımların genel hatlarıyla sıralanması ve böylece, benzer bir planlama yönteminin Türkiye ormancılığında uygulanabilmesi için yönetici, planlayıcı, araştırmacı ve uygulayıcılara yol gösterilmesi amaçlanmıştır.

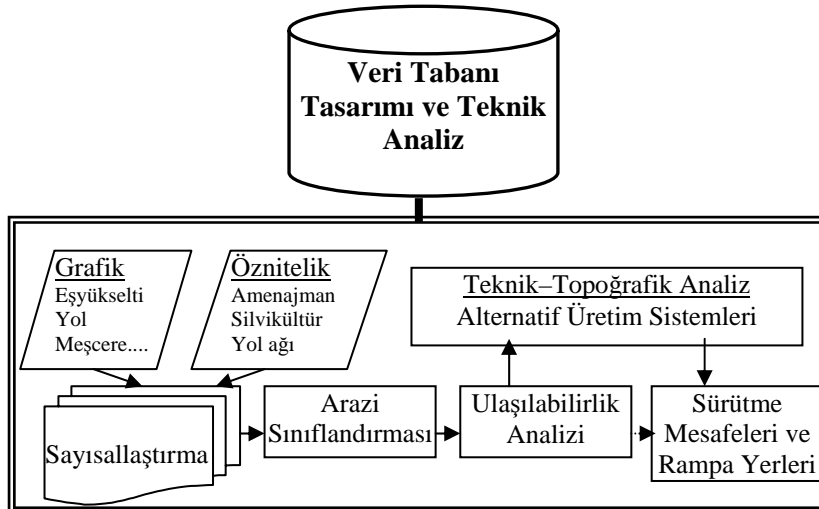
## 2. OPERASYONEL PLANLAMA YÖNTEMİ

Operasyonel planlama yönteminin geliştirilebilmesi için; üretim planlaması (Acar, 2001), transport planlaması (Bayoğlu, 1996 ve Acar, 1994) ve hiyerarşik planlama (Weintraub ve Cholaky, 1991 ve Gunn, 1991) yönteminden yararlanılmıştır. OP yöntemi; (1) Veri tabanı tasarımı ve teknik analiz, (2) Nicel ve nitel maliyet analizi, (3) Operasyonel kararların modellenmesi, sentez ve operasyonel plan taslağının oluşturulması, aşamalarından ibarettir (Şekil 1, 2 ve 3) (Eker, 2004):

### 2.1. Veri Tabanı Tasarımı ve Teknik Analiz

Bir veri tabanı ve ardından da bir bilgi sisteminin oluşturulması aşamasında aşağıdaki adımlar izlenmiştir (Şekil 1);

1. Planlama alanının tanınabilmesi için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla konumsal veri tabanı oluşturulur. Topoğrafik, meşcere tipleri, yol ağı ve jeoloji haritaları ile bunlara ait öznitelik bilgiler CBS teknolojileri kullanılarak sayısallaştırılır ve bilgisayar ortamında depolanır. Üretim yapılacak bölmeler işaretlenir. Planlama öncesi uygulama sonuçları, dikili ağaç tutanakları, depo kayıtları, bir yıl önceki bilânçolar vb.,(öznitelik) veri tabanında ilgili yere işlenir.



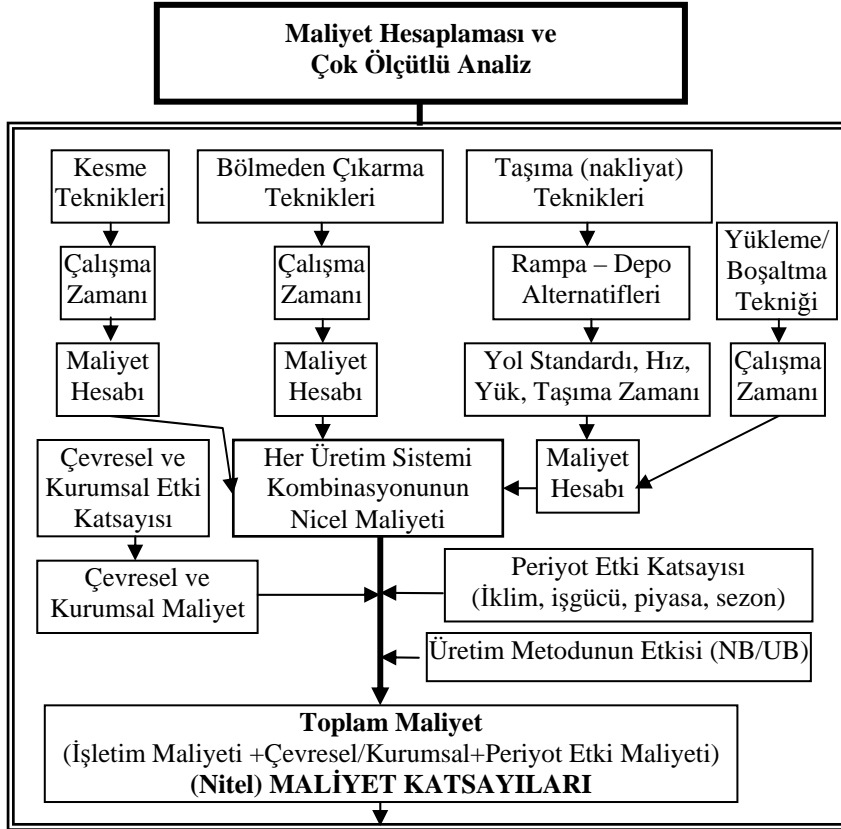
Şekil 1. Veri tabanı tasarımı ve teknik analiz aşaması, iş akışı (Eker, 2004).

2. CBS yazılımları kullanılarak, eğitim gruplarına göre fonksiyonel arazi sınıflandırması (Samset, 1979; Acar, 1994) yapılır. Burada, kullanılacak bölmeden çıkarma tekniklerinin uygun biçimde çalışabileceği eğitim sınırlarına göre bir arazi sınıflandırması yapılır.
3. CBS yardımıyla planlama alanındaki orman yol yoğunluğu ve işletmeye açma oranı belirlenir. Hangi bölmelere hangi orman yolu ile ulaşılacağı yada ulaşılamayan bölmeler olup olmadığı ortaya çıkarılır (ulaşılabilirlik analizi).
4. Teknik-topoğrafik analiz aşamasında kullanılacak bilgiler, planlama hazırlık aşamasında yapılacak, yöresel teknolojiyi belirlemeye yönelik etüt, anket ve gözlemi gerektirir (Eker, 2004). Planlama alanında çalışan orman köylülerinin yada müteahhitlerin kesme, bölmeden çıkarma ve taşıma işlerinde kullandığı alet, araç-gereç ve diğer donanımlar belirlenir. Alternatif tekniklerin ve bunların oluşturacağı üretim sistemi kombinasyonlarının kullanılabilirliği; bölmelerin topoğrafik yapısına, ulaşılabilirliğe ve silvikültürel müdahale şekline göre belirlenir.
5. Alternatif bölmeden çıkarma teknikleri için sürütme mesafeleri hesaplanır ve rampa yerleri belirlenir. Sürütme mesafelerin belirlenmesi için transport sınırları oluşturulur. Bölmeler, üretim ünitelerine/bloklara ayrılır. Her bir blok için ya da komşu bloklar için muhtemel rampa yerleri sayısal arazi modelleri yardımıyla belirlenir. Bölmeden çıkarma tekniğine, yolun konumuna, sürütme yönüne, yamacın uzunluğuna ve eğimine bağlı olarak her bir blok için gerçek ortalama sürütme mesafeleri (Erdaş, 1997) hesaplanır. Bir bölme içindeki blokların, bölmeden çıkarma tekniğine göre sürütme mesafeleri bulunduktan sonra, ağırlıklı ortalamaya göre, her bir bölmenin gerçek ortalama sürütme mesafesi elde edilir. Böylece, her bir bölme için ortak rampa yerleri bulunabilir; alternatif bölmeden çıkarma teknikleri için sürütme mesafeleri belirlenebilir (Eker, 2004).

## 2.2. Nicel ve Nitel Maliyet Analizi

OP' nin amaçlarından en önemlisi, ortalama üretim maliyetlerinin mümkün olduğunca en aza indirilmesidir. Üretim maliyetleri; arazi özelliklerine, meşcereye, ürünün tipi ve miktarına, üretim zamanına ve kullanılan üretim sistemine göre değişmektedir. Üretim sistemleri arasından amaca en uygun olanını seçebilmek için her birinin işletim maliyetlerinin hesaplanması gereklidir. Böylece, ekonomik ölçüte göre bir karşılaştırma düzlemi elde edilebilir. Her bir üretim sistemine ait ortalama üretim maliyetinin bulunması; nicel maliyet analizi olarak adlandırılabilir ve aşağıdaki iş adımlarını içerir (Şekil 2);

1. Dikili durumdaki ağaçların kesilip devrilmesi, dal tepe ve uçlarının alınması, ölçülüp tomruklanması ve kabuklarının soyulması için harcanan giderler, kesme maliyeti olarak adlandırılmıştır. Budama ve tomruklama ile kabuk soyma işlemleri de kesme işlemi içine alınarak kesme maliyeti; 1 m<sup>3</sup> odunun elde edilmesi için kesme sürecinde harcanan standart zaman ile bu zamanda kullanılan; insan, hayvan ve makine işgücü giderinin fonksiyonu olarak hesaplanabilir.



Şekil 2. Nicel ve nitel maliyetlerin hesaplanması aşaması, iş akışı.

2. Motorlu testere ve insan gücüyle çalışma (standart) zamanları, OGM (1996) tarafından belirtilen yöntemle hesaplanır.
3. Bölmeden çıkarma maliyetinin hesaplanmasında; sürütme mesafesi ile bu mesafede  $1 \text{ m}^3$  ürünün taşınması için gereken çalışma zamanının belirlenmesinde gerçek ortalama sürütme mesafeleri kullanılır. Standart zamanların belirlenmesinde ise 288 Sayılı Tebliğ' de (OGM, 1996) belirtilen yöntem kullanılır.
4. Taşıma maliyetleri, rampa ile depo arasındaki mesafenin, bu mesafeyi kat etmede geçen zamanın, bu zamanda ve mesafede taşınan yükün ve bu etkinliğe karşılık gelen bedel ile temsil edildiğinden; maliyeti oluşturan her bir fonksiyon ayrı ayrı tespit edilir. Sayısal yol ağı haritası üzerinden, her bir bölmeden planlama alanında bulunan alternatif depolara, farklı yollardan erişilebilirliğin analizi yapılır.
5. Taşıma araçlarının hızlarının, taşıma süresinin fonksiyonu olmasından dolayı; ham/toprak, stabilize ve asfalt yolda taşıma hızları ve taşıma (yük) kapasiteleri tanımlanır ve taşıma zamanları bulunur. Her bir yol standardı için yüklü ve boş seyahat zamanları ve rotalara ait mesafeler kullanılarak sefer süresi bulunur. Kamyonla çalışma zamanının hesaplanmasında (Aykut, 1984) yükleme ve boşaltmada geçen zamanlar da belirlenir. Taşıma operasyonuna ait sabit ve

değişken maliyetler toplanarak 1 m<sup>3</sup> ürünün alternatif rotalardan alternatif depolara kadar taşınması halindeki maliyeti, her bir bölme ve her bir yol standardına göre ayrı ayrı hesaplanmış olur (Eker, 2004).

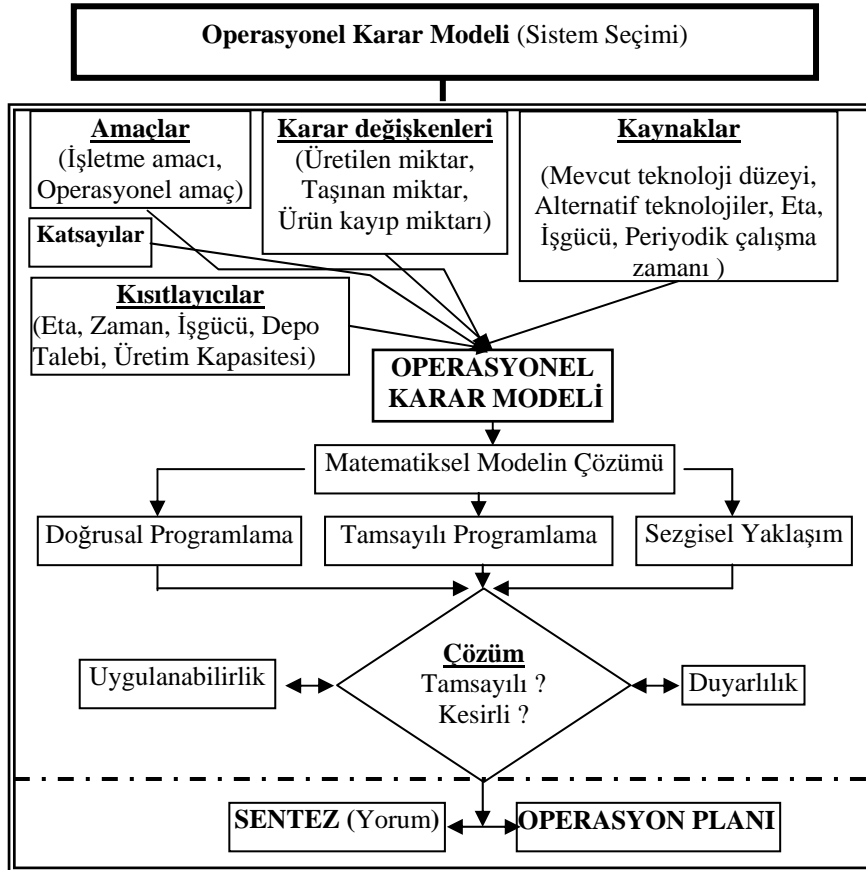
Ancak, ekonomik açıdan en uygun olan üretim sistemi yada teknikleri, ekolojik ve sosyal açıdan uygun olmayabilir. Bu bakımdan ekolojik ve sosyal ölçütler açısından da uygun olan üretim sistemini seçmek için mikro düzeyde teknoloji seçimi (Engür, 1996) yaklaşımıyla, çok ölçütlü analizlerden yararlanır. Bu işlem için şu yöntem izlenebilir:

1. Uygun üretim sistemini seçmede kullanılacak ölçütler belirlenir. İşletme amaçları, odun üretiminin amaçları, üretimi etkileyen faktörler, vb. göz önünde bulundurulur; ekonomi, teknik (topoğrafya), ekoloji (çevre), sosyo-ekonomi ve ergonomi ölçüt olarak alınabilir. Bu ölçütlerin hangisinin daha önemli olduğunu belirlemek ve seçimi kolaylaştıracak bir katsayı elde etmek için Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) (Saaty, 1989; Engür, 1996) kullanılabilir.
2. Bu 5 ana ölçüt, 17 alt ölçüte (belirteç) ayrılabilir. Bunlar; *operasyon maliyeti, verimlilik, yatırım gereksinimi, elde edilebilirlik, kullanılabilirlik, iş ve ürün kalitesi, iklime bağımlılık, planlama gereksinimi, toprak korunması, kalan meşcerenin korunması, vejetasyonun korunması, yaban hayatının korunması, işlendirme kapasitesi, eğitim gereksinimi, yöresel kalkınmaya katkı, işçi sağlığı ve iş güvenliği, iş yükünün fiziksel-bedensel etkisi* şeklindedir. AHS yöntemi kullanılarak çevresel etki katsayısı elde edilir. Bu katsayı, uygun üretim sisteminin seçiminde bir karşılaştırma ölçütü olarak kullanılır ve nicel maliyet üzerine de bir ceza katsayısı olarak ilave edilebilir (Eker, 2004).
3. Üretim zamanı da üretim verimliliğini ve dolayısıyla üretim maliyetlerini etkiler. Örneğin, yıllık operasyonel planlamada sezon farklılıkları; verimliliği, işgücü teminini, çalışabilirliği, makine kullanılabilirliğini, maliyetleri vb. etkiler. Bu yüzden her bir periyodun sistem seçimindeki etkisini ölçebilmek için; iklim, işgücü, piyasa ve sezon farklılıkları dikkate alınarak 12 farklı ölçüte (*ulaşılabilirlik, çalışılabilirlik, işgücü temini, işletmenin para gereksinimi, toprak zararları, operasyon maliyeti, verimlilik, işçi ve iş güvenliği, meşcere zararları, üründe meydana gelen zararlar, piyasanın hammadde talebi, silvikültür*) göre de periyodik etki katsayıları elde edilir.
4. Üretim metotları da (uzun ve normal boy tomruk metodu) hem operasyonel verimliliği, hem mekanizasyon düzeyini hem de maliyetleri etkiler. Bu bakımdan üretim metotlarına göre de bir oran belirlenir ve üretim sistemlerinin maliyetlerine eklenir.
5. Her bir sistemin her bir bölmedeki işletim maliyeti (nicel maliyeti) ile öncelikle çevresel etki katsayı çarpılır ve ortaya çıkan miktar, işletim maliyetine eklenir. Böylelikle, her bir sistemin ekonomik üstünlüğü yanında ekolojik, ergonomik, teknik ve sosyo-ekonomik bakımdan avantajı yada dezavantajının da maliyeti belirlenebilir. Bu, nitel maliyet değerlerini ortaya çıkarır.
6. Nitel maliyetlere, daha sonra periyot etki katsayıları eklenir. Böylece, herhangi bir bölmenin yılın ilk sezonunda üretime açılması ile son sezonda üretime açılması arasında; ekonomik, ekolojik, ergonomik, teknik ve sosyo-ekonomik açıdan bir karşılaştırma yapılabilir. Üretim metotlarının oluşturacağı maliyet

farklılığı da bu aşamada, nitel maliyetlere eklenir. Böylece çok ölçütlü değerlendirmelerin yapılabileceği üretim sistemi maliyet katsayıları elde edilebilir (Eker, 2004).

### 2.3. Operasyonel Kararların Alınması ve Modelleme

Operasyon planlamada çözülmeye çalışılan problem; alternatif üretim sistemleri arasından en uygununun seçilmesi ve bu seçim aracılığıyla hangi bölmede, hangi üretim metodu ve sisteminin ne zaman uygulanacağını; ürünlerin hangi yoldan hangi depoya taşınacağını bulunması ve buna bağlı olarak kaynak tahsislendirmesinin nasıl yapılacağını belirlenmesi şeklindedir. Bu, bir karar verme problemidir. Benzer problemlerin çözümü için en uygun kararları vermeyi destekleyebildiği ispatlanmış olan yöneylem araştırması teknikleri (Dykstra, 1976; Acar vd., 2000; Eker, 2004; Başkent, 2004) operasyonel kararların alınması için de kullanılabilir. Bu amaç için öncelikle matematiksel bir modelin (Rardin, 2000; Taha, 2000) oluşturulması gereklidir. Bu, planlamaya konu olan amaçların, kısıtlayıcıların, karar değişkenlerinin, kaynakların ve katsayıların belirlenmesi ve sayısal duruma getirilmesi anlamına gelir. Bu aşamada aşağıdaki adımlar izlenir (Şekil 3);



Şekil 3. Operasyonel karar modelinin oluşturulması, sentez ve plan aşaması.

1. Matematiksel modelleme için planlama problemi tanımlanır, bileşenleri ortaya konulur ve sayısallaştırılır. Problem; hangi bölmenin hangi periyotta üretileceği, her bir periyotta üretilmesi gereken odun miktarı, hangi üretim metodunun ve üretim sisteminin kullanılacağı, rampa yerlerinin nerede olacağı, hangi bölmenin hangi yol ile işletmeye açılacağı, depolara taşınacak ürün miktarı, üretimde kullanılacak insan, makine ve hayvan gücü miktarı, taşıma aracı tipi ve sayısı, ne kadar ürün kayıpları olabileceği vb. soruların bileşiminden oluşur.
2. Matematiksel bir modelin ortaya koyacağı amacın belirlenmesinde; işletmenin odun üretim faaliyetlerinden beklenen amaçları dikkate alınır. Amaç, kısaca “*1 m<sup>3</sup> odun hammaddesi üretmek için katlanılan ortalama toplam maliyetin minimizasyonu*” olarak tarif edilebilir.
3. Modelde yer alacak temel parametreler ve değerleri belirlenir. Bunlar; her bir bölmenin izin verilen yıllık üretim miktarı (ara ve/veya son hasılat etası), her hangi bir üretim yöntemi ile elde edilecek ürün miktarı, her bir depoda belirli bir periyotta odun hammaddesine olan ihtiyacın minimum ve maksimum miktarı, her bir bölmede; kesme ve bölmeden çıkarma operasyonlarının periyotlara, üretim metoduna ve üretim sistemlerine göre ortalama birim maliyeti, her bir depoya her bir bölmeden taşınan odun hammaddesinin periyotlara, üretim metoduna ve tercih edilecek yolun rotasına göre taşıma (yükleme ve boşaltma dahil) maliyeti, her bir üretim sisteminin üretim kapasitesi (verimi), her bir üretim sisteminin kullanılması durumunda ortaya çıkan ürün kayıp miktarı, planlama yılının her bir periyodunun çalışılabilir zamanının uzunluğu (periyot uzunluğu), planlama alanında kullanılabilir işgücü (insan, hayvan, makine) kapasitesinin miktarıdır.
4. Karar verme problemini etkileyen kaynakların gösterge (indis) değerleri: Planlama periyodu uzunluğu (1 yıl veya daha kısa olarak alınabilir); Periyot sayısı (Mevsimler, orman köylülerinin çalışabildiği gün sayısı, iklim etkisi, vejetasyon zamanına bağlı olarak yılın bölündüğü sezonlar); Üretim bölmelerinin sayısı (Ara ve son hasılat alınacak bölmeler); Üretim sistemlerinin sayısı (Kullanılmakta olan ve alternatif olarak kullanılabilen üretim sistemleri); Üretim yöntemlerinin sayısı/ürün tiplerinin çeşit sayısı (üretim yöntemleri veya ürün çeşitlerinin sayısıdır. Örneğin; tomruk veya bütün gövde yöntemi gibi); Rampa yerlerinin sayısı (Her bir bölmedeki muhtemel rampa yerlerinin sayısıdır); Depoların sayısı (Yörede, ürünlerin taşınabildiği depoların tümünün sayısıdır); Bölme-depo bağlantısını sağlayan “rota” (güzergah) sayısı (Her bölmeden her bir depoya farklı orman yollarının kullanılarak gidilmesi halinde, alternatif yol bağlantılarının sayısını temsil eder) şeklinde belirlenebilir.
5. Planlama amaçlarının yerine getirilmesini kısıtlayan faktörler ise; bölmelerin verebileceği eta miktarı, çalışılabilir zaman, kullanılabilir işgücü miktarı ve kapasitesi, depoların ihtiyaç duyduğu odun hammaddesi miktarı şeklinde sıralanabilir.
6. Modelin matematiksel formülasyonunda kullanılacak katsayılar ise, bir önceki aşamada elde edilen nicel ve nitel maliyet katsayılarıdır.



Böylelikle; belirlenmiş amaçlar, kaynaklar ve kısıtlayıcılara karşı ekonomik, ekolojik, teknik, sosyo-ekonomik ve hatta ergonomik bir üretim sisteminin seçimini yapabilecek ve planlayıcıya karar desteği sağlayacak bir matematiksel model formülasyonu oluşturulabilir. Bu modelin çözülebilmesi için matris çözücü çeşitli paket programlar (LINDO gibi) kullanılabilir. Model, doğrusal programlama yada tamsayı programlama tekniklerinden birine uygun biçimde kurulabilir. Ancak diğer yöneylem araştırması tekniklerinden de yararlanılabilir. Çözümleme için, paket programların yetersiz kalması durumunda optimal sonuçlar vermeyen ancak optimale yakın yada problem için uygulanabilir sonuç verebilen sezgisel (heuristic) ve metasezgisel (metaheuristic) yaklaşımlardan yararlanılabilir.

Matematiksel modelin sunduğu çözüm elde edildikten sonra, planlamaya konu sistem için duyarlılık analizi ile veya test problemleri ile denetleme yapılabilir. Burada, planlamadan beklenen yararlılığın denetimi yapılır. Operasyonel karar modelinin sunduğu çözümün, planlamada kullanılan kaynakları, sınırlanan miktarları çerçevesinde kullanıp kullanmadığı (eksik veya fazla kapasite); amaç fonksiyonunu en iyilemesine karşılık sunduğu çözümün kabul edilebilir olup olmaması vb. konusunda yorumlar yapılır (Sentez aşaması).

Planlama eylemi sonucunda elde edilen çıktı, yani ürün; operasyonel plandır. Bu aşamada üretim uygulamaları için maliyetlendirilmiş bir plan hazırlanır ve planlanan aktiviteler için kurumsal sorumluluklar ifade edilir. Planda, tüm uygulamalara ait operasyonel bilgiler yer alır (Planın oluşturulması aşaması).

### 3.İRDELEME

Odun hammaddesi üretimindeki yüksek işletim maliyetlerini (OGM, 2004) azaltmak; üretim faaliyetlerinden kaynaklanan çevresel zararları (Eker ve Acar, 2005) uygun üretim sistemlerinin seçilmesi yoluyla azaltmak; üretim etkinliklerine girdi olan kaynakların tahsislendirilmesini en iyi şekilde sağlamak; faaliyet etkinliğini (Erdaş, 1986; Bayoğlu, 1996) arttırmak; ergonomik üretim sistemlerinin seçilmesi (Engür, 1996) yoluyla üretim operasyonlarını insan lehine çalışılabilir duruma getirmek; operasyonlar sırasında meydana gelen ürüne yönelik kalite ve miktar kayıplarının (Gürtan, 1975) azaltılması için planlama yoluyla önlemler almak ve kurumsal - sosyal beklentileri (OÖİKRT, 2006) kısa vadede tatmin etmek amacıyla operasyonel planlamaya gereksinim duyulmaktadır (Eker, 2004).

Bu çalışmada tanıtılan operasyonel planlama yöntemi; bütçe hazırlığına ve bütçenin dengelenmesine bağlı olarak 12 aylık planlama yörüngesini kapsamaktadır. Kapsadıkları zaman açısından, hiyerarşik planlama yaklaşımına (Lockwood, 1997; Gunn, 1991; Başkent, 1999; Weintraub, 2003) göre kısa vadeli planlardır. Planlama yörüngesi, çeşitli faktörlere bağlı olarak periyotlara ayrılmıştır. Ancak, planlama yöntemine çeşitli adımlar ve ayrıntılı veriler eklenmek suretiyle, planlama yörüngesi 6 aylık, aylık ve hatta haftalık programlama düzeyine indirgenebilir yada 18 aylık yada 2 yıllık zamansal ölçeğe yükseltilebilir.

Buna karşın, planlamanın kapsadığı zamansal ölçek bakımından; OP yöntemi; Dykstra ve Heinrich' in (1996) yaklaşımına göre taktiksel planlama kapsamında kalmaktadır. Bununla birlikte Karlsson vd. (2002), odun üretim planlamasının yıllık düzeyde hazırlanmasını taktiksel planlama olarak nitelendirmiştir. Gunn

(1991), odun üretim planlamasına taktiksel plan içinde yer vermiştir. OP yöntemi zamansal içerik bakımından bunlardan farklıdır ancak, Burger ve Jamnick' in (1991) ve de Weintraub' un (2003) operasyonel planlama tanımına uygundur.

Planlamanın alansal kapsamı bakımından; OP, işletme şefliği yada planlama birimi düzeyindedir. Ancak, işletme müdürlüğü kapsamındaki alanları da planlayabilir. OP yöntemi, taktiksel düzeydeki amaçlar ve kısıtlayıcılar olarak amenajman ve silvikültür planlarının verilerini ve sonuçlarını kullanır. Mikro düzeyli transport planlama yöntemi (Acar, 1994) ile fiziksel planlama aşaması yönüyle, benzer özellikleri taşır. Ancak 10 yıllık (taktiksel) düzeyli transport planlaması (Bayoğlu, 1996) ve yol ağı planlaması yönteminden; alan, zaman ve veri bileşenleri bakımından farklılık gösterir.

Odun hammaddesi üretiminde, her bir üretim sisteminin ekolojik, ekonomik, sosyo-ekonomik ve ergonomik etkisini belirlemek oldukça zaman alıcı bir iştir. Ancak, üretim sistemlerinin kalitesini maliyetler yönüyle karşılaştırabilmek için, ormancılıkta kullanılmak amacıyla geliştirilmiş bir maliyetleme yöntemine rastlanmamıştır. Bu nedenle de, sıralama ve Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemlerinin kullanılmasıyla elde edilmiş etki katsayılarının, her bir sistemin işletim maliyetlerine adeta bir sabit/ceza maliyet katsayısı olarak eklenmesi, en azından şimdilik kabul edilebilir bir yöntem olarak benimsenmiştir. Çünkü, Eker (2004) tarafından OP yönteminin test edilmesi sırasında, çevresel ve periyodik etki katsayıları ile oluşturulan nitel maliyetlerin, operasyonel karar modelinin çözüm kümesini değiştirdiği; kullanılacak üretim sisteminin seçimini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. Ancak, salt ekonomik karşılaştırmalara dayalı bir planlamada, istenirse çevresel ve periyot etki katsayıları kullanılamayabilir.

Bununla birlikte, literatürde odun üretim operasyonlarının maliyetlerinin azaltılması için, matematik-istatistik yöntemlerle birlikte verimlilik ve maliyet fonksiyonları da kullanılmıştır (Acar, 1994). Ancak, ekonomikleğe bağlı klasik değerlendirme teknikleri planlamada yetersiz kalmıştır (Reimer, 1979). Bu yüzden, nicel (kantitatif) karar destek sistemlerine başvurulmuş, simülasyon ve optimizasyon tabanlı Yöneylem Araştırması (YA) teknikleri kullanılmaya başlanmıştır (Soykan, 1978; Gül vd., 2000). Bu bakımdan, OP yönteminde de matematiksel programlama teknikleri, planlama probleminin çözümü açısından gerekli ve yararlıdır. OP problemleri için; kullanım kolaylığı, yorumlama kolaylığı ve çok bilinen yöntemler olması nedeniyle doğrusal ve tamsayılı programlama teknikleri ve buna uyan modeller kullanılabilir. Ancak, çözümlerin uygulanabilirliği açısından tamsayılı programlama teknikleri daha üstün çözümler sunabilir (Eker, 2004).

OP yönteminin kullanılmasıyla; ortalama üretim maliyetlerinde en az % 4 ila 30 arasında tasarruf sağlanabileceği belirlenmiştir (Eker, 2004). Nitekim, ormancılığı gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde farklı ad veya düzeylerde, konumsal ve kantitatif karar destek araçlarından yararlanan ve benzer planlama adımları izlenerek hazırlanan odun hammaddesi üretimine yönelik kısa vadeli planlar (Robak, 1984; Weintraub vd., 1994; Karlsson vd., 2002) ile oldukça başarılı sonuçlar alınmıştır. Örneğin; Walker ve Preiss 1988' de hasat ve transport operasyonlarını planlamada, OP yöntemine benzer biçimde, (tamsayılı)

matematiksel programlama tekniklerine dayalı bir yöntem kullanmış ve üretim maliyetlerinde manuel yöntemlere kıyasla birim metre küp başına 1 ila 4 \$ arasında tasarruf sağlamıştır (Burger ve Jamnick, 1991). Epstein vd. (1999); yıllık yaklaşık 1 milyar \$ satış hacmine sahip Şili ormancılığında OP aşamasının da içinde bulunduğu ve YA tekniklerinin kullanıldığı hiyerarşik planlama yönteminin uygulanmasıyla yıllık 20 milyon \$ kazancın elde edildiğini belirtmiştir. Bunlara göre; ekonomik yararlılık, OP yönteminin kullanılma ve geliştirilme gerekliliğini desteklemektedir.

#### 4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Odun hammaddesi üretiminde, teknik olduğu kadar; çoklu ölçütlere göre değerlendirmeleri de içeren, kapsamlı bir planlamaya gereksinim vardır. Orta ve kısa vadeli hedefler için riskin ve belirsizliğin azaldığı yıllık yada sezonluk düzeydeki planlar bu gereksinimi giderebilir. OP yöntemi, birkaç yıllık yada daha kısa vadeli odun üretim planlamaları için oldukça uygundur. Bu yöntem uygulanarak ekonomik, sosyo-ekonomik ve çevresel ölçütleri tatmin edici kararların alınması desteklenebilir.

Bununla birlikte; OP yöntemi bölme, işletme şefliği veya işletme müdürlüğüne ait üretim alanlarını kapsayacak düzeyde şekillendirilebilir. Orman işletmelerine sistemli düşünme ve karar alma alışkanlığını getirebilir. Orman, işgücü ve para (ve hatta zaman) kaynaklarının harcanması konusunda en doğru kararlar verilebilir. Orman işletmesi, amenajman planları ile uygulama arasındaki farklılığın yarattığı fırsat ve tehlikelere önceden hazırlanabilir. OP, odun üretimindeki gecikmeleri ve bu gibi işletme çalışmalarına zarar verici etkenleri önceden görüp gerekli önlemleri alma olanağı sağlayabilir. Odun üretim etkinliklerinin kontrolü için gerekli standartların ortaya konulmasını sağlayabilir ve bu, sürdürülebilir orman yönetimi açısından sertifikasyona zemin hazırlar.

Buna karşın, OP; zaman, emek-enerji ve para harcamalarını gerektirir. Verilerin temini ve işlenmesi, bazı bilgisayar program ve yazılımları ile planlama araçlarının kullanılmasında personelin hazır olmaması hali, önemli bir sakınca oluşturabilir. Planın kapsayacağı uygun zaman dilimi, yani planın kısa veya uzun vadeli olup olmaması konusunda hatalar yapılabilir. Genellikle uzun vadeli operasyonel planlama stratejisinde; planın, hedefleri başarma oranı düşer. İşletmecinin, kesinlikle OP sürecinin içinde yer alması zorunludur. Bu yüzden, her işletme şefinin OP yöntemini biliyor olması gereklidir.

OP yönteminin ormancılığımızda uygulanabilmesi için öncelikle detay bilgileri içeren, güncellenebilir ve kullanılabilir bir ormancılık bilgi sistemi kurulmalıdır. İşletme şefliği bazında ormanların işlevleri tarif edilmeli, üretim işlevine ayrılan sahalar için operasyonel envanter yapılmalıdır. Bu kapsamda işletmecilik amaçları, açıkça ve önemlilik düzeylerine göre sıralanmalıdır. Yıllık, sezonluk ve hatta aylık olarak yapılacak işler belirlenmelidir. Piyasanın odun hammaddesine olan ihtiyaçları yine planlama periyodu müddetince belirlenmelidir. CBS yardımıyla kullanılabilir bir konumsal veri tabanı oluşturulmalı ve bunların kullanılabilmesi için orman işletme şefleri eğitilmelidir. Her OP hazırlama aşamasında kolayca planlama yapılabilir diye kullanıcı ara yüzü olan karar destek sistemleri oluşturulmalıdır.

**KAYNAKLAR**

- Acar, H.H., 1994. Ormancılıkta Transport Planları ve Dağlık Arazide Orman Transport Planlarının Oluşturulması, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, 150 s., Trabzon
- Acar, H.H., Gül, A.U. ve Gümüş, S., 2000. Bölmeden Çıkarma çalışmalarında Toplam Maliyetin Minimizasyonu İçin Doğrusal Programlama Kullanımı, TUBİTAK-Doğa Dergisi, 24 (2000), 383-391
- Acar, N., 2001. Üretim Planlaması, MPM Yayınları No: 280, Ankara, 215 s.
- Aykut, T., 1984. Orman Ürünleri Taşımacılığında Araç ve Teknikler, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları No: 3246/370, İstanbul, 100 s.
- Başkent, E.Z., 1999. Türk-Alman Ormancılık Projesiyle Gündeme Gelen Amenajmanda Yeni Model' in Çağdaş Orman Amenajmanı Yaklaşımı Doğrultusunda Değerlendirilmesi-Bölüm 1, Orman Mühendisliği Dergisi, Ocak-Şubat Sayısı
- Başkent, E.Z., 2004. Yöneylem Araştırması, KTÜ Orman Fakültesi Yayın No: 218/36, Trabzon, 480 s.
- Bayoğlu, S., 1996. Orman Nakliyatının Planlanması, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları No:3941/8, İstanbul, 169 s.
- Boyland, M. 2003. Hierarchy Planning in Forestry. ATLAS/SIMFOR Project Technical Report, 7 pp.
- Burger, D.H. ve Jamnick, M.S., 1991. Analysis of Wood Procurement Strategies: Supplying Multiple Mills from Multiple Sources, Proceedings of the 1991 Symposium on Systems Analysis in Forest Resources, Ed. By Buford, M.A., March 3-6 Charleston, p.17-23.
- Dykstra, D.P. 1976. Timber Harvest Layout by Mathematical and Heuristic Programming, PhD Thesis, Oregon State University, 299 p.
- Dykstra, D.P. ve Heinrich, R., 1996. FAO Model Code of Forest Harvesting Practice, FAO Publications, Rome, 85 s.
- Eker, M., 2004. Odun Hammaddesi Üretiminde Yıllık Operasyonel Planlama Modelinin Geliştirilmesi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 239 s., Trabzon
- Eker, M. ve Acar, H.H., 2005. Orman Yolları ve Üretim Faaliyetlerinde Çevresel Etkilerin Azaltılmasına Yönelik Bazı Uygulama Önlemleri, I. Çevre ve Ormancılık Şurası, 21-24 Mart 2005, Tebliğler-Cilt:2, s. 381-388, Antalya
- Engür, O.M., 1996. Orman Ürünlerinin Hasadında Teknoloji Seçimi ve Mekanizasyon Olanakları, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul, 216 s.
- Epstein, R., Morales, P., Seron, J. ve Weintraub, A., 1999. Use of OR Systems in the Chilean Forest Industries, Interfaces 29 (1), 7-28
- Erdaş, O., 1986. Odun Hammaddesi Üretimi, Bölmeden Çıkarma ve Taşıma Safhalarında Sistem Seçimi, KTÜ, Orman Fakültesi Dergisi 9(1-2),91-113
- Erdaş, O., 1997. Orman Yolları – Cilt I, KTÜ Orman Fakültesi Yayınları No:187/25, Trabzon, 390 s.
- Gunn, A.E., 1991. "Some Aspects of Hierarchical Production Planning in Forest Management", Proceedings of the 1991 Symposium on Systems Analysis in Forest Resources, Ed. By Buford, M.A., March 3-6 Charleston, p.53-62, SC.
- Gül, A.U. ve Acar, H.H., Topalak, Ö., 2000. Ormancılıkta Üretim Çalışmalarında Mekanizasyon İhtiyacının Doğrusal Programlama Yoluyla Belirlenmesi, TUBİTAK Doğa Dergisi 23, 375-382.
- Gürtan, H., 1975. Dağlık ve Sarp Arazili Ormanlarda Kesim ve Bölmeden Çıkarma İşlerinde Uğranılan Kayıpların Saptanması ve Bu İşlerin Rasyonalizasyonu Üzerine Araştırmalar, TUBİTAK Yayın No: 250, TOAG Seri No: 38
- Karlsson, J., Rönqvist, M. ve Bergström, J., 2002. Annual Harvest Planning, Department of Mathematics, Linköping Inst. of Technology, LiTH-MAT-R-2002-15, Sweden.
- Larozé A., Greber B., 1991. Multi-Level Harvest Planning And Log Merchandising Using Goal-Programming, Proceedings of the 1991 Symposium on Systems Analysis in Forest, Resources, Ed. By Buford, M.A., March 3-6, 199, Charleston, South Carolina p.24-30.

- Lockwood, C., 1998. Accessible Forest Planning Tools, McGregor Model Forest, Science Council of BC & Forest Renewal, FR-96-97-065, 26 s.
- Martell, D.E., Gunn, E., Weintraub, A. 1998. Forest Mangement Challenges for Operational Researchers, European Operational Research 104(1), 1-17
- McNaughton, A., Rönnqvist, M. ve Ryan, D., 2003. An Integrated Optimization Model for Forest Harvesting, Forest Research Institute, Rotorua-NZ, 25 p.
- OGM, 1996. Asli Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait 288 Sayılı Tebliğ, Ank.
- OGM, 2004. Orman Genel Müdürlüğü 2004 Yılı Döner Sermaye Bütçesi, Çevre ve Orman Bakanlığı OGM/APK Dairesi Başkanlığı, Ankara, 127 s.
- ÖİKRT, 2006. IX. Beş Yıllık Kalkınma Planı Ormanlık Özel İhtisas Komisyonu Raporu: Birinci Taslak, www.ogm.gov.tr 10 Mart 2006.
- Rardin, R.L., 1998. Optimization in Operation Research, Prentice Hill, 905 p.
- Reimer, D.R., 1979. An Operational Computer Assisted Forest Engineering System, Proceedings of Symposium on Mountain Logging, Ed. by W. Carson, J. Jorgensen, H. Lysons, IUFRO, 10-14 September, Washington.
- Robak, E.W., 1984. Toward a Microcomputer-Based DSS for Planning Forest Operations, Interfaces 14 (5), 105-111
- Robak, E.W., 2004. Solving the Multi-Year Forest Operation Planning Problem Using Optimization: A Pilot Study. II. Latin American Symposium on Forest management and Economics, 18-20 September 2004, Barcelona.
- Robak, E.W.T. ve Murty, B.R., 2006. Forest Management Information System(FMIS)-An integrated approach to forest management, www.gisdevelopment.net/technology/gis/techgi0052a.htm 30 Mart 2006
- Saaty, T., 1989. Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process, RWS Publication, Pittsburg, 219 s.
- Samset, I., 1979. The Transport Network Terminology and Definitions, Proceedings of Symposium on Mountain Logging, Ed. by W. Carson, J. Jorgensen, H. Lysons, IUFRO, 10-14 September, University of Washington.
- Soykan, B., 1978. Ormanlıkta Transport Sorunlarının Çözümü. KÜ-Orman Fakültesi Dergisi 1 (2), 17-32
- Taha, H.A., 2000. Yöneylem Araştırması, Çev. Baray, Ş.A. ve Esnaf Ş., Literatür Yayınları: 43, 905 s., İstanbul
- Weintraub, A., Cholaky, A., 1991. A Hierarchical Approach to Forest Planning, Forest Science 37 (2), 439-460
- Weintraub, A., Jones, G., Magendzo, A., Meacham, M. ve Kirby, M.; 1994. A Heuristic System to Solve Mixed Integer Forest Planning Models, Operations Research, 42(6), 1010-1024
- Weintraub, A., Epstein, R., Murphy, G., Manley, B., 2000. The Impact of Environmental Constraints on Short Term Harvesting: Use of Planning Tools and Mathematical Models, Annals of Operations Research 95,41-66
- Weintraub, A., 2003. Modelling and Algorithmic Challenges in Forestry:Twenty Open Problems, EURO/INFORMS Joint International Meeting on New Opportunities for OR, July 06-10, İstanbul, Abstract Book, p. 24