

SERİ B CİLT 33



SAYI 1 1983

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ
DERGİSİ



ORMAN AMENAJMANINDA KULLANILAN SİMÜLASYON MODELLERİ

Ünal ASAN¹

G İ R İ Ő

Orman işletmelerinin etkin bir şekilde yönetim ve kontrolü, bu işletmelerin lokal konumlarından kaynaklanan doğal ve ekonomik koşullarına uygun ayrıntılı amenaajman planları ile olanaklıdır. Böyle niteliklere sahip amenaajman planlarının hazırlanması ise, planlama aşamasında alınacak temel kararların isabet derecesine bağlıdır. Bu nedenle amenaajmancının herhangi bir aşamada karar almadan önce, vereceği karar sonucunda ortaya çıkması olası durumları kestirebilmesi ve bunlar arasında amacı doğrultusunda en yararlı olanı getireceği sonuçlarla birlikte önceden bilmesi gerekmektedir.

Ne var ki, planlamanın her aşamasında problem gereksinimine uygun en iyi kararın verilmesi her zaman olanak dahilinde bulunmamaktadır. Özellikle ileriye dönük projeksiyonların yapılmasını zorunlu kılan durumlarda amaca uygun kararlar daha da belirsizlik göstermekte, alınacak sonuçlar, uzayan zaman perspektifi ile güvenilirliklerini giderek yitirmektedir. Değişken ve kısıtlayıcıların sayılarındaki çokluğa işletme alanının doğaya açık ve biyolojik karakterde oluşu da eklenince, bilinen fizik kanunlarına uymayan, matematik kesinlikten uzak, karmaşık bir sistem ortaya çıkmaktadır.

Etüdümüzün amacı, matematiksel terimlerle ifade edilebildiği halde analitik yöntemlerle çözümleri olanaksız bulunan problemlerin çözümünde yararlanılan ve stokastik karakterli değişkenlere sahip karmaşık sistemlerin açıklanmasında başvurularak yönetici ya da planlayıcıya vereceği kararların etkinliği konusunda önceden bilgi sağlayan Simülasyon Metodunu kısaca tanıtmak, ormancılıkta bu metod ile çözülmüş ve çözümleri olası görünen problemlere örnekler vererek, metodun özellikle Orman Amenaajmanı açısından önemini vurgulamaktır.

1.0. SİMÜLASYON METODUNUN TANIMI, MODEL KAVRAMI VE MODEL KURMA TEKNİKLERİ

Günümüzde pek çok olay, bir dizi matematiksel fonksiyon veya sayılarla simgelenmek suretille bilgisayar içinde oluşturulmakta bu suretle, olayların oluş ve trendleri hakkında bunlar henüz gerçekleşme aşamasına ulaşmadan bilgi edinilebilmektedir. Bu şekilde, gerçek hayatta çok uzun bir sürede sonuçları ortaya çıkabilecek

¹ İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Amenaajmanı Bilim Dalı, Araştırma Görevlisi, Bahçeköy - İSTANBUL.

kararların olumlu ya da olumsuz etkileri bugünden denetlenebilmekte, böylece yanlış kararların neden olacağı zararlar, başından önlenebilmektedir.

Yöneylem Araştırma Metodları içinde bize bu olanağı sağlayan metoda Simülasyon denilmektedir.

1.1. Simülasyonun Tanımı

Bugün dilimize *Benzetim* ya da *Benzetme* olarak çevrilen Simülasyon genel anlamda: Bir nesne ya da olayı modelleştirerek bu model üzerinde inceleme ve deneyler yapmak, alınan sonuçları değerlendirmek suretile bir karara varmaktır (KALIPSIZ, 1976, S. 148). Simülasyon kelimesinin bu anlamda ilk kullanılışı, 1940 yılı sonlarında *John von Neumann* ve *Stanislaw Ulam*'ın çalışmalarına Monte Carlo Simülasyonu adını vermeleri ile başlamıştır (HALAÇ, 1978, S. 443). Bu teknik sayesinde analitik işlemleri çok karmaşık ve deneysel işlemleri çok pahalı olan nükleer savunma problemleri başarı ile çözülmüştür. Elektronik bilgisayarların gelişimine koşut olarak bu tekniğin kullanım alanı da genişlemiş ve günümüzde fen ve sosyal bilimler ile mühendislik ve işletmecilik alanlarına ilişkin çok boyutlu ve karmaşık modellerin kavranmasında Simülasyon modellerinden yararlanılması oldukça güncellenmiştir. Örneğin: endüstri, ekonomi, pazarlama, politika, davranış bilimleri, ulaşım, şehircilik ve ormancılığın, bugün Simülasyon Metodunun kullanım alanları içinde yer aldığı artık bilinmektedir.

Simülasyon Metodu ile uzun zaman gerektiren denemeler kısa sürede yapılabilen, sonuçları rizikli olabilecek olaylar ve değişik seçenekler incelenebilmektedir (AKALP, 1982, S. 106). Özellikle belirli analitik yöntemlerin uygulanması sonucu yöneticinin karar alması ve bu karara dayalı olarak sistemin matematik analizine gerek duyulması hallerinde Simülasyona başvurmak kaçınılmazdır (KARPAT, 1973, S. 107).

1.2. Model Kavramı

Karmaşık bir sistemi maket, simge veya şekillerle ortaya koymak ve bu sistemi oluşturan öğeleri etkilemek suretile sistemin bütününde ortaya çıkacak değişimleri değerlendirme işlevi şeklinde de tanımlayabileceğimiz Simülasyon Metodu, model kurma san'atı olarak da kabul edilmektedir. Başarılı Simülasyon modelleri geliştirmenin pahalı, zaman alıcı ve hüner gerektirdiği görüşünü savunan kimi yazarlar, model kurma işlevinin bilimden çok san'at yönü ile önem kazandığını ileri sürmektedirler (HALAÇ, 1982, S. 2). Bu görüşün temsilcilerinden *J. D. Tocher*, «Simülasyon San'atı» adlı eserinde Simülasyonu «son derece düzensiz ve karmaşık istatistiklerin örnek dağılımlarının belirlenmesi işlevi» olarak tanımlamaktadır (TOCHER, 1963).

