

---

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



## SİMULASYON TEKNİĞİ VE MEŞCERE MODELLERİ

Doç. Dr. Tahsin AKALP<sup>1</sup>

Yöneylem araştırmasında pekçok sorunlar doğrusal programlama, dinamik programlama, kuyruk teorisi v.b. gibi analitik çözüm teknikleri ile çözülebilmektedir. Ele alınan sistem çok karmaşık olduğunda ve ilişkilerde çok sayıda stokastik eleman bulunduğu bu çözüm tekniklerini kullanabilmek için geniş kabuller yapmak, ilişkileri basitleştirmeye gitmek zorunlu olmaktadır. Modelden çıkarılan sistem parçaları önemsizse ve kullanılan teknik sonucu büyük ölçüde etkilemiyorsa analitik çözüm tekniklerini uygulamak mümkündür. Ancak, çoğu kez sorunun analitik tekniklerle çözüme uygun bir şekilde formüle edilmesini sağlayacak kabuller yapmak, dolayısıyla problemi bir bütün olarak çözmek mümkün olamamaktadır. Bu gibi durumlarda problemi çoğu kez simülasyon teknikleri ile ele almak ve çözümlenmek mümkün olabilmektedir.

Simülasyon; Kelime anlamı benzetme, benzerini yapma olan bir sözcüktür. Günlük anlamı içinde gerçek olmayan bir nesne veya sistemin tasarımını da içerir. Örneğin; elektrik ışığı güneş ışığının bir simülasyonudur. Elektrik ışığı gerçekte bir güneş ışığı değildir. Ancak güneş ışığının birçok aydınlatma özelliklerine sahiptir. Simülasyon aslında yeni bir olgu değildir. İnsanların resim çizmeye, heykel yapmaya başlamalarına kadar uzanır. Bu geniş anlamı içinde Leonarda da Vinci'nin eserleri, 20. yy soyut sanat eserleri birer simülasyondur. Bunların hepsi de insan davranışlarını veya fiziksel objeleri aynen kopye etmeye yönelik eylemlerdir. Bilimsel anlamda simülasyon ise; *Bir nesne veya sistemin modelini kurarak denemeler yapmak ve modeli çalıştırmak* olarak tanımlanabilir (DAWSON, 1962; HALAÇ, 1978; KALIPSIZ, 1976). Simülasyon son yıllarda özellikle bilgisayar kullanım olanaklarının artmasına koşut olarak temel ve uygulamalı bilim dallarında, sosyal bilimlerde çok geniş kullanım yeri bulmuştur. Bu sayede uzun zaman gerektiren denemeler kısa sürede yapılabilmekte, sonuçları riskli olabilecek olaylar ve değişik seçenekler incelenebilmektedir.

Tanımından da anlaşıldığı gibi simülasyon öncelikle nesne veya sistemin modelini kurmayı gerektirmektedir. Model bilimsel bir araç olup nesne veya sistemin sembolik olarak temsil edilmesidir. Model, araştırma bakımından önemli olan özellikleri taşımalıdır. Nelerin önemli olduğu modelin kuruluş amacına bağlıdır. Bazen nessenin mümkün olduğunca ayrıntılarının temsil edilmesi istenebilir. Bazen de modelin gerçek nesnenin fizik görünüşüne sahip olup olmadığı hiç önem taşımaz, araştırılan öge ve değişkenlerin gerçek sistemin davranışlarına benzerlik göstermesi önemli olabilir. Model çok değişik şekillerde örneğin sözlü, resim şeklinde, diyagramlar

<sup>1</sup> I.O. Orman Fakültesi, Orman Hastalığı ve Biyometri Bilim Dalı, Bahçeköy - İstanbul.



halinde veya matematiksel olarak kurulabilir. Uygun bir matematik model kurulması halinde araştırmacı, nesne veya sistemin davranışlarını izlemeye ve yorumlamaya kuvvetli bir yardımcıya sahip demektir. Modelde seçilen değişkenler arasındaki ilişkiler bilinenlere uygun olmalı, model işleyebilir olmalıdır. Model, sistemdeki değişkenler ve bunlar arasındaki ilişkilerin değişimini izlemeye olanak vermelidir. Modelde gerçek veri ve değişkenlerin kullanılması zorunlu olmayıp türetilmiş veri ve değişkenlere de yer verilebilir.

