
SERİ		CİLT		SAYI		
SERIES	B	VOLUME	32	NUMBER	1	1982
SERIE		BAND		HEFT		
SÉRIE		TOME		FASCICULE		

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ

REVIEW OF THE FACULTY OF FORESTRY,
UNIVERSITY OF ISTANBUL

ZEITSCHRIFT DER FORSTLICHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT ISTANBUL

REVUE DE LA FACULTÉ FORESTIÈRE
DE L'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL



DİNAMİK PROGRAMLAMAMANIN ORMANCILIKTA Kİ ÖNEMİ VE UYGULANMA ÖRNEKLERİ

Ünal ASAN¹

GİRİŞ

Üretim süresinin uzun ve faaliyetlerin geniş alanlarda sürdürülmesi, ormancılıkla ilgili problemlerin çözümü için kurulan matematiksel modellerin büyük boyutlu ve çok değişkenli olmalarını gerektirmektedir. Böyle uzun süreli projeksiyonları zorunlu kılan karmaşık modellerde, değişken ve kısıtlayıcıların sayısı arttıkça çözüm güçleşmekte ve bağlı değişken dışındaki değişkenler arasında var olması gereken «bağımsızlık» koşulunun yerine getirilmesi kimi durumlarda olanaksız hale gelmektedir. Ayrıca, ulaşılan çözümlerin yorumlanması yeni problemlere konu olmakta, çoğu zaman tablolar halinde elde edilen sonuçların kavranmasında güçlük çekilmektedir.

Sayılan bu nedenlerden ötürü, son zamanlarda ormancılıkla ilgili problemlerin çözümünde çok boyutlu ve karmaşık tek bir model yerine, küçük boyutlu ve ardışık birden fazla modelin yeğlenmesi yönünde bir eğilimin belirdiği gözlenmektedir. Bu görüşten hareket eden *Rustagi* (1978, S. 68) ve *Smith* (1978, S. 76) gibi yazarlar, tipik birer Dinamik Programlama modeli olmamakla birlikte, bu türden ardışık Matematiksel Programlama modelleri geliştirmişlerdir.

Etüdümüzün amacı, küçük boyutlu alt problem gruplarına ayrılabilme özelliği gösteren ormancılık problemlerinin çözümünde yararlanılabilecek bir teknik olan Dinamik Programlamayı ana hatları itibarile tanıtmak ve bu teknik ile çözülebilecek problemleri örnek vererek bir araya getirmektir.

1.0. DİNAMİK PROGRAMLAMAMANIN TEMEL ÖZELLİKLERİ VE ÇÖZÜM ŞEKİLLERİ

Çok boyutlu ve ardışık zaman süreli karmaşık karar problemlerinin çözümünde, tek zaman kesitli veya tek kararlı problemlerin çözümünde kullanılan Doğrusal Programlama veya Tamsayılı Programlama gibi Matematiksel Programlama teknikleri yetersiz kalmaktadır. Ardışık olarak sıralanmış birden fazla periyoddan oluşan veya herbirisinde alternatif kararlar arasından en uygununu seçmeyi zorunlu kılan birden fazla aşamalı (prosesli) problemlerde, problemin tümünü birden optimize edecek tek bir kararın alınması çok zor, kimi hallerde olanaksızdır. Bu gibi problemlerde, problemin tümünü birden optimize edecek tek bir karar yerine, içindeki eleman sayısı problem içindeki aşama sayısı kadar olan bir *karar seti*'nin bulunması sözkonusudur.

¹ I.O. Orman Fakültesi, Orman Amenity Bilim Dalı, Büyükdere - İstanbul.

Teknik açıdan *çok aşamalı* veya *çok periyodlu* olarak tanımlanan bu gibi problemlerde, saptanan amaç fonksiyonu doğrultusunda periyodların veya aşamaların herbirisini ayrı ayrı optimize eden uygun çözümlerin oluşturduğu *karar dizisi*'ni elde etmeye yarayan Matematiksel Programlama metoduna *Dinamik Programlama* denir. Metoda, türlü dönemlere ait değişkenlerin birbirleriyle olan ilişkilerinin ortaya konulmasında hesaplama yönteminin zamanla ilgili ve dinamik olması sebebiyle «Dinamik Programlama» adı verilmiştir. 1950 yılında *Richard Bellman* tarafından geliştirilen ve isimlendirilen bu teknikte problemle ilgili kararlar, bütün olmaktan ziyade kademelerde optimize edilir.

1.1. Temel Özellikleri

Dinamik Programlamayı, ardışıklı ve çok aşamalı karar prosesleri denilen özel optimizasyon problemlerini çözmek için geliştirilen bir teknik olarak da tanımlayabiliriz (GENÇYILMAZ 1977, S. 113). Bu Programlamaya konu olan problemlerde aşamalar, bazan zaman bazan da zamandan başka değişkenlerle ifade edilir. Her aşamada problem az sayıda değişkene bağlıdır ve bu değişkenlerin sayısı aşamadan aşamaya artmaz. Ancak her aşamanın başındaki değişkenler seti, verilen kararı takiben yeni bir değişkenler setine dönüşür.

Dinamik Programlama, girdileri karar dizileri halinde olan bir programlama tekniğidir. Bu teknikte, diğer matematik modellerin aksine standart bir form yoktur. Bir problemin çözümüne çok iyi uyan bir model, bir başka probleme hiç uymayabilir. Bu metod ile problemlerin çözümünde optimalite prensibine uyulma koşulu vardır. Bu prensip *Bellman* tarafından şöyle ifade edilmektedir: «Optimal bir politikada, başlangıç durumu ve ilk karar her ne olursa olsun, müteakip kararlar, ilk karardan doğan duruma göre optimum bir politika oluşturmalıdır» (BELLMAN and DREYFUS, 1962, S. 15).

Bu hale göre; herhangi bir aşamadaki durum, daha önceki aşamalarda verilen kararların bir sonucudur. Karar politikasının saptanmasında en etkin unsur amaç fonksiyonu olmaktadır. İlk durum ve politika ne olursa olsun, karar setinin oluşturulmasında güdülen politika, amaç fonksiyonunun optimizasyonuna yönelik bulunmalıdır.

Dinamik Programlamada optimum çözüm, bir kademededen diğerine sıra önceliğine göre gidilerek elde edilir ve son kademeye ulaşıldıktan sonra tamamlanır. Bu teknikte çözüme ulaşma yöntemi, tek bir kademeyi dikkate alarak elde edilen optimum çözümü kullanmayı önerir. Bu nedenle; problemin kademelere ayrılması önemli bir sorundur. Bu sorunun çözümünde *durum* kavramından yararlanılır. Dinamik Programlama terminolojisinde «durum» kavramı ile, herhangi bir kademede verilen kararın, geriye dönmeden daha önceki kademelerdeki etkisini inceleme işlevi ifade edilmektedir (HALAÇ, 1978, S. 202).

Prensip olarak, amaç fonksiyonları bir dizi alt fonksiyonlara ayrılabilen her optimizasyon problemi Dinamik Programlama ile çözülebilir. Bu arada fonksiyonların doğrusal olma koşulu da yoktur.

Dinamik Programlamada kısıtlayıcılar dar sınırlı olmak zorundadır. Bunların düzensiz bir şekilde artması, elde edilecek sistemin çözümü için gereken matematiksel hesapları güçleştirir ve birçok durumlarda, aşağı yukarı bütün değişkenleri içine alan tek bir kısıtlayıcı koşulun bulunmasını zorunlu kılar. Bu da varılacak sonucun güvenilirliği açısından sakıncalı olur.

Kısıtlayıcı sayısı arttıkça Dinamik Programlamanın önemini kaybettiği, Simlex Yöntemi ile çözümün daha etkinlik kazandığı, *Taha H. A.'ya atfen Halaç* (1978, S. 206) tarafından bildirilmektedir.

Bu teknik ile çözülen problemlerin ölçekleri, Lineer Programlama ile çözülen problemlerin ölçeklerine göre daha küçüktür. Ancak, çok kısa aralıklarla pekçok kararın ardışık olarak alındığı düşünülürse Dinamik Programlamanın önemi daha iyi anlaşılacaktır.

1.2. Çözüm Şekilleri

Bugün, uygulandığı problemlerin özelliklerine göre değişik şekillerde formüle edilen Dinamik Programlamanın temel fonksiyonel denklemi, metodun bulunuşu *Bellman* tarafından :

$$f(p) = \max_q [H(P, q, f(T(p, q)))]$$

şeklinde ifade edilmektedir (BELLMAN and DREYFUS, 1962, S. IX). Problemin özelliğine göre değişik şekillerde uygulanabilen bu metodun temeli ve bu temele dayalı çözüm şekilleri, önce metodun teorisi, sonra da çözüm şekilleri olarak iki başlık altında açıklanacaktır.

1.2.1. Teorisi¹

t' de başlayıp t'' de biten bir zaman sürecini dikkate alalım. Bu süreç içinde başlangıçta d_0 durumunda bulunan bir proses, vereceğimiz k_1, k_2, \dots, k_n gibi kararlara göre d_1, d_2, \dots, d_n durumunu almakta ve her durum, hem bizim vereceğimiz karara, hem de bir evvelki duruma bağlı olmaktadır. Herhangi bir $(i-1)$ durumunda vereceğimiz k_i kararına göre elde ettiğimiz kazanımı (getiri) g_i ile gösterirsek bu getiri :

$$g_i(d_{i-1}; k_i)$$

fonksiyonu ile ifade edilebilir. Buna göre, prosesin başlangıcındaki d_0 durumu, verilen k_1 kararı ile d_1 durumunu alırken, elde edilen getiri : $g_1(d_0; k_1)$; d_1 durumu, verilen k_2 kararı ile d_2 durumuna ulaşırken, elde edilen getiri : $g_2(d_1; k_2)$; ... ve niha yet en sondan bir evvelki (d_{n-1}) durumu verilecek k_n kararı ile d_n durumuna ulaşırken, elde edilen getiri; $g_n(d_{n-1}; k_n)$ olacaktır.

Verilen karar ile ulaşılan her durum bir aşama olarak kabul edilirse, son aşamaya ulaşıldığında elde edilecek toplam getiri :

$$G = \sum_{i=1}^n g_i(d_{i-1}; k_i) \quad 3$$

olacaktır. Problemin bir maliyet veya zarar problemi olması halinde G nin minimum, kâr veya üretim problemi olması halinde ise, G nin maksimum olması istenir. Eğer problem bir tahsis, bir dağıtım veya ulaştırma problemi ise, G nin optimum olması istenir.

Problemin özelliğine göre, amacı sağlayacak şekilde her aşamada ilgili kararlar arasından en optimumun seçilmesiyle elde edilen $\{k_1^*, k_2^*, \dots, k_n^*\}$ karar dizisine, *optimum karar dizisi* veya *optimum politika* denir. Aynı şekilde bu kararların seçilmesiyle ulaşılan $\{d_1^*, d_2^*, \dots, d_n^*\}$ dizisine *optimum durum dizisi* ve elde edilen son çözüme de *optimum çözüm* denir.

¹ Formüllerde Gençilmez tarafından kullanılan sembollerden faydalanılmıştır.

1.2.2. Çözüm Şekilleri

Maksimizasyon veya minimizeleme problemlerine ilişkin bir Dinamik Programlama problemi, şu şekilde formüle edilebilir :

$$G = \sum_{i=1}^n \xi_i (d_{i-1}; k_i) \quad 3$$

$$d_i = v_i (d_{i-1}; k_i) \quad 4$$

$$\left. \begin{array}{l} d = d' \\ d_i \in D_i \end{array} \right\} i=1, \dots, n \quad \begin{array}{l} 5 \\ 6 \end{array}$$

$$k_i \in K_i (d_{i-1}) \quad 7$$

Böyle bir problemin çözülmesinde hesaplamalar :

— İleri doğru hesaplama

— Geriye doğru hesaplama

olmak üzere iki şekilde yürütülebilir. Bunlardan hangisinin kullanılacağını, herhangi bir aşamadaki duruma bağlı olarak yapılan optimalite prensibi tanımı belirler.

Eğer optimalite prensibi «herhangi bir aşamada, bir önceki durum ve karar ne olursa olsun, geri kalan kararlar, bu aşamadaki duruma göre optimal bir politika teşkil etmelidir» şeklinde tanımlanırsa, hesaplama geriye doğru yapılacak demektir. Eğer tanımlama «herhangi bir aşamada bir sonraki durum ve karar ne olursa olsun, bu duruma ulaşana kadar alınan kararlar optimum bir politika oluşturmalıdır» şeklinde yapılmışsa, hesaplama ileriye doğru yapılacak demektir.

2.0. DİNAMİK PROGRAMLAMAMANIN ORMANCILIKTA KULLANILMASI

2.1. Uygulamalardan Örnekler

Ormancılıkta her türlü faaliyet düzenlenen amenajman planlarına göre yürütülmektedir. Bu nedenle Dinamik Programlamanın uygulanmasına ilişkin örnekler gözden geçirildiğinde, bunların en çok orman amenajmanı ile ilgili oldukları görülmektedir. Bu konuda yurdumuzda ilk örneği Soykan vermektedir.

Bir işletme sınıfına ait aktüel ve optimal kuruluşların bilinmesi halinde, aktüel kuruluşun optimal kuruluşa yaklaştırılmasında dinamik karakterde işlemlerden yararlanma olanağının mevcudiyetine dikkatli çeken bu yazar, aktüel kuruluş, yani en uygun kuruluşun bilinmesi halinde, bazı ardışık işlemler ile aktüel kuruluşun optimal kuruluşa yaklaştırılabileceğini ifade etmekte ve birbirini izleyen fonksiyonlar geliştirmek suretile, optimal kuruluşa ulaşmak için en elverişli yolun bulunabileceğini belirtmektedir. GRASIMOD adı ile geliştirdiği bilgisayar programının bu amaçla kullanılabileceğini örnekleri ile göstermektedir (SOYKAN, 1979, S. 79 - 83).

Weintraub ve Navon, (1976, S. 1299 - 1309) işletmeye açılmadan önce bir ormanda yapılacak silvikültürel işlemler sonunda çıkarılacak ürünlerin satışından elde edilecek geliri, gerekli yol şebekesinin inşaat ve bakım masrafları, taşıma giderleri ve diğer idari harcamalar çıkarıldıktan sonra maksimize edecek bir matematiksel mo-

¹ i aşamadaki durum, $(i-1)$ inci aşamadaki durum ile, verilen k_i kararının bir fonksiyonudur.

² d_i : i aşamanın başında alternatif kararlara göre ulaşılan durumların meydana getirdiği D_i setine dahil bir elemandır.

³ k_i : $(i-1)$ inci aşama sonunda sözkonusu olabilecek alternatif kararların meydana getirdiği K_i karar setine dahil bir elemandır.

del geliştirmişlerdir. Silvikültür ve transport problemlerini ayrı ayrı optimize eden ve «U. S. Forest Service» tarafından geliştirilen pek çok modelin varlığına işaret eden bu yazarlar, her iki problemi ardışık periyodlar itibarıyla, birbiri ardı sıra bütün kesim bloklarını kapsayacak şekilde Dinamik Programlama ile optimize etmişlerdir.

Modelin çözümü ile, belli miktardaki kapitali aşmadan, üretim miktarı ve yolların taşıma kapasiteleri gibi kısıtlayıcı şartlar altında net geliri maksimize etmek için güdülecek global politika elde edilmektedir.

Ormanda üretim işlerinin düzenlenmesinde, gelecekteki herhangi bir zaman kesitinde meydana gelecek durumun tesadüflü değişkenlere bağlı olduğunu, bunun da sürekli karar almayı gerektirdiğini belirten *Hool*, orman amenajman planlarının düzenlenmesinde gerekli kararların, bu değişik şekillerdeki gelişmeleri dikkate almadan deterministik modellere dayanan prosedüre göre alındığını ifade ederek, olasılık ve dinamik programlamayı kombine eden, non-deterministik bir karar alma tekniği geliştirmiştir. Bu tekniği, son hasılat ve ara hasılat kesim planlarının düzenlenmesinde kullanan *Hool* (1965, S. 191 - 193), düzenleme periyodunu alt periyodlara ayırarak, ulaşılan duruma göre kalan periyodlarda uygulanacak optimum kesim stratejisini, maksimum hasılat veya minimum masraf amaçlarına göre belirtmektedir.

Aynı yazarın, uzun süreli ve riske bağlı teknik müdahalelerin planlanmasında tavsiye ettiği ve geliştirdiği bu modeli Darlington Ormanı'na uyguladığı *Kalpsız* (1973, S. 48) tarafından ifade edilmektedir.

Amidon ve *Akın* (1968, S. 289), tek boyutlu ve deterministik bir Dinamik Programlama modeli geliştirerek bunu optimal ağaç servetinin tayin edilmesinde kullanmışlardır.

Bu araştırmacılar, Dinamik Programlamanın optimalite ilkesini «Optimal kesim tablosunun şu özelliği vardır; başlangıçtaki ağaç serveti ve aralama kararı ne olursa olsun, müteakip aralama kararlarının, ilk karardan sonra sahada kalan servete göre optimal bir durum meydana getirmesi şarttır» şeklinde ele alarak çözüme ulaşmışlardır.

Sonuçları karşılaştırdıklarında, Dinamik Programlama ve marjinal analizlerin aynı sayısal değeri verdiğine de dikkati çeken bu araştırmacılar, % 5 faiz oranı ve 50 yıllık idare süresinin en büyük arazi randını verdiğini ifade etmektedirler.

Risvand (1971, S. 43 - 52), ormancılık yatırımlarının planlanmasında yararlanılabilecek ekonomik bir model geliştirmiştir. Orman randını maksimize edebilmek için halen mevcut meşcerelerde uygulanacak optimum kesim politikasını bu model ile saptayan yazar, plan ünitesi içindeki meşcereleri buldukları yerin topoğrafik yapısı ve transport olanakları itibarıyla üç idari bloka (management block) ayırmıştır. Modeli tanıtmak amacıyla verilen örnekte planlama periyodunun uzunluğu *beş yıl* alınmakla beraber bu sürenin değişik olabileceği, modelin istenirse birden fazla periyod için de kullanılabilmesi, ayrıca; çıkarılacak hacim miktarından başka kısıtlayıcılarla çalışılabileceği gibi, bunların sayılarının da artırılabilmesi yazar tarafından ifade edilmektedir.

Modelde meşcerelere uygulanabilecek karar seti :

- 1 — Hiç kesmemek,
- 2 — Mevcut servetin % 20'sini çıkarmak,
- 3 — Mevcut servetin % 30'unu çıkarmak,
- 4 — Mevcut servetin % 40'ını çıkarmak,
- 5 — Tıraşlama kesmek,

gibi beş alternatif karardan meydana gelmektedir.

İdari bloklar itibarile her bir meşcereye ilişkin alan, bonitet göstergesi (modelde 50), dekadaki hacım miktarı, orta çap, orta boy, yaş, taşıma mesafesi, arazi meylli ve sınıfına ait bilgileri girdi olarak alan model, amaç fonksiyonunu maksimize edebilmek için kesilecek ağaç serveti hacmı miktarını; idari bloklar arası ve içi itibarile vermekte ve ayrıca, aralama yapılacak veya tıraşlama kesilerek yeniden gençleştirilecek meşcerelele de saptamaktadır.

Elsner, Travis ve Kourtz, (1975, S. 1-3) çeşitli *network* problemlerinin çözümünde son derece yararlı gördükleri *Dijkstra* algoritması ile minimum maliyet yörüngeşinin saptanmasında Dinamik Programlamadan yararlanmış ve bu amaçla bir bilgisayar programı oluşturmuşlardır. Anılan algoritma üzerinde yapılacak küçük bir değişikliğin, gözümde çeşitli alternatifler yarattığını belirten bu yazarlar, başlangıç ve son düğüm noktalarının bilinmesi halinde elde edilecek yörüngeşinin diğerlerinden önemli derecede daha az maliyet gösterdiğini bildirmektedirler.

Swersey (1963, S. 15), orman yangınlarının kontrol altına alınmasında Dinamik Programlamadan yararlanmış ve yapılacak masrafı minimum kılacak amaç fonksiyonunu bu metodla minimize etmiştir. Bu amaçla bir de bilgisayar programı hazırlamıştır.

2.2. Dinamik Programlamamanın Ormancılıkta Kullanılabileceği Alanlar

Entansif işletmeciliğin giderek ağırlık kazandığı günümüzde ormanda sürdürülen silvikültür çalışmaları daha çok bakım bloklarında yoğunlaştırılmaktadır. *Lundgren* (1981, S. 12), her çaptan orman ürününün değeriendirilmesine olanak sağlayan endüstrinin gelişmesi kalın çaplı tomruk elde etme uğraşının önemini kaybetdiğini ve entansif bakım müdahalelele ile amaç çapına daha kısa zamanda ulaşıldığını ifade etmektedir. *Myers ve Seidel* ise, entansif işletmeciliğin uygulandığı yerlerde meşcere bakım işleminin şablonlaştırıldığını ve yapılan kesimlerin miktarlarının çeşitli müdahale, şiddet ve tekrarına göre düzenlenen hasılat tablolarına dayatıldığını belirtmektedir (*MYERS, 1967, S. 5; SEIDEL, 1977, S. 3*).

İşte Dinamik Programlama en iyi uygulama yerini bu alanda bulabilecektir. Belli bir idare müddetinin sonunda maksimum ürün miktarı elde edebilmek için, değişik bonitet sınıflarından meydana gelen bir plan ünitesinde hangi yaşlarda ne miktar servet bulundurmalıdır? Problem bu şekilde ortaya konunca, hangi periyotta ne miktar ara hasılat alınsın ki, idare müddeti sonunda genel hasılat maksimum olsun, sorularının cevaplarını oluşturan kesim miktarları optimal karar setini verecektir.

Yurdumuzda düzenlenen amenajman planlarında son hasılatın alınacağı yer (periyodik faydalanma alanı) ile buradan alınacak eta, «toplam» olarak verilmekte, verilen alanın gençleştirilmesi ile, bu arada alınacak etanın yıllar itibarile miktarının belirlenmesi plan uygulayıcısına bırakılmaktadır (Or. Gn. Md. Mad. 69). Çoğu kez değişik bonitet sınıflarından ve servetçe farklı meşcere tiplerinden oluşan bu alanın gençleştirilmesinde, uygulayıcı hem piyasa ihtiyacının sürekli karşlanması, hem de gençleştirme faaliyetini verilen süre içinde minimum maliyette bitirilmesi sorunlarını birlikte çözmek zorundadır. Amaç, verilen gençleştirme alanının minimum maliyetle gençleştirilmesi olunca, gençleştirme işlemleri sürerken, her yıl hangi meşcerelelerden ne miktarda kesim yapılacağını cevabını oluşturan kararlar dizisi, optimum karar setini meydana getirecektir. Böyle bir problemin Dinamik Programlama ile çözümünün 4.1 kesiminde açıklanacaktır.

Amenajist, ara hasılat etasını bakım görecek alanların tamamı için meşcere tipleri itibarile «toplam» olarak saptadıktan sonra her yıl az çok eşit hasılat verecek bakım bloklarını arazi şekli, iş bütünlüğü, yol durumu, denetim imkânları ve bakım görecek meşcerelerin ihtiyaçlarını dikkate alarak ayırır. Ayrılan bakım bloklarının kesime girme öncelik sırasının saptanması, yine Dinamik Programlama ile mümkün olabilecek ve ayrılan her bir bakım bloku bir aşama olarak kabul edilirse, bu blokların en optimum diziliş sırası, karar setini verecektir.

Bir plan ünitesine ilişkin aktüel ve optimal kuruluş saptanarak aradaki farklar belirlendikten sonra optimal kuruluşta sapma şekline göre bir düzenleme süresi kararlaştırılır (ERASLAN, 1971, S. 291; 1972, S. 15; 1981, S. 10). Bu düzenleme süresi, sapma şekline göre bir idare müddetinden kısa olabileceği gibi, ona eşit, nadir hallerde ondan fazla da olabilir. İşte her bir plan süresi bir aşama olarak kabul edilmek sureti ile, bu aşamalarda oluşacak piyasa şartları ve teknik gelişmelere göre, ilk saptanan düzenleme süresi içinde her periyotta alınacak kararlar, Dinamik Programlama ile saptanabilecektir.

Keza, her üretim ünitesi bir aşama kabul edilmek sureti ile entegrasyona dayalı orman ürünleri endüstrisinde, işletme kârını maksimize etmek için mevcut hammaddenin, üretim ünitelerine en uygun dağıtımını da bu metotla saptanabilecektir. Örneğin; değişik boyutlarda odun hammaddesi işleyerek, doğramalık kereste, ambalaj sandığı ve yonga levha üreten bir işletmede kârı maksimize etmek için miktarı belli olan hammaddenin, üretim ünitelerine optimal dağılışı ne olmalıdır probleminde, hammadde miktarı ve ünitelerin kapasiteleri gibi kısıtlayıcılar altında ünitelerin herbirinden sağlanacak toplam getirinin maksimizasyonu, Dinamik Programlama ile sağlanabilmektedir.

Yapılan bu açıklamalar ve 3.1 kesiminde verilen uygulama örnekleri topluca değerlendirildiğinde Dinamik Programlamanın, aşağıdaki ormancılık problemlerinin çözümünde kullanılabileceği anlaşılmaktadır :

- Çeşitli bakım ve geliştirme problemleri. Silvikültür ile ilgili problemler.
- Faydalanmanın düzenlenmesi. Orman amenajmanı ile ilgili problemler.
- Taşıma ve dağıtım ile ilgili problemler. Transport problemleri.
- Orman yangınlarının kontrol altına alınmasında mevcut malzeme ve ekipmanın en etkin şekilde kullanılması ve söndürme maliyetinin minimum maliyetle gerçekleştirilmesi. Koruma ile ilgili problemler.
- Orman ürünleri endüstrisinde kaynak tahsisi problemleri. Faydalanma ile ilgili problemler.

3.0. ORMAN AMENAJMANINDA KARAR PROBLEMLERİ VE DİNAMİK PROGRAMLAMA

10 veya 20 yıllık periyodlar itibarile düzenlenen amenajman planları çeşitli aşamalar içermekte, amenajist her aşamada değişik alternatifler arasından amacı doğrultusunda seçimler yapmak sorunu ile karşı karşıya kalmaktadır.

Eraslan (1982), amenajman planları düzenlenirken karar verme işlevini gerektiren problemleri şöyle sıralamaktadır :

- En uygun amaç ve amaç kombinezonlarının saptanması.
- En uygun ağaç ve ağaç türlerinin seçimi.
- En uygun meşcere kuruluşunun saptanması.

- En uygun yapay ve doğal gençleştirme metodunun seçimi.
- En uygun meşcere bakım metodunun seçimi.
- En uygun idare müddetinin saptanması.
- En uygun düzenleme süresinin saptanması.
- En uygun gençleştirme ve faydalanma alanının saptanması.

Yukarıda sıralanan problemlerden hiçbiri tek başına Dinamik Programlamaya konu olamamaktadır. Ancak, bunların herbirisi birer aşama olarak kabul edilip, planlama işlevinin kendisi çok aşamalı bir problem olarak düşünülürse, bu aşamaları optimize eden çözümlerin oluşturduğu set Dinamik Programlama Metodu ile elde edilecek optimal karar setine eşdeğer olacaktır.

Tarafımızdan oluşturulan ve bir amenajman planının düzenlenebilmesi için yapılması zorunlu faaliyetleri gösteren proje ana çatısı (= net work) incelenirse amenajistin şu aşamalarda da karar verme durumunda olduğu anlaşılmaktadır (ASAN, 1981, S. 235).