Ohalde Simülasyon, bir çeşit model kurma, kurulan modeli deneme ve yeni sistemler geliştirme işlevidir. Model, bir obje ya da sistemin küçültülmüş şeklidir ki bu, araştırılan nesnenin özelliğine göre resim ya da şema olabileceği gibi, doğrusal veya eğrisel çok değişkenli matematiksel bir fonksiyon veya grafik de olabilir.

En iyi model, temsil ettiği sistemin tüm öğelerini içine bulduran bir modeldir. Ancak başarılı bir model, gerçekçilik ve sadelik gibi birbiri ile çelişen iki istegün en iyi şekilde dengelenmesi ile elde edilir (GÜNEL, 1978, S. 16). Kurulan mo-

del, sistemi oluşturan ögeler arasındaki ilişkilerin ayrı ayrı incelenebilmesine olanak vermelidir. Her bir ögenin tanımlanan aralık içindeki değişimleri, bu ögelerin doğada bilinen trendlerine uygun olmalı ve sistemi oluşturan ögelerin model içindeki karşılıklı ilişkileri, gerçekteki ilişkileri ile uyum halinde bulunmalıdır.

Modeller kurulurken sistemin tamamı yerine, içindeki en önemli ögeler esas alınabilmektedir. Hangi ögelerin önemli olduğunu problemin amacı belli etmektedir. Kimi modellerde gerçek ögeler yerine türetilmiş ögeler de kullanılabilir.

Simülasyon modelleri değişik amaçlarla oluşturulmaktadır. Bunları problemin amacına göre :

- İncelenmek istenen sistemin işleyişini kavramak,
- Sistemin herhangi bir ögesinde yapılacak değişikliğin bu sistemin işleyişinde meydana getireceği etkileri saptamak,
- Zaman süreçli sistemlerde, sistem işleyişinde sürece bağlı olarak ortaya çıkacak değişimleri belirlemek,
- Sistemin çeşitli kesitlerde ulaşacağı denge durumlarını incelemek şeklinde sıralanabilirler.

Bu amaçları gerçekleştirecek şekilde oluşturulan modellerden, teori kurma, kurulan teorinin geçerliliğini ortaya koyma, ileriye dönük tahminlerde bulunma ve isabetli karar verme konusunda faydalanılmaktadır.

1.3. Model Kurma Teknikleri

Simülasyon modellerinin kurulmasında çeşitli tekniklerden yararlanılmaktadır. Esasen Simülasyonun kendisi tek bir metod değil, çeşitli amaçlara uygun modellerin kurulmasında kullanılan metodlar dizisidir. Her problemin kendine özgü bir modeli vardır. Bir problem için hangi tip modelin uygun olacağını, sistemin yapısı ile sistem ögeleri arasındaki ilişkiler belirlemektedir.

Bugün kullanılmakta olan Simülasyon Modelleri başlıca üç grup altında incelenmektedir. Bunlar :

1 — *Monte Carlo Simülasyonu* : Sistem ögeleri arasındaki ilişkilerin olasılık esasları ile açıklanması hallerinde başvurulan bir model kurma tekniğidir. Bu teknikte; sistem değişkenlerinin binomiyal, poisson, uniform, normal, exponansiyel, gamma veya beta gibi belirli olasılık dağılımlarına uygun olarak davrandıkları varsayılarak, bu değişkenlerin içinde bulunabilecekleri değer aralıkları bu dağılımlar yardımıyla elde edilir.

2 — *Sistem Simülasyonu* : Sürekli değişim halinde bulunan dinamik karakterli sistemlerin modelleştirilmesinde başvurulan bir model kurma tekniğidir. Ardışık zaman süreçli sistemlerin ögeleri arasındaki ilişkilerin açıklanmasında veya sistemin yapısında zamana bağlı olarak ortaya çıkan değişimlerin saptanmasında en iyi sonuçlar bu teknik ile elde edilmektedir. Ormancılıkta kullanılan Simülasyon Modelleri genellikle bu grup içinde yer almaktadır.

3 — *Oyun Simülasyonu ya da Oyun Oynama Teknikleri* : Tarafları olan Simülasyondur. Harp oyunları, ticaret oyunları ve Uluslararası politika oyunlarını modelleştiren Simülasyon tekniğidir. Bu teknikte, mevcut durum simüle edilir ve

uygulanacak türlü stratejiler sonunda ortaya çıkması olası durumlar tartışılarak amaca uygun stratejiler belirlenir.

Modeller hangi teknik ile oluşturulursa oluşturulsun, Simülasyon süreci aşağıdaki aşamalardan meydana gelmektedir (HALAÇ, 1982, S. 2; KARPAT, 1979, S. 108; WYMAN, 1970, S. 2-3):

- 1 — Sistemin kavranması
- 2 — Model kurma ve sınama
- 3 — Uygulama
- 4 — Yorum ve kullanıma sunma

1 — Sistemin Kavranması

Modelleştirilecek sistemin sınırlarının, kısıtlayıcılarının ve etkinlik ölçüsünün belirlenmesidir. Bu aşamada sistem içinde problem amacına uygun öğeler seçilerek bunlardan kontrol edilebilenler ile edilemeyenler ayrılır. Her bir öğenin davranış biçimine uygun gelen dağılım şekli saptanır.

2 — Model Kurma ve Sınama

Bu aşamada, sistem öğeleri arasında gerçek davranışlarına uygun bağlar kurarak sistemin lojik ve analitik bir model elde edilir. Bu şekilde öğeler arasındaki ilişkiler mantıksal bir akış diyagramına aktarılır. Daha sonra, FORTRAN, GASP, GPSS, DYNAMO ve SIMSCRIPT gibi bilgi sayar dillerinden amaca uygun biri seçilerek, model bunlardan birine çevrildikten sonra ilk sınamaya geçilir. Böylece kurulan modelin istenilen güven seviyesinde olup olmadığı araştırılır. İstenilen güven seviyesinin elde edilememesi halinde model red edilerek mantıksal akış diyagramı yeniden incelenir.

3 — Uygulama

Test edilen modelin amaca uygunluğu sağlandıktan sonra modelin çalıştırılmasına geçilir. Bu aşamada, sistemden hangi bilgilerin nasıl bir deney ile sağlanacağı planlanır ve sağlanan bilgilerin test edilmiş şekli saptanır. Daha sonra model çalıştırılarak istenen bilgiler elde edilir.

4 — Yorum ve Kullanıma Sunma

Simülasyon sonunda elde edilen çeşitli bilgiler değerlendirilir ve her bir alternatif çeşitli yönleri ile incelenip amaca uygun olanlar saptanarak kullanıma sunulur.

Simülasyon modeli kurulurken dikkat edilecek hususlardan biri de modelin gerçeği ne ölçüde yansıttığının bilinmesidir. Diğer analitik modellerin aksine Simülasyon Modelleri gerçeği gereğinden fazla yansıtmaya devazantajına sahiptir. Kurulan model gerçeğe yaklaştırmak için eklenecek her parametre maliyeti arttırmaktadır (KARPAT, 1979, S. 108).

2.0. SİMÜLASYON TEKNİĞİNİN TEMEL ÖZELLİKLERİ İLE YARAR VE SAKINCALARI

2.1. Simülasyon Tekniğinin Temel Özellikleri

Tüm Yöneylem Araştırma Metodları gibi simülasyon metodu da bir karar verme tekniğidir. Ancak diğer tekniklerden en önemli farkı, bu metodun maksimum,

minimum ya da optimum çözüm gibi tek bir sonuç vermemesidir. Esasen, Yöneylem Araştırma Metodları, Optimizasyon ve Simülasyon olmak üzere iki farklı gruba ayrılmaktadır. Simülasyon Metodunda, bir nesne veya sistemin modeli kurularak bu sistemin işleyişi araştırılır. Bu metodda baştan saptanmış belli bir amaç yoktur. Çeşitli öğelerden meydana gelmiş bir sistem ve bu sisteme uygulanması düşünülen alternatif kararlar vardır. Araştırmacı, her bir kararı sisteme uygulayarak belli sonuçlar elde etmekte ve bu sonuçlar arasından en uygununu seçmektedir.

Optimizasyon Metodlarında ise, araştırmacıya tek bir amaç fonksiyonu ile bir dizi alternatif ve kısıtlayıcılar verilir. Araştırmacıdan, verilen kısıtlayıcılar altında amaç fonksiyonunu gerçekleştiren en iyi çözüm istenir.

Simülasyonun bir başka özelliği de bu metodun analitik çözüm tekniklerine karşı alternatif bir teknik olarak ortaya çıkmasıdır. Simülasyon, problemin formüle edilmesinin zor ve analitik çözüm için elverişsiz olması hallerinde uygulanabilme özelliği olan bir tekniktir (AKALP, 1982, S. 170). Bu sistemin uygulanabilmesi için fazla matematik bilgisi gerekmediği *Kalıpsız* (1981, S. 554) tarafından bildirilmektedir.

2.2. Simülasyon Tekniğinin Yarar ve Sakıncaları

Simülasyon Metodunun en önemli yararları şöyle sıralanabilir :

— Simülasyon Metodu, karmaşık sistemlerin kolayca kavranmasına olanak tanıyan bir methodur. Sistemin her bir ögesinin değişimini, bu ögelerin karşılıklı etkileşimlerini en somut şekil ile ortaya koyar.

— Gerçekleştirilmesi pahalı ve zamana bağlı deneyleri Simülasyon Metodu ile kısa zamanda gerçekleştirmek mümkündür. Sonuçları rizikli olan deneyler, bu metod ile tehlikesizce gerçekleştirilebilir.

— Herhangi bir kararın sistemi nasıl etkileyeceği önceden kestirilebilir. Sonucun istenen şekilde gerçekleşebilmesi için sistemde yapılması gereken değişiklikler kolayca saptanabilir.

Simülasyon Metodunun sakıncaları şunlardır :

— Sistemi ortaya koyacak modelin oluşturulması pahalı ve zaman alıcıdır.

— Simülasyon modellerinin hazırlanması ekip çalışmasını gerektirir. Modelin denenmesi esnasında elde edilen ara sonuçların iyi analiz edilmesi ve önemli çıktıların gözden kaçırılmaması gerekir. Bu ise iyi bir sistem analisti olmayı zorunlu kılar.

— Simülasyon Metodu ile elde edilen sonuç, her zaman en iyi sonuç değildir. en iyi sonucun elde edilmesi pek çok modelin denenmesini ya da değişik koşullara göre mevcut sistemin yeniden denenmesini gerektirir. En iyi sonucu elde etmek için en az kaç modelin gerekeceği ise baştan kestirilemez.

3.0. ORMAN AMENAJMANINDA SİMÜLASYON MODELLERİ

Ormancılıkta matematik modeller uzun zamandan beri kullanılmaktadır. Gerek tek ağaca gerekse meşcereye ait çap, boy ve hacmin yaş ve yetiştirme ortamına bağlı olarak gelişimi, çeşitli matematik modeller ile belirlenmektedir. Bunlardan tek ağaç-

larda yapılan gövde analizleri ve bu analizlerden yararlanmak suretile çizilen çap, boy ve hacim grafikleri, ağaçların zaman içindeki gelişimlerini simgelemeleri bakımından Simülasyon olarak kabul edilebilirler. Ancak bu grafikler, sadece zaman içinde sistemde meydana gelen değişiklikleri kavramamıza yardımcı olmalarına karşın, bizlere üzerlerinde deney yapma olanağı vermezler. Keza hasılat tabloları da bir meşcerenin zaman içindeki gelişimini ortalama değerler olarak ortaya koymaktadır. Belli yetiştirme ortamında gelişen bir meşcereye belli zamanlarda belirli şekil ve şiddette müdahale edilirse, bu meşcerenin belli periyodlar sonunda kazanacağı çap, boy ve hacim ortalama değerler olarak bu günden kestirilebilmektedir. Hasılat tabloları, Simülasyon ile oluşturulan meşcere modellerine benzemektedir. Meşcere modellerinin, tek ağaçların büyümelerini esas olmalarına karşın, hasılat tabloları ortalama değerlere dayanmaktadır (ALEMDAĞ, 1978, S. 139).

Gerçek anlamdaki Simülasyonun ormancılıktaki uygulamaları 15-20 yıl gerilere kadar gitmektedir. İngiltere'de *Hamilton* ve *Cristie* (1974), Amerika'da *Myers* (1969-1973) ve *Hoyer* (1975), Kanada'da *Paille* ve *Smith* (1970), Türkiye'de *Sun* (1978), *Soykan* (1979) ve *Eraslan* (1981) bu uygulamalara örnek olarak verilebilirler.

3.1. Gerçekleştirilmiş Simülasyon Örnekleri

Yerli ve yabancı ormancılar tarafından gerçekleştirilmiş bulunan Simülasyon modellerinden bazıları şunlardır :

Buongiorno ve *Teegarden* (1978, S. 36), Douglas Göknarı için yapılan ağaçlandırma çalışmalarını iki ayrı model ile temsil etmişlerdir. Tam bir Simülasyon Modeli olan birincisinde plantasyonlardaki artımı; uygulanacak aralamaların şekil ve şiddetleri ile idare süreleri, yetiştirme ortamı, başlangıçtaki meşcere kapalılığı, ağaçlandırma masrafları ve idari zorlukların fonksiyonu halinde ortaya koymuşlardır.

Clutter ve *Bamping*'in değişik idare amaçları uygulanan bir ormanda biyolojik ve ekonomik oluşumları incelemek amacıyla bir Simülasyon Modeli geliştirdikleri *Kalıpsız* (1973, S. 49) tarafından bildirilmektedir.

Curtis, *Clendenen* ve *Demars* (1981), Douglas Göknarı için çeşitli şekil, şiddet ve tekrara dayalı hasılat tablosunun düzenlenmesini DFSIM adını verdikleri bir Simülasyon Modeli ile gerçekleştirmişlerdir. Çok seçimli olarak geliştirilen ve hâlen gelişme aşamasında bulunduğu belirtilen bu teknik içinde meşcere tipi için iki, ara meşcere hacmi için dört, aralama şiddeti için otuz, son hasılat kesim zamanı için iki seçenek bulunmaktadır. FORTRAN IV bilgisayar dili ile yazılan programın küçük değişikliklerle diğer dillere göre çalışan bilgisayarlara da uyarlanabileceğini bildiren yazarlar, bu teknik ile aynıyaşlı Douglas Göknarı ormanlarının işletilmesinde, çeşitli şekil ve şiddette uygulanacak müdahalelere göre alınacak ara ve son hasılat miktarları tablolar halinde elde etmişlerdir.

Eraslan (1981, S. 11), optimal kuruluştan değişik şekilde sapma gösteren işletme sınıflarının aktüel kuruluşlarını optimal kuruluşlara götürülürken, herhangi bir meşcerenin bugünkü yaşında taşıdığı ağaç servetinin bu meşcerenin gençleştirmeye sokulacağı yaşa kadar geçen süre içindeki gelişimini, *Artım Yüzdeleri Simü-*

lasyon Yöntemi ile ortaya koymuştur. Geliştirdiği yöntemi, yaş sınıflarının net, brüt ve ayrılan meşcere hacim artımlarının yüzde oranlarına dayatan yazar, kesim yaşına kadar bu meşcereden alınacak ara hasılat etası ile, kesim yaşında elde edilecek son hasılat etasını bu yöntem ile belirlemektedir.

Soykan (1979), SESIMOD, KASIMOD ve GRASIMOD adı altında geliştirdiği üç Simülasyon Modeli ile hem işletme sınıflarının aktüel kuruluşlarını optimal kuruluşlara yaklaştırmış, hem de devamlı ve artan bir üretim akışı sağlamayı başarmıştır. Örnek aldığı işletme sınıflarının idare sürelerini düzenleme süresi kabul eden yazar, idare sürelerinin iki katı uzunluğundaki bir süreç içinde faydalanma düzeninin iki önemli ögesi olan alan ve hacim kontrolünü birlikte gerçekleştirmiştir.

Lundgren (1981), REDPINE adı ile *Buchman* ve *Wambach* tarafından geliştirilen bir Simülasyon Modeli ile Kuzey Amerika'da Lake States'deki *Pinus resinosa* plantasyonlarında çeşitli şiddetteki aralamaların meşcere orta çapı üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Başlangıçtaki ağaç sayısı, ilk aralamamanın başlama zamanı ve her aralamadan sonra kalan meşcerenin sıklığına göre meşcere orta çapının gelişmesini inceleyen yazar, hektarda 27,5 m² göğüs yüzeyi ve 500 ağacın, maksimum kerestelik odun verdiğini bildirmektedir.

Lundgren ve *Essex* (1978, S. 13 - 23), Kuzey Amerika'da bazı ağaç türlerinin saf meşcereleri için *Buchman* (1962), *Perala* (1971) ve *Schlaegel* (1971) tarafından geliştirilmiş Meşcere Simülasyon Modellerinin mevcudiyetine dikkat çekmektedirler. Aynı tür modellerin bazı karışık meşcereler için de *Dale* (1972), *Ek* (1974) ve *Moser* (1972) tarafından geliştirildiğini belirten yazarlar, bu modellerin meşcere bazındaki gelişmeleri ortaya koyabildikleri halde, işletme sınıfı bazındaki sorunları açıklayamadığını bildirmektedirler. Mevcut modellerin tek ağaç ve meşcere gelişmelerini modelleştirmede değerli sonuçlar verdiğini belirten *Lundgren* ve *Essex*, büyük orman alanlarının gelecekteki gelişmelerini belirlemek için *Larson* ve *Goforth*'un (1970) TRAS adı ile biyolojik bir model geliştirdiklerini ve bu model ile karışık ekosistemler içindeki silvikültürel müdahalelerin etkinliğini incelediklerini bildirmektedirler.

Yazarlar, North Central Forest Experiment Station teknisyenleri tarafından sistem projeksiyonu adı ile bir model geliştirdiğini, modelin elde edilmesinde bölge içindeki tüm yetiştirme ortamlarını kapsayacak şekilde dağıtılan 1500 adet sabit deneme alanlarından toplanan verilerin kullanıldığını, böylece bölge içindeki tüm yetiştirme ortamlarını kapsayacak şekilde, değişik ağaç türü, karışım şekli, ve sıklık derecesi için gençleştirme, artım ve gövde ayrılmasının saptanabildiğini bildirmektedirler.

Paille ve *Smith* (1971, S. 11 - 17), Sabit deneme alanlarında yaptıkları 10 - 30 yıllık gözlemler ile 13 bin örnek üzerinde doğal gövde ayrılmasını incelemişlerdir. Bu incelemede deneme alanlarındaki her bir ağacın çap ve boyunu, meşcere orta çapı ve üst boyularına oranlamışlar, ayrıca, her bir ağacı, durumu itibarıyla de hakim, yarı hakim, ara ve alt tabaka olarak dört sınıfa ayırmışlardır. Daha sonra elde edilen oranlar ile tepe sınıflarını, meşcereden ayrılma olasılığı ile ayrı ayrı ilişkiye getirmişlerdir.

Açıklanan şekilde elde edilen olasılıklar yardımıyla saf ve karışık Douglas Gökmanı ormanları için 20. yaştan itibaren 90. yaşa kadar 10 yıllık aralık ile gövde ay-

rilması tablosu düzenleyen araştırmacılar, bu tabloların meşcere gelişimi modellerinin kurulmasında, silvikültürel müdahalelerin belirlenmesinde ve yarı stotastik meşcere modellerinin gerçekleştirilmesinde kullanılabileceğini bildirmektedirler.

Sun, 4785 sayılı yasa uyarınca devletleştirilen özel ormanların, 1945 yılındaki dikili servetlerinin saptanmasında yararlanılabilecek bir Simülasyon Modeli geliştirmiş ve bu model ile Kastamonu Belediyesine ait Hacı İbrahim Dağı Ormanının o yıldaki servetini gerçek verilere dayalı olarak belirlemiştir. Tümü 148,9 hektar büyüklüğündeki bu ormanda sistematik olarak dağıttığı, 600-800 metrekairelik iç içe iki kare şeklindeki deneme alanlarının 600 metrekairelik iç karesindeki tüm ağaçların 1,30 çapını ölçen yazar, deneme alanlarının kögegenlerinin kesim yerine yakın bir ağacı kesmiştir. Kesilen ağaçlarda, kesim yerinden itibaren ikişer metrelik kesimyonlar ayrılmış ve alınan kesitlerde yıllık halka sayısı ve çift kabuk kalınlığı ölçülmüştür. 800 metrekairelik alanda ise yeni ve eski kesilen ağaçların kesit yüksekliğindeki çapları ölçülmüştür.

Yazar, kesilen 25 ağacın gövde analizlerini bonitet göstergesine bağılı olarak ilk yıldan itibaren 1945 yılına kadar yeniden simüle etmiştir. Metod yardımıyla bu ormanın 1945 yılındaki hektar serveti ve artımı ile tüm alandaki servet ve artımını hesaplamıştır.

Antalya Orman Bölge Başmüdürlüğüne bağılı Gazipaşa Orman İşletmesine ait İşletme Amenajman Planının düzenlenmesinde de Simülasyon Metodundan yararlanılmıştır. İşletme müdürlüğü bazında düzenlenen bu amenajman planı içinde dört ayrı işletme sınıfı oluşturulmuş ve bu işletme sınıflarına ait aktüel kuruluşların optimal kuruluşlara götürülmesinde, Değişmeyen Artımlı Zaman Aralığına Dayanan Simülasyon Modelinden yararlanılmıştır (SOYKAN, 1980, S. 34).

Modele uygun bir şekilde hazırlanan bilgisayar programı ile yaş sınıflarının optimal alanları, optimal servetleri ve artımları beşer yıllık kademeler itibarıyla belirlenmiş ve 1978-1982 yıllarını kapsayan ilk periyoda giren bölme ve bölmecikler, bilgisayar yardımıyla elde edilmiştir (ERASLAN, 1982, S. 535).

Yapılan uygulamalar gözden geçirildiğinde, bunların daha çok meşcere kuruluşu ve gelişimi ile amenajman planlarının düzenlenmesine ilişkin oldukları görülmektedir. Simülasyon Metodundan, ormanlardaki kesim ve taşıma işlerinde, böcek ve yangın ile mücadelenin organizasyonunda da yararlanıldığı *Alemdağ* (1978, S. 139) tarafından bildirilmektedir.

3.2. Örneklerin Orman Amenajmanı Yönünden Değerlendirilmesi

Geliştirilen Simülasyon Modelleri orman amenajmanı açısından değerlendirilirse bu modellerin üç grup altında toplanması uygun olur ki bunlar :

- Tek ağaç Simülasyon modelleri,
- Meşcere bazında Simülasyon modelleri,
- İşletme sınıfı bazında Simülasyon modelleri

dir. İlk iki grupta yer alan Simülasyon Modelleri daha küçük boyutlu olup, işletme sınıfı bazındaki Simülasyon modellerinin geliştirilmesinde basarıyak işlevi görmektedirler.