Geliştirilmiş birçok simülasyon tekniği vardır. Sistem simülasyonu, insan-makina simülasyonu, oyun oynama tekniği, Monte Carlo simülasyonu, tamsayılı bilgisayar simülasyonu, analog bilgisayar simülasyonu, gerçek zamanlı simülasyon v.b. gibi. Bu teknikler çeşitli yazarlarca, farklı kriterlere göre değişik şekillerde gruplandırılmakta, bazı tekniklerin aralarında fark olmadığı ileri sürülmektedir (DAWSON, 1962; Simülasyon kurs notları 1973). Bu simülasyon tekniklerinden bazılarını kısaca açıklamakta yarar vardır.

**Monte Carlo Simülasyonu :** Sistem öğeleri arasındaki ilişkileri rasgele türetilen veri ve değişkenlerle açıklar. Fiziksel deney yapmanın çok zor, kesin bir formül ortaya koymanın olanaksız olduğu problemlerin çözümünde kullanılan bir tekniktir. Bir nötronun cisimden geçişi olayında, her çarpışa ait olasılıklar için formüller bulunabilir. Ancak bütün seriye ait olasılıkları bir bütün halinde ortaya koymak mümkün değildir.

**Oyun Oynama Tekniği :** Bu teknik, karar vericisi insan olan bir simülasyon tekniğidir. Harp oyunları, ticaret oyunları, politik oyunlar v.b. gibi oyun tekniklerini içerir. Harp oyunları çok eskilere dayanan bir oyun şekli olmakla birlikte gelişmesi ve bilimsel bir nitelik kazanması ancak 19. yy da olmuştur. Harp oyunları düşman kuvvetlerinin stratejik veya taktik faaliyetlerine ait oyunların simülasyonu için kullanılmaktadır. Ticaret oyunları; Yönetim, personel seçimi, organizasyon, üretim ve pazarlama konularında kullanılmaktadır. Politik oyunlardan ise genellikle uluslararası ilişkileri simüle etmede yararlanılmaktadır.

**Sistem Simülasyonu :** Dinamik bir yapıya sahip olan sistemin yeniden oluşturulması, yaratılması tekniğidir.

Simülasyon uygulamaları birçok adımları içermektedir. Öncelikle problem açıkça ortaya konmalıdır. Daha sonra veriler toplanarak sistem öğeleri ve değişkenler kararlaştırılarak model kurulmalıdır. Modelin bilgisayarda çalıştırılması sırasında kullanılacak programlama dili kararlaştırılarak modelin geçerliliği denetlenmeli, modelin çalıştırılmasıyla türetilen sonuçlar analiz edilerek modelin iyileştirilmesine çalışılmalıdır.

Hemen bütün simülasyonlarda rasgele olaylar bulunur. Bu nedenle simülasyon sonuçları genellikle kesin olmayıp rasgele bir dağılım gösterirler. Rasgele sayıların uygun bir dağılımdan türetilmesi işleminde, dağılım bilinen bir dağılım olabileceği gibi görsel (ampirik) de olabilir. Ancak deterministik karakterde simülasyon modelleri de vardır.

Simülasyon sonucu elde edilen bilgilerin değerlendirilmesi,

- 1) Modelin çalıştırılmasıyla türetilen sonuçları gerçek verilerle karşılaştırmak,
- 2) Modeldeki girdiler, model içindeki bağıntılar ve modelin çalıştırılmasıyla tü-



rettilen sonuçların bilinlenlere uygunluklarını denetlemek,

3) Tecrübeli gözlemcilerin sonuçlara tepkilerini almak çekillerinde yapılabilir (BOTKIN et al. 1972).

### MEŞÇERE MODELLERİ

Geniş alanlar üzerinde yapılan ve uzun dönemli olan ormancılık uğraşları çok karmaşık bir yapı göstermektedir. Ormancılığın temel ögesi olan orman, doğadaki canlı ve cansız varlıkların karşılıklı ilişkileriyle oluşturdukları bir ekosistemdir. Orman ekosistemi organik maddenin sentez edildiği, yeni maddelerin oluşturulduğu, enerjinin depolandığı bir ortamdır. Hiçbir ekosistemde olaylar orman ekosisteminde olduğu kadar karışık değildir (ÇEPEL, 1976).