- Minimum deneme alanı sayısının saptanması.
- En uygun envanter metodunun seçilmesi.
- Deneme alanlarının en uygun dağıtım şeklinin kararlaştırılması.
- En uygun ara hasılat etasının kararlaştırılması ve bakım blokları kesim sırasının belirlenmesi.
- Son hasılat kesim planının düzenlenebilmesi için en uygun meşcerelerin seçilmesi.

Ancak bu problemlerin çözümü de değişik metodlarla mümkün olmakta ve tek bir Matematiksel Programlama modeli hepsinin çözümünde yetersiz kalmaktadır. Bu problemlerden yalnızca son ikisi Dinamik Programlamaya konu olabilecek niteliktedir.

4.0. DİNAMİK PROGRAMLAMAMANIN GENÇLEŞTİRME SİLVİKÜLTÜR PLANININ HAZIRLANMASINDA KULLANILMASI

Bilindiği üzere; Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine, Uygulanması ve Yenilenmesine İlişkin 1973 tarihli yönetmeliğe uygun olarak aynı yaşlı koru ormanları için düzenlenen amenajman planlarında amenajist sadece son hasılatın alınacağı periyodik faydalanma alanını çeşitli kriterlere göre ayırmakta ve son hasılat etasını bu alan üzerindeki servet ve bu servetin progresif azalan artımına göre, ağaç türleri itibarile vermektedir (Mad. 77 - 84). Planlama periyodu tamamı için toplam olarak «periyodik eta şeklinde verilen bu etanın, yıllar itibarile belirlenen tüm alan içinde nereden, nasıl, ne miktarda, yapay veya doğal gençleştirme metodlarının hangisinin uygulanmasıyla çıkarılacağı, tamamen uygulayıcıya bırakılmaktadır (Mad. 69). Planda gösterilen değerleri veri olarak alan uygulayıcı önce bir silvikültür planı hazırlamakta, sonra da bu planın uygulamasına geçmektedir.

Bu planların düzenlenmesinde amenajman planlarında verilen unsurlar esas alınmakla birlikte, çalışılacak meşcerelerin silvikültürel ihtiyaçlarına uygun gelecek müdahaleler sonunda çıkarılacak eta yıllar itibarile değişiklik arz etmektedir. Özellikle doğal gençleştirme metodlarının kullanılması, uygulanan prosedür gereği son hasılat etasının yıllık miktarlarını büyük ölçüde değiştirebilmektedir.

Pratikte bu sakınca, amenajman planlarında öngörülen üretim hedeflerinin bakım bloklarında *blok etası*, gençleştirme alanlarında *periyodik eta* baz alınmak suretile giderilebilmekte, böylece, uygulayıcıya çalışacağı meşcerelerin ihtiyaçlarına uygun müdahale konusunda elastikiyet sağlanmaktadır.

Uygulamada, anılan silvikültür planının yapımında Orman Genel Müdürlüğünün 15.3.1976 gün ve 7130-25/267 sayılı tamimindeki modele uyulmaktadır. Ancak modelde gösterilen tabloların düzenlenmesi uygulayıcının kişisel yargılarına bırakılmaktadır. İşte bu konuda, silvikültür planı yapıcısına yardımcı olabilmek ve düzenleme işlevine somut kriterler getirmek amacıyla, konuya Dinamik Programlama ile yaklaşılabilmektedir. Bu amaç ile önce geniş kapsamlı ve alternatif kararları fazla olan teorik bir problem ortaya konacak sonra da bu problem Dinamik Programlama ile gözümü ulaştırılacaktır.

4.1. Problem

A serisi için düzenlenecek Kızılcım İşletme Sınıfında 10 yıllık periyod içinde gençleştirilecek periyodik faydalanma alanı 1000 ha., bu alandan alınacak periyodik son hasılat etası ise 92500 m³tür. Gençleştirme periyodu içinde üç yılda bir gerçekleşen bol tohum yılı mevcuttur. Gençleştirmede asıl olarak doğal gençleştirme metodlarından yararlanmak düşünülmekte ise de, ürün akışının devamlılığını sağlamak amacıyla her yıl eşit hasıla alınması, dolayısıyla, gençleştirme çalışmalarının her yıl sürdürülerek bol tohum yıllarında doğal, diğer yıllarda yapay gençleştirme metodlarından yararlanmak suretile kombine bir gençleştirme metodunun uygulanması zorunlu görülmektedir. Üç bonitet sınıfından oluşan bu alan üzerindeki meşcerelerin saha ve eta olarak bonitet sınıflarına dağılışı aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Bonitet Sınıfı	Meşcere Kapalılığı					
	Normal			Bozuk		
	Saha Ha	Eta		Saha Ha	Eta	
Toplam m ³		Ortalama Ha/m ³	Toplam m ³		Ortalama Ha/m ³	
I	100	15000	150	—	—	—
II	150	19500	130	250	20000	80
III	200	20000	100	300	18000	60
Toplam	450	54500	—	550	38000	—

Yan şartları da dikkate alarak, düzenlenecek gençleştirme silvikültür planında 10 yıllık periyod sonunda plan hedeflerini minimum maliyetle gerçekleştirebilmek için, gençleştirilecek alanların mevcut meşcere tipleri ve bonitet sınıflarına yıllar itibarıyla en uygun dağılımı ne olmalıdır?

1 Problemden 92500 m³ ilk periyodik eta, her bir bonitet sınıfı ve meşcere tipi için ayrı ayrı gösterilebilirdi. Problemi basitleştirmek amacıyla bu yola gidilmemiş ve örnek içindeki bağ meşcere tipi için bu miktarlar toplanıp, ilgili meşcere tipinin alanına bölünmek suretile daha pratik bir yol izlenmiştir.

Yan Şartlar :

- Doğal gençleştirmede hektar maliyeti 2500 TL., yapay gençleştirmede 3300 TL. dir.
- Bol tohum yılları 1., 4., 7. ve 10. yıllarda meydana gelmektedir.
- Seri dahilinde entansif bir yol şebekesi mevcuttur.
- Elde edilen ürünün pazarlama sorunu yoktur.
- Yıllık eta: $9200 \leq \text{eta} \leq 9300 \text{ m}^3$ olacaktır.
- Doğal gençleştirme, etek geritlerinde traşlama kesim ve yandan tohumlama, yapay gençleştirme ise, traşlama kesim ve dikim yolu ile gerçekleştirilecektir.
- Bozuk meşcereleri meydana getiren ağaçların sayısı ve dağılışı, doğal gençleştirme için yeterlidir.

Çözüm :

Tablo ve yan şartlar incelenirse, gençleştirilecek alan miktarını belirleyen en önemli kriter yıllık etadır. O halde yapılacak iş, diğer şartları da dikkate alarak bu etayı verecek alanların bulunmasından ibaret olacaktır.

Gençleştirme periyodunun her yılı bir aşama kabul edilerek çözüme ileri doğru hesaplama yöntemi ile ulaşılabacaktır. Buna göre amaç fonksiyonu :

$$Z_{\text{min}} = \sum_{i=1}^{10} g_i(d_{i-1}; k_i)$$

dir.

I. Bonitet sınıfında bozuk meşcere bulunmadığına göre, verilen yıllık etanın alınabileceği 5 alternatif seçenek mevcuttur. 9250 m³ yıllık eta :

- | | | | | |
|---|---|------|------------------------------|---|
| 1 | — | I. | Bonitet normal meşcerelerden | |
| 2 | — | II. | » | » |
| 3 | — | III. | » | » |
| 4 | — | II. | » bozuk | » |
| 5 | — | III. | » | » |

alınabilir.

- | | | | |
|----|--------------------------------|-------------------|--|
| 1. | alternatifin seçilmesi halinde | (k ₁) | 9250 : 150 = 61.7 Ha |
| 2. | » | » | (k ₂) 9250 : 130 = 71.1 Ha |
| 3. | » | » | (k ₃) 9250 : 100 = 92.5 Ha |
| 4. | » | » | (k ₄) 9250 : 80 = 115.6 Ha |
| 5. | » | » | (k ₅) 9250 : 60 = 154.2 Ha |

alanın gençleştirilmesi gerekecektir. Görüldüğü gibi: Hektardaki ortalama servet arttıkça, 9250 m³ etanın alınacağı alan küçülmektedir.

I. Aşama

1. yılın başındaki d₀ durumu ile bu duruma ait karar seti aşağıdaki gibidir (Tablo 1).

Tablo No. 1. (d₀)

Bonitet Sınıfı	Meşcere Kapahlılığı	
	Normal	Bozuk
I	100,0	—
II	150,0	250,0
III	200,0	300,0

$$K_1 \{k_1, k_2, k_3, k_4, k_5\}$$

Yan şartlara göre bu yıl bol tohum yılı olduğundan doğal gençleştirme seçilecek demektir. 10 yıllık periyod sonunda maliyeti minimize edebilmek için, gençleştirmenin ucuza malolacağı bu yıl içinde mümkün olan en büyük alanın gençleştirilmesi gerekecektir. Bu durumda 9250 m³ yıllık etayı veren en büyük alan 154.2 ha. ile 5. alternatif olduğundan uygulayıcı bunu seçecektir. Buna göre: 1. yıl sonunda elde edilecek getiri :

$$g_1(d_0; k_1) = 154.2 \times 2500 = 385\,500 \text{ TL.}$$

olacaktır.

II. Aşama

2. yılın başındaki d_1 durumu ile bu duruma ait karar seti Tablo 2'deki gibidir.

Tablo No. 2. (d_1)

Bonitet Sınıfı	Meşcere Kapalılığı	
	Normal	Bozuk
I	100,0	—
II	150,0	250,0
III	200,0	145,8

$$K_2 \{k_1, k_2, k_3, k_4, k_5\}$$

Bu aşamada bol tohum yılı olmadığı için, yapay gençleştirmeye gidilecektir. O halde en küçük alanı sağlayan karar en iyi karar olacaktır. Uygulayıcı bu aşamada 5 alternatif karşısındadır ve 9250 m³ etasının tamamını herhangi bir bonitetin normal veya bozuk herhangi bir meşcereden alabilecektir. Ancak kendisine en küçük alanda çalışmayı sağlayacak tek alternatif, birinci alternatif olduğundan uygulayıcı optimum karar olarak bunu seçecektir. Bu durumda aşama sonunda elde edilecek getiri :

$$g_2(d_1, k_2) = 61.7 \times 3300 = 203\,610 \text{ TL.}$$

olacaktır.

III. Aşama

2. yılın sonunda gençleştirilecek alanların meşcere durumu ve bonitet sınıfları itibarile dağılışı Tablo 3'teki gibidir.

Tablo No. 3. (d_2)

Bonitet Sınıfı	Meşcere Kapalılığı	
	Normal	Bozuk
I	38,3	—
II	150,0	250,0
III	200,0	145,8

$$K_3 \{k_1, k_2, k_3, k_4, k_5\}$$

3. yıl da bol tohum yılı olmadığından yapay gençleştirmeyi seçmek zorunda kalan uygulayıcı, yine mümkün olduğu kadar küçük alanda çalışmayı tercih edecektir. Bu durumda da en iyi karar, birinci alternatifini seçmektir. Ancak bu alternatifin se-

çilmesi ile uygulayıcı $38,3 \times 150 = 5745 \text{ m}^3$ eta alabilecektir. Üretim miktarını sabit tutmak zorunda olduğundan, ihtiyacı bulunan $9250 - 5745 = 3505 \text{ m}^3$ daha etayı yine en küçük alandan çıkarmaya çalışacaktır. I. alternatiften sonra bu amaca en uygunu 2. alternatif olduğundan, bu aşamada en iyi karar birinci alternatifi sonuna kadar kullanmak ve kalan $9250 - 5745 = 3505 \text{ m}^3$ eta için, ikinci alternatiften yararlanmaktır. İkinci alternatif $3505 : 130 = 26.97 \sim 27.0$ ha daha alanın geliştirilmesini gerektireceğinden bu aşamadaki getiri :

$$g_3(d_2; k_2) = (38.3 + 27.0) 3300 = 215 490 \text{ TL.}$$

olacaktır.

IV. Aşama

3. yılın sonunda ulaşılan durum ile mevcut karar seti aşağıdaki gibidir.

Tablo No. 4. (d_3)

Bonitet Sınıfı	Meşcere Kapalılığı	
	Normal	Bozuk
II	123,0	250,0
III	200,0	145,8

$K_4 \{k_1, k_2, k_3, k_4\}$

Bu yıl bol tohum yılıdır. O halde doğal gençleştirme esas olacaktır. Bu durumda uygulayıcı, ucuz olması nedeniyle nihai amacına ulaşabilmek için mümkün olduğunca geniş alanda faaliyet göstermek isteyecektir ki bunu sağlayan en iyi alternatif, 5. alternatiftir. Bu alternatifin seçilmesiyle uygulayıcı $145,8 \times 60 = 8748 \text{ m}^3$ eta alabilecektir. O halde $9250 - 8748 = 502 \text{ m}^3$ daha eta alabilmek için ek gençleştirme alanına gereksinim vardır. Bu gereksinim için problem amacına en uygun diğer bir alternatif, 4. alternatif olduğundan, uygulayıcı açısından en iyi karar bu iki alternatifi birlikte değerlendirmek ve kalan 502 m^3 etayı, II. Bonitet Sınıfının bozuk meşcereleri içinden $502 : 80 = 6.3$ ha alandan çıkarmaktır. Bu durumdaki getiri :

$$g_4(d_3; k_4) = (145.8 + 6.3) 2500 = 380 250 \text{ TL.}$$

dir.

Kalan altı aşama için ulaşılan durumlara göre verilen kararlar Tablo No. 5'te gösterilmiştir. İlk dört aşamaya ait düşünce tarzı bir tablo haline getirilmiş ve diğer aşamalara ilişkin kararlar ile bu kararların sağladığı getiriler bu tablo ile hesaplanmıştır.

Gençleştirme periyodunun ilk yılından itibaren geliştirilmiş ve geliştirilecek alanların yıllar itibarıyla durumlarını göstermek amacıyla 6 No.lu Alan Hareket Tablosu düzenlenmiştir. Bu tablonun dikey sütunlarında gösterilen değerler, yıllar itibarıyla geliştirilecek alanların meşcere durumunu ve bonitet sınıflarına dağılımını, alt iki satır ise, geliştirilen ve geliştirilecek alanların yıllık kümülatif (birikimli) değerlerini göstermektedir.

İlk yıldan itibaren kesime girecek meşcerelerin, meşcere durumları ve bonitet sınıfları itibarıyla kesime giriş öncelik sırasını, bunların kesilmesiyle elde edilecek yıllık eta miktarları ile gençleştirme şekli ve yapılacak masrafları topluca göstermek amacıyla 7 No.lu tablo düzenlenmiştir. Kesime girecek meşcerelerin özellikleri böylece belirlendikten sonra kesim planının tamamlanabilmesi için yapılacak son işlem, miktar ve özellikleri bu tabloda gösterilen meşcerelerin harita üzerinde ayrılarak sınırlarının belirtilmesinden ibaret olacaktır.

Tablo No. 5.

Kesim Yılı	Meşcerelerin Aşama Başındaki Durumu				Yıllık ete m ³	Yıllık için gereken alan ha	Genleş-tirme şekli	Karar	Getiri TL.
	Alan Ha	Bonitet sınıfı	Kapahlık	Ortalama servet m ³ /Ha					
I	100,0	I	Normal	150	9250	61,7	Doğal	En büyük alan	385500
	150,0	II	»	130		71,1			
	200,0	III	»	100		92,5			
	250,0	II	Bozuk	80		115,6			
	300,0	III	»	60		154,2 *			
II	100,0	I	Normal	150	9250	61,7 *	Yapay	En küçük alan	203610
	150,0	II	»	130		71,1			
	200,0	III	»	100		92,5			
	250,0	II	Bozuk	80		115,6			
	145,8	III	»	60		154,2			
III	38,3	I	Normal	150	9250	61,7 *	Yapay	En küçük alan	215490
	150,0	II	»	130		71,1			
	200,0	III	»	100		92,5			
	250,0	II	Bozuk	80		115,6			
	145,8	III	»	60		154,2			
IV	123,0	II	Normal	130	9250	71,1	Doğal	En büyük alan	380250
	200,0	III	»	100		92,5			
	250,0	II	Bozuk	80		115,6			
	145,8	III	»	60		154,2 *			
V	123,0	II	Normal	130	9250	71,1 *	Yapay	En küçük alan	234630
	200,0	III	»	100		92,5			
	243,7	II	Bozuk	80		115,6			
VI	51,9	II	Normal	130	9250	71,1 *	Yapay	En küçük alan	253770
	200,0	III	»	100		92,5			
	243,7	II	Bozuk	80		115,6			
VII	175,0	III	Normal	100	9250	92,5	Doğal	En büyük alan	289000
	243,7	II	Bozuk	80		115,6 *			
VIII	175,0	III	Normal	100	9250	92,5 *	Yapay	En küçük alan	305250
	128,1	II	Bozuk	80		115,6			
IX	82,5	III	Normal	100	9250	92,5 *	Yapay	En küçük alan	313500
	128,1	II	Bozuk	80		115,6			
X	115,6	II	Bozuk	80	9250	115,6 *	Doğal	En büyük alan	289000

Tablo No. 6. Alan Haraket Tablosu.

Bonitet Sınıfı	Başlangıç Durumu		Ulaşılan Aşamalar																			
			1. Yıl Sonunda		2. Yıl Sonunda		3. Yıl Sonunda		4. Yıl Sonunda		5. Yıl Sonunda		6. Yıl Sonunda		7. Yıl Sonunda		8. Yıl Sonunda		9. Yıl Sonunda		10. Yıl Sonunda	
			Nor.	Boz.	Nor.	Boz.	Nor.	Boz.	Boz.	Nor.	Nor.	Boz.	Nor.	Boz.	Nor.	Boz.	Nor.	Boz.	Nor.	Boz.	Nor.	Boz.
I	100.0	—	100.0	—	38.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
II	150.0	250.0	150.0	250.0	150.0	250.0	123.0	250.0	123.0	243.7	51.9	243.7	—	243.7	—	128.1	—	128.1	—	115.6	—	—
III	200.0	300.0	200.0	145.8	200.0	145.8	200.0	145.8	200.0	—	200.0	—	175.0	—	175.0	—	82.5	—	—	—	—	—
Gençleştirilecek alan	450.0	550.0	450.0	395.8	388.3	395.8	718.8	895.8	323.0	243.7	251.9	243.7	175.0	243.7	175.0	128.1	82.5	128.1	—	115.6	—	—
Toplam	100.0		845.8		784.1		718.8		566.7		495.6		418.7		303.1		210.6		115.6		—	
Gençleştirilmiş Alan	—		154.2		215.9		281.2		433.3		504.4		581.3		696.9		789.4		884.4		1000.0	

Tablo No. 7.

Kesim Yılı	Optimal Kararlar					Getiriler
	Kesime Girecek Meşcerelerin					
	Bonitet Sınıfı	Kapalılık	Genleş-tirme Şekli	Alanı (ha)	Etası (m ³)	Genleş-tirme Maliyeti
1	2	3	4	5	6	7
1. Yıl	III	Bozuk	Doğal	154.2	9252	385500
2. »	I	Normal	Yapay	61.7	9255	203610
3. »	I+II	Normal	Yapay	38.3+27.6=65.3	9255	215490
4. »	II+III	Bozuk	Doğal	145.8+6.3=152.1	9252	380250
5. »	II	Normal	Yapay	71.1	9243	234630
6. »	II+III	Normal	Yapay	51.9+25.0=76.9	9247	253770
7. »	II	Bozuk	Doğal	115.6	9248	280000
8. »	III	Normal	Yapay	92.5	9250	305250
9. »	III+II	Normal+Bozuk	Yapay	82.5+12.5=95.0	9250	315500
10. »	II	Bozuk	Doğal	115.6	9248	289000
Toplam				1000.0	92500	2870000

SONUÇ ve TARTIŞMA

Bilindiği üzere Orman Amenajmanının en önemli görevi, planladığı ünitenin ve-rebileceği ürün miktarının devamlılığını garantilemek ve bu miktarın her yıl az çok birbirine eşit olacak şekilde çıkarılmasını düzenlemektir. Amenajman pratiğinde fay-dalanmanın zaman ve mekân itibarıyla düzenlenmesinde iki tür etadan yararlanılmak-tadır. Düzenleme projesi, ya *alan* etası ya da *hacim* etasına dayatılmaktadır.

Bu problemin çözümünde üretim miktarının hacim olarak eşitliği esas alınmış ve yıllık son hasılat etasının 9100 m³ - 9300 m³ arasında olması koşuluna ağırlık ve-rilmiştir.

Problemden verilen 1000 ha. alanın 10 yıl içinde minimum maliyetle gençleştirile-bilmesi için her yıl kesime girecek meşcerelerin miktarı itibarıyla bonitet sınıfları ve meşcere tiplerine dağılışı 7 No.lu tablonun 2, 3, 4 ve 5. sütunlarında gösterilmektedir. O halde bu dört sütun, bize yıllar itibarıyla alınacak optimal kararları göstermekte-dir. Bu duruma göre, gençleştirme işlevinin minimum maliyeti 2.870 000 TL. dir. Bu maliyetle verilen alanı gençleştirebilmek için, 10 yıl boyunca sırası ile nitelikleri 2 ve 3. sütunlarda gösterilen 154.2, 61.7, 65.3, 152.1, 71.1, 76.9, 115.6, 92.5, 95.0, 115.6 ha. alanların gençleştirmeye sokulması gerekmektedir.

Her yıl bir aşama olarak alındığına göre her bir aşamanın sonunda ulaşılabilecek optimum durumlar 6 No.lu alan hareket tablosunda gösterilmiştir. Bu tablonun ilk üç satırı optimal durum dizisini göstermektedir. 7 No.lu tablonun 7. sütununun toplamı ise optimum çözümdür.

Üzerinde taşıdığı servet ne olursa olsun, yapay gençleştirmeye konu olacak meş-cerelerin seçiminde bonitetli yüksek olanlara öncelik tanınması, genel ekonomik bir kuraldır. Bu kural, yüksek bonitetli meşcerelerin yatırılan kapitale daha kısa zaman-

da ve daha yüksek oranda nemalandırılmalarından ileri gelmektedir. Yukarıda ulaşılan gözümde, meşcerelerin kesime giriş öncelikleri, bonitetleri açısından incelendiğinde, bu genel kuralın önemli ölçüde işlerlik kazandığı anlaşılacaktır. Bu durum, metodun bir avantajı olarak kabul edilmelidir.

Metodu kullanmanın diğer önemli avantajı da, yapılacak silvikültür planlarını daha gerçekçi bir temele oturtmasıdır. Uygulayıcı böylece, nerede doğal, nerede yapay gençleştirme uygulayacağını, bu uygulamalar sonunda ne miktar eta alabileceğini yer ve zaman olarak daha ışın başında bilecek ve yıllık gençleştirme bütçesini buna göre belirleyecektir. Her yıla ait getiri, ilgili olduğu yılın yatırım miktarını vereceğinden bölgesine yapılacak yatırımların yıllar itibarıyla planlamasını da yapabilecektir.

FAYDALANILAN KAYNAKLAR

AMİDON L. Elliot, AKIN S. Gorth, 1968. *Dynamic Programming to Determine Optimum Levels of Growing Stock*. Forest Science, Vol. 14, No. 3

ASAN Ünal, 1981. Kritik Yörünge Metodu (CPM) ve Programları Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği (PERT)'nin Tanıtılması ve Amenajman Planı Yapımında Kullanılması. İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Sayı 2

BELLMAN E. R. and DREYFUS E. S., 1962. *Applied Dynamic Programming*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

ELSNER H. Gray, TRAVIS R. Michael, KOURTZ H. Peter, 1975. *Dynamic Programming Subroutines Based on the Dijkstra Algorithm for Finding Minimum Cost Paths in Directed Networks*. Canadian Forestry Service Department of the Environment.

ERASLAN İsmail, 1971. Orman Amenajmanı. İ. Ü. Orman Fakültesi Yayınları No. 169, Kutulmuş Matbaası - İstanbul.

ERASLAN İsmail, 1972. Orman Kaynaklarımızdan Optimal Faydalanmanın Amenajman Esasları ve Metodları İle Gelecekte Alınması Gerekli Tedbirler. İ. Ü. Orman Fakültesi Yayınları No. 186, pp. 68.

ERASLAN İsmail, 1981. Aynıyaşlı Ormanların Optimal Kuruluşlara Götürülmesinde Kullanılabilecek Artım Yüzdeleri Simülasyon Yöntemi. İ. Ü. Orman Fakültesi Yayınları No. 289, pp. 39.

ERASLAN İsmail, 1982. Orman Amenajmanı. 615 Daktilo Sahifesi, baskıdadır.

GENÇYILMAZ Güneş, 1977. Dinamik Programlama ve Üretim Yöntemi Problemine Uygulama Olanakları. İ. Ü. İşletme Fakültesi Dergisi, Cilt 6, Sayı 2, S. 113 - 133.

HALAÇ Osman, 1979. Kantitatif Kararverme Teknikleri. İ. Ü. İşletme Fakültesi.

HOOL N. James, 1965. *A Dynamic Programming - Probabilistic Approach to Forest Production Control*.

KALIPSIZ Abdülkadir, 1973. Ormancılıkta Matematik Modeller ve Yöneylem Araştırmaları. İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt XXIII. Sayı 1.

KARAYALÇIN İlhami, 1969. İstihsal İdareciliği ve Teknikleri. İ. Ü. İşletme İktisadi Enstitüsü Yayınları XV, İstanbul.

LUNDRÉN L. Allen, 1981. *The Affect of Initial Number of Trees per Acre and Thinning Densities on Timber Yields from Red Pine Plantations in Lake States*, USDA Forest Service, Research Paper NC - 193.

MYERS A. C., 1967. *Yield Tables for Managed Stands of Lodgepole Pine in Colorado and Wyoming, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Research Paper RM - 26, 20 pp.*

OGM., 1973. *Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine, Uygulanmasına ve Yenilenmesine Dair Yönetmelik. Sıra No. 578, Seri No. 5.*

OGM., 1976. 15.3.1976 gün ve 7130-25/267 sayılı Model Tamim.

RISVAND J., 1971. *Dynamic Programming For Determining Optimum Cutting Policies For a Forest Enterprise. Forestry Commission Bulletin No. 44. London.*

RUSTAGI P. Krishna, 1978. *Forest Management Planning For Timber Production: A sequential Approach Pasific Southwest Forest and Range Experiment Station. P.O. Box 245. Berkeley, California 94701.*

SEIDEL K. W., 1977. *Levels-of-Growing-Stock in Thinned Western Larch Pole Stands in Eastern Oregon. Pasific Northwest Forest and Range Experiment Station Portland, Oregon. Research Paper PNW-221, 14 pp.*

SMITH Stephan, 1978. *A Two - Phose Method For Timber Supply Analysis. Pasific Southwest Forest and Range Experiment Station. P.O. Box 245. Berkeley, California 94701.*

SOYKAN Burhan, 1979. *Aynıyaşlı Ormanların Aktüel Kuruluşlarının Optimal Kuruluşu Yaklaştırılmasında Yöneyem Araştırması Metodlarından Yararlanma Olanaklarının Araştırılması. K.T.Ü. Orman Fakültesi Yayınları No. 5, Trabzon, pp. 149.*

SWERSEY J. Richard, 1963. *Parametric and Dynamik Programming in Forest Fire Control Models. Operation Research Center Institute of Engineering Research, University of California - Berkeley.*

WEINTRAUB Andreas, NAVON Daniel, 1976. *A Forest Management Planning Model Integrating Silvicultural and Transportation Activities. Management Science Vol. 22, No. 12.*