3.2.1. Tek Ağaç Simülasyon Modelleri

Bu modeller, meşcere içindeki tek ağaçların geleceğe ait artım ve büyümelerinin kestirilmesinde kullanılan modellerdir. Tek ağaçların gelişmesinde etkinlik gösteren ekolojik, biyolojik ve genetik faktörlerin kantitatif yöntemlerle saptanmasının zorluğu karşısında kimi araştırmacılar, meşcere içindeki sosyal konum farklılıklarından kaynaklanan faktörlerin büyüme ve artım üzerindeki etkinliklerini belirlemeye yönelmişlerdir. Tek ağaçların gelişmesi üzerinde meşcere içindeki diğer komşular tarafından gösterilen etkiler toplamına etkinlik endeksi denilmektedir. Bu endeksler, bir ağacın kendi türüne ait genetik özellikleriyle sınırlanmış büyüme potansiyelini kullanma derecesinin sayısal ifadesidir (AKALP, 1982, S. 169).

Bilindiği üzere tek ağaçların büyüme ve gelişmesi, meşcere içinde sahip oldukları beslenme alanına, ışık alma durumuna ve tepe gelişimine bağlıdır. Beslenme alanı; meşcere fertleri arasındaki uzaklıklar ile, ışık alma durumu; ağaçların meşcere dikey kuruluşu içinde hakim, yarı hakim, ara ve alt tabakada yer alması ile, tepe gelişimi ise; geniş tepeli, dar tepeli gibi kriterler ile ölçülebilmektedir. İşte etkinlik endeksleri, bu faktörlerden bir ya da birkaçına matematik bir model içinde yer vererek bunların ortak etkilerini kantitatif yöntemler için belirlemekten ibarettir. *Lundgren - Essex* (1978) ve *Paille - Smith* (1971) tarafından verilen örnekler bu tür Simülasyon Modelleridir.

Alemdağ (1978) tarafından önerilen bir başka etkinlik endeksi de, Tek Ağaç Simülasyon Modellerine örnek olarak verilebilir. Modelinde belli bir büyüme alanı içindeki ağacın sahip olduğu mücadele etkinliği entansitesini, etrafındaki ağaçların sayısına dayatan yazar, etkinlik endeksini söz konusu ağaç üzerinde etkinlik gösteren diğer ağaçların sayılarının büyüme alanının birim yüzeyine karşı gelen miktarı ile formüle etmiştir.

Tek Ağaç Simülasyon Modelleri, Meşcere Bazındaki Simülasyon Modellerinin geliştirilmesinde basamak işlevi görmektedirler.

3.2.2. Meşcere Bazında Simülasyon Modelleri

Meşcere bazındaki sorunların çözümü amacıyla pek çok Simülasyon Modeli geliştirilmiştir. *Hamilton* ve *Cristie* (1974), *Myers* (1969 ve 1973) ve *Hoyer* (1975), tek meşcere gelişimini simüle ettikleri bu modeller ile belli idare amaçlarına göre sağlanması olası sonuçları değişik idare süreleri ve aralama entansiteleri itibarile düzenlemişlerdir. Modellerin hepsi de meşcere gelişimine, son hasılat ve ara hasılat miktarlarına, masraf ve gelirlere göre elde edilecek net hasılaya ilişkin bilgiler vermektedir. *Hamilton* ve *Cristie*'nin modeli bu bilgilere ek olarak, dikimde kullanılacak aralık ve Mesafeler konusunda da alternatifler sunmakta, *Hoyer*'in model ise, değişik gübreleme entansitelerine ilişkin bilgiler vermektedir (HANN ve BRODIE, 1980). Ormancılığımızda bu tür Simülasyona *Eraslan* (1980) tarafından geliştirilen Artım Yüzdeleri Simülasyon Yöntemi örneklenebilir.

Meşcere Bazındaki Simülasyon Modellerini karakterize eden ögeler, yararlanılan modele göre değişmektedir. Bunlar; bonitet göstergesi, meşcere yaşı, meşcere göğüs yüzeyi veya bonitet göstergesi ve yaşa göre ağaç sayısı ile meşceredeki tek ağaçların rekabet endeksleridir.

3.2.3. İşletme Sınıfı Bazında Simülasyon Modelleri

Bu amaçla geliştirilmiş Simülasyon Modellerinde ortak olan yönler, bu modellerin belli büyüklükteki bir işletme sınıfını ele alarak türlü amenaajman metodlarını bu işletme sınıfı üzerinde sınamaya olanak tanımaları ve her bir metod ile elde edilecek eta miktarları hakkında bilgi sunmalarıdır.

Bilindiği üzere orman amenaajmanının en önemli görevi, plan ünitesinde yapılacak kesimleri yer, zaman ve miktar olarak düzenlerken, aynı zamanda ormanı tüm öğeleri itibarıyla (saha, servet ve artım), optimal düzeye ulaştırmaktır. Bir taraftan ürün akışı devamlılığını garantilemek, diğer taraftan ormanı optimal kuruluşa götürmek, faydalanmayı düzenleyen amenaajman metodlarının ana özelliği olmaktadır. Amenaajman bu işlevini çeşitli formüllere dayattığı Alan Kontrol, Hacim Kontrol veya Alan - Hacim Kontrol Metodları ile yerine getirmektedir.

Faydalanma düzeninin sadece alan kontrolüne dayalı olarak kurulması halinde en geç bir idare süresi sonunda optimal kuruluşa ulaşılmakta ise de, düzenleme süresi esnasında işletme sınıfından sağlanacak periyodik etalar miktarı itibarıyla eşit olamamaktadır. AREA adı ile *Sassaman* ve *Chapelle* (1967) tarafından geliştirilen model, bu türe örnek olarak verilebilir. Faydalanmanın hacim eşitliği esas alınarak düzenlenmesi halinde ise, periyodik etaların eşitliği gerçekleştirilmekte fakat optimal kuruluşa ulaşmak gecikmektedir. Bu nedenle son zamanlarda amenaajman konusundaki araştırmalar artık alan ve hacim kontrolünü birlikte sağlayacak optimum düzenleme sürelerinin belirlenmesine yönelmiş bulunmakta ve amenaajman, bu sorunun çözümüne ışık tutacak Simülasyon Modelleri ile uğraşmaktadır. Nitekim 1966 yılında *Chapelle* tarafından geliştirilen ARVOL modelinde Alan ve Hacim Kontrol Metodları kombine edilmiştir. Daha sonra aynı kombinasyonu gerçekleştirecek pek çok Simülasyon Modeli geliştirilmiştir. Bu modellerin hemen hepsinde düzenlemenin iki ayrı ögesi olan alan ve hacim eşitliği belli bir aralık dahilinde birlikte gerçekleştirilmekte, böylece bir taraftan orman ürünleri endüstrisinin gereksinim duyduğu ürün akışı devamlılığı sağlanırken diğer taraftan mümkün olan en kısa süre içinde optimal kuruluşa yaklaşılmaktadır.

Bu türden Simülasyon Modellerine yurdumuzda *Soykan* (1979) tarafından geliştirilen SESIMOD, KASIMOD ve GRASIMOD modelleri örnek olarak verilebilir.

İşletme Bazında Simülasyon Modellerine en çok Kuzey Amerika ormancılık uygulamalarında rastlanmaktadır. SORAC (CHAPALE ve SASSAMAN, 1968), SİMÁC (SASSAMAN ve DİĞERLERİ, 1972), TREES (TEDDER ve DİĞERLERİ, 1972) ve TEVAP - 2 (MYERS, 1970; EDWARDS ve DİĞERLERİ, 1973) bu alanda geliştirilmiş Simülasyon örnekleridir (HANN ve BRODIE, 1980).

SORAC, (Short Run Allowable - Cut) kelimelerinin baş harflerinden türetilerek isimlendirilmiş bir Simülasyon Modelidir. Model içinde Alan Kontrolü ve Alan - Hacim Kontrolü olmak üzere iki seçenek bulunmakta, eta, bu seçeneklerden herhangi birine veya her ikisine göre hesaplanmaktadır. Bu modeldeki Alan Kontrol seçeneği, AREA modeline göre daha çok esneklik sağlamaktadır. SORAC programının en önemli yönü etayı, düzenleme süresinin tamamı itibarıyla hesaplamasıdır. Hesaplama sırasında etada periyottan periyoda ortaya çıkacak değişiklikler, gerçek duruma benzer şekilde simüle edilebilmektedir. Modelde işletme sınıfı, meşcere tip-

leri ile karakterize edilmekte, gerek entansif gerekse ekstansif işletilsin, işletme sınıfından alınacak hasılat belirli bir müdahale şekline göre meşcere tipleri itibarıyla hesaplanmaktadır.

SIMAC, (Simulated Intensively Managed Allowable Cut) kelimelerinin baş harfleri ile türetilmiş bir Simülasyon Modelidir. Bu programda işletme sınıfı, ortalama bonitet ve yaş ile karakterize edilir. SIMAC, silvikültürel müdahalelerin belirlenmesinde SORAC'tan daha fazla elastikiyet sağlamaktadır. Etanın hesaplanmasında ne idare süresi, ne de düzenleme süresine gereksinim duyulmaz. Bunların yerine en genç ve en yaşlı meşcerelerin yaşları arasındaki yaş farkına göre bir projeksiyon süresi belirlenir. Meşcerelerin kesim sırası en yaşlıdan başlayarak gence doğru saptanır. Kesim yaşı ve etanın arasında kalması istenen alt ve üst sınırlar uygulayıcı tarafından belirlenir. Herhangi bir periyod için belli bir eta miktarı saptanabileceği gibi, kabul edilen sınırlar arasında maksimum miktar da bu program yardımıyla belirlenebilmektedir.

TREES (Timber Resources Economic Estimation System), Alan Kontrol, Hacim Kontrol SORAC ve SIMAC programlarına alternatif olarak geliştirilmiş yöntemler paketidir (TEDDERS ve DİĞERLERİ, 1980). Adıgeçen modellerle karşılaştırıldığında, TREES'in hasılat kesimlerinin programlanmasında uygulayıcıya büyük esneklikler sağladığı bildirilmektedir (HANN ve BRODIE, 1980, S. 8).

Eta belirlenmesinde yararlanılan simülatlara en son örnek olarak TEVAP - 2 programı verilecektir. Bu modeli diğerlerinden ayıran özellikler şöyle sıralanabilir.

TEVAP - 2, tek meşcereler ile ilgilendir. Bu meşcereler aynıyaşlı, tek veya iki tabakalı olabilirler. Bir başka anlatımla bu program için söz konusu olacak meşcereler aynıyaşlı, tek tabakalı veya iki tabakalı olmalıdır. Ancak, yaş, bonitet göstergesi orta çap, orta boy ve ağaç sayısı bakımından farklı olabilirler. Bu programda projeksiyon süresi periyod süresine eşit olup genellikle 10 yıldır. Bu nedenle TEVAP - 2, diğer üç model ile karşılaştırıldığında kısa süreli planlamada başvuru için bir araç niteliği taşımaktadır.

TEVAP - 2 eta hesabı bakımından da diğer üç modelden farklıdır. Eta dört farklı şekilde göre hesaplanmakta, ancak bu miktarlar uygulayıcıya rehber görevi yapmaktadır (HANN ve BRODIE, 1980, S. 9).

S O N U Ç

Günümüzde giderek genişleyen orman ürünleri sanayi varlığını sürdürebilmek için her yıl belli miktarda ürün akışı devamlılığını zorunlu kılmaktadır. Ülkemiz ormancılığı bir taraftan bu devamlılığı gerçekleştirecek metod ve teknikleri uygularken, diğer taraftan bu sanayinin gelecek yıllarda gereksinim duyacağı hammadde miktarları ile bu gereksinimleri karşılayacak kaynakların projeksiyonlarına yönelmek zorundadır. Diğer taraftan, mevcut amenajman metodlarının hemen hepsi de plan ünitelerinin verecekleri eta miktarlarını 10 ya da 20 yıllık plan süreleri için garanti etmektedirler. Oysa kurulacak bir kereste fabrikası 70 - 80 yıl gibi çok daha uzun yıllar için hammadde garantisine gereksinim duymaktadır. Bu durumda amenajmanlar, daha uzun süreli periyotlar için eta tahmini yapmak zorunda kalmaktadırlar.

İşte simülasyon modelleri, kabul edilecek bir projeksiyon süresi boyunca - düzenleme süresi veya tesviye süresi olabilir - plan ünitesinde servet, artım ve ete olarak ortaya çıkacak değişikliklerin kavranmasında ve birçok alternatif içinden en uygununun seçilmesinde amenciamanciya büyük olanaklar sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

- AKALP, T., 1982. *Simülasyon Tekniđi ve Meşcere Modelleri*. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 32, Sayı, S. 166 - 172.
- ALEMDAĞ, Ş., 1978. *Meşcere Modellerinin Hazırlanmasında Etkenlik Endekslerinin Yeri ve Yeni Bir Etkenlik Endeksi*. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Sayı 1, S. 138 - 149.
- BUONGIORNO, J.; TEEGUARDEN, D.E., 1978. *Operation - Research Techniques in the Management of Large - Scale Reforestation Programs*. PSW. Forest and Range Experiment Station. General Technical Report - 32.
- CHAPELLE, D.E., 1966. *A Computer Program For Calculating Allowable Cut Using The Area - Volume Check Method*.
- CURTIS, O.R.; CLENDENEN, G.W.; DeMARS, D.J., 1981. *A New Stand Simulator For Dogulas - Fir: DFSIM, User's Guide*. PNW Forest and Range Experiment Station, General Technical Report PNW - 128, 79 PP.
- DAWSON, R.E., 1962. *Simulation in the Social Sciences, Readings, 1 - 15*. Prentice - Hall, Inc., London - Tokyo - Sdney, 199 PP.
- ERASLAN, İ., 1981. *Aynıyaşlı Ormanların Optimal Kuruluşlara Götürülmesinde Kullanılabilecek Artım Yüzdeleri Simülasyon Yöntemi*. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınlarından No. 2770/289, 38 PP.
- GÜNEL, A., 1978. *Tek Ağaç ve Meşcerelerde Artım ve Büyümenin Matematiksel Modelleri*. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınlarından No. 2408/854, 141 PP.
- HALAÇ, O., 1978. *Kantitatif Karar Verme Teknikleri*. İ.Ü. İşletme Fakültesi Yayınlarından No. 2501/86, 691 PP.
- HALAÇ, O., 1982. *İşletmelerde Simülasyon Teknikleri*. İ.Ü. İşletme Fakültesi Yayınlarından No. 2936/130, 278 PP.
- HANN, D.W.; BRODIE, J.D., 1980. *Even - Aged Management; Basic Menagerial Questions and Available or Potential Techniques for Answering Them*. Intermountain Forest and Range Experiment Station, 29 PP.
- KALIPSIZ, A., 1978. *Ormanlıkta Matematik Modeller ve Yöneylem Araştırmaları*. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt XXIII, Sayı 1, S. 44 - 54.
- KALIPSIZ, A., 1976. *Bilimsel Araştırma*. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınlarından, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınlarından No. 2076/216, 187 PP.
- KALIPSIZ, A., 1981. *İstatistik Yöntemler*. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınlarından No. 2837/294, 558 PP.
- KARPAT, B., 1979. *Simülasyon ve (Yaşlıların Bakımı Planlaması)'na Uygulama*. İ.Ü. İşletme Fakültesi Dergisi, Cilt 8, Sayı 2, S. 107 - 120.
- LUNDGREN, L.A., 1981. *The Effect of Initial Number of Trees Per Acre and Thinning Densities on Timber Yields From Red Pine Plantations in The Lake States, North Central Forest Experiment Station, Research Paper NC - 193, 25 PP*.
- LUNDGREN, L.A.; ESSEX, B.L., 1978. *Techniques of Australian Forest Planning*. Pasific Southwest Forest and Range Experiment Station, Sa. 24 - 35.

- PAILLE, G.; SMITH, J. H. G., 1971. *Uses of Simulation in Forecasting Stand Growth and Mortality. Forestry Commission Bulletin No. 44, London.*
- SASSAMAN, R. W.; CHAPELLE, D. E., 1967. *A Computer Program for Calculating Allowable Cut Using Area Regulation And a Comparison With The ARVOL Method. Pasific Northwest Forest and Range Experiment Station. PNW-63.*
- SOYKAN, B., 1979. *Aynıyaşlı Ormanların Aktüel Kuruluşlarının Optimal Kuruluşa Yaklaştırılmasında Yöneylem Araştırması Metodlarından Yararlanma Olanaklarının Araştırılması. K.T.Ü. Yayını No. 106/156.*
- SUN, O., 1978. *Bir Karaçam Ormanının 1945 Yılında Taşdığı Ağaç Servetinin Saptanmasına İlişkin Matematiksel Bir Model (Basılmamıştır).*
- TOCHER, J. D., 1963. *The Art of Simulation. D. Van Nostrand Co. Princeton, N.J.*
- WYMAN, F. P., 1970. *Simulation Modeling. A Guide to Using SIMSCRIPT. John Willey and Sons. Inc., New York.*