Belirli kuruluştaki gerçek yada tasarım bir meşçerenin çeşitli yetişme ortamlarındaki gelişmeleri kurulacak meşçere modelleri yardımıyla incelenebilmektedir. Bu modeller tohum üretimi, çimlenmesi, meşçereye katılmalar, ağaçların büyümesi, meşçereden herhangi bir yolla ayrılmaları ile meşçerede uygulanacak bakım kesimlerini ve verimi artırıcı önlemleri de dikkate alarak belli bir zaman sonunda meşçerenin ne durumda olacağını izleme olanağı sağlarlar. Meşçere modelleri sonuçları bakımından hasılat tablolarına benzerler. Aradaki en büyük fark, hasılat tablolarının meşçere ortalamalarını, meşçere modellerinin ise, tek ağaçların büyümelerini esas almalarıdır (ALEMDAĞ, 1978).

Matematik modeller ormancılıkta uzun yıllardan beri başarı ile kullanılmaktadır. Tek ağaç ve meşçerede hacim ve hacim elemanlarının değişimi genellikle belli bağımsız değişken veya değişkenlerin fonksiyonu olarak oluşturulan göresel matematik ifadelerle açıklanmaktadır. Oysa çeşitli meşçere elemanlarının aralarındaki ilişkilerin dikkate alınmasıyla oluşturulacak bir matematik model, zaman içindeki değişmelerin bir bütün olarak incelenmesi olanağını sağlamaktadır. Bu şekilde bir teknik uygulanması incelemenin göresel matematik ifadeler kullanılarak yapılmasından ayrıcalıklar gösterir. Keza temel biyoloji kurallarının büyüme modeli içinde yer alması modelin başarısını artırır.

Matematik modeller, değişkenler arasındaki ilişkinin karakterine göre; deterministik (kesin), stokastik (raslantılı) olmak üzere iki grupta toplanabilir. Deterministik ilişkide bağımsız değişkenlerin belirli değerlerine bağımlı değişkenin tek bir değeri karşı gelmektedir. Stokastik ilişkide ise, bağımlı değişkenin birden fazla değeri olabilmektedir. Modelin hangi karakterde seçileceği araştırmanın konusuna, araştırıcının ilgisine ve eldeki olanaklara bağlıdır (GÜNEL, 1978).

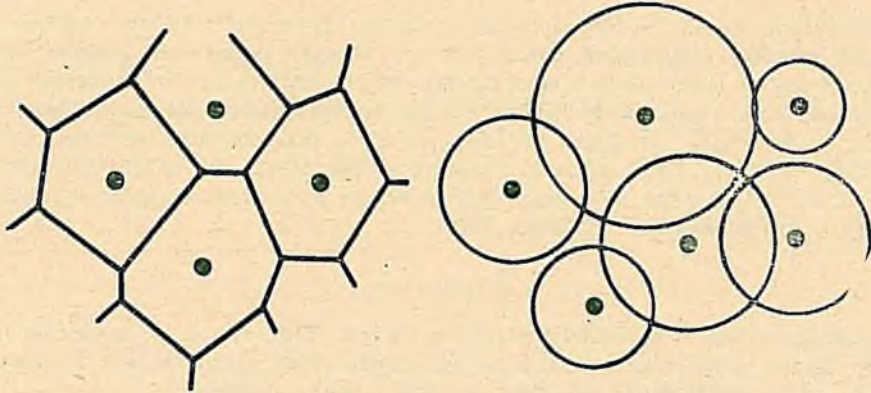
Matematik model kullanımının çok eskilere dayanmasına karşın, simülasyon için model oluşturulması, diğer temel ve uygulamalı bilim dallarında olduğu gibi ormancılıkta da son 10 - 15 yıldır geniş kullanım yeri bulmuştur.

Meşçere büyümesi konusundaki simülasyon uygulamalarını belirli özelliklerine göre gruplandırmak mümkündür. Ancak bir gruplama yapmak yerine bu uygulamalarda esas alınan başlıca sistem parçalarının tanıtılması uygun bulunmuştur. Hemen bütün çalışmalarda ağaçlar arasındaki yarışma en önemli faktör olarak ele alınmaktadır. Orman ekosistemi dinamik bir yapıdadır. Bu dinamik sistemin temel ögesi olan ağaçların çeşitli organlarında zamanla değişmeler olmakta, bunlardan bazıları kuruma yada doğal ömrünü tamamlama gibi nedenlerle meşçereden ayrılmakta, meşçereye yeni bireyler katılmaktadır.



## Yarışma Endeksi

Ağaçların geleceğe ait çap artımlarını kestirmek amacıyla «yarışma endeksi», «rekabet endeksi», «etkenlik endeksi» gibi isimlerle anılan bir kavram geliştirilmiştir. Yarışma indisi, ağacın türüne ait genetik özelliklerle sınırlanmış büyüme potansiyelini kullanma derecesinin sayısal ifadesidir. Serbest gelişen bir ağaç, sınırlanmamış büyüme alanı içinde, türünün genetik özellikleri ve yetişme ortamı koşullarıyla sınırlanmış büyüme potansiyelini kullanır. Oysa meşcerede büyüyen bir ağaç, sınırlı bir büyüme alanına sahiptir. Komşu ağaçlara olan uzaklık ve organlarının komşu ağaçlara kıyasla büyüklüğüne bağlı olarak kendisine ayrılan büyüme alanından yararlanmaya çalışır. Işık, su ve topraktaki mineral maddelerden faydalanmada komşu ağaçlarla rekabet içindedir. Komşu iki ağaç arasında rekabet, bunların tepelerinin veya etki zonlarının birbirine değmesiyle başlamaktadır. Ağacın organlarını geliştirdiği alan olan büyüme alanının şekil ve sınırlarını belirlemede iki farklı yaklaşım vardır. Bir yaklaşıma göre; Büyüme alanları ağaçların etrafında daire şeklinde yer almaktadır. Diğer yaklaşıma göre ise; ağaçların etrafında doğal olarak ayrılmış bulunan büyüme alanları ağaçla rekabet halindeki diğer ağaçların çeşitli organları (kökler, yaprak, dal v.b.) tarafından belirlenmekte olup, sahada mozak şeklinde yer almaktadır (BOUCHON, 1969; BROWN, 1965), (Şekil - 1).



Şekil - 1. Büyüme alanları : a) Mozak şeklinde, b) Daire şeklinde.

Etki zonu kavramı büyüme üst sınırlarını bulmak amacına yöneliktir. Etki zonlarının belirlenmesinde serbest durumda, yarışmasız gelişen ağaçlar esas alınmaktadır. Bu özellikteki ağaçlarda yapılan ölçmelerle bulunan tepe alanları veya tepe çapları, göğüs çapının fonksiyonu olarak bir doğru denklemiyle ifade edilmektedir. Meşcere içinde büyüyen her ağacın etki zonu, göğüs çapının fonksiyonu olarak oluşturulan bu regresyon denkleminden alınmakta ve ağacın etrafında daire şeklinde yer aldığı kabul edilmektedir (OPIE, 1968). Etki zonunun kök sisteminin uzantısını ifade ettiği veya serbest büyüyen ağaçlar yardımıyla bulunan maksimum tepe çapının bir düzeltme faktörüyle çarpılmasıyla bulunabileceği varsayımlarına dayanılarak yapılmış uygulamalar da vardır (BELLA, 1970). Etki zonu kavramından hareketle bir indis formüle etme fikri ilk olarak Staebler tarafından 1951 yılında gerçekleştirilmiştir. Yarışmanın etkisini incelemeye stokastik yaklaşımla variogramlardan faydalanılan yöntemlerde önerilmiştir (BACHACOU - DECAURT, 1976). Keza, yaprak alanı, fotosentez oranı, büyüme elverişli gün sayısı v.b. gibi ekolojik ve biyolojik özellikleri dikkate alan modeller de önerilmiş ve uygulanmıştır (EK - MONSERUD, 1974).



### Kuruma ve Doğal Ayrılmalar

Meşcerede bulunan ağaçlardan bazıları çeşitli nedenlerle doğal önürlerini tamamlayamadan sahadan ayrılırlar. Bu nedenler; Işık azlığı, biotik ve abiotik zararlar ve balım kesimleri olarak sayılabilir. Az ışıktaki fotosentez miktarı düşmekte, buda bitkinin yaşamını sürdürülebilmesi için gerekli organik maddelerin giderek azalan oranda üretilmesi sonucunu doğurmaktadır. Oysa solunum hücrede sonu olmayan bir olaydır. Işık şiddetinin solunumla kaybedilen organik maddeyi karşılayacak kadar fotosentez yapılmasını sağlayan ışık şiddetinin altına düşmesi halinde bitki yedek besin maddelerini tüketerek ölüme doğru gitmektedir (ÇEPEL, 1978).

Bir meşcere modeli içinde kuruma ve doğal ayrılmaları kolayca ölçülebilen belirli kriterlerle temsil etmek çok güç olmaktadır. Ağaç türlerinin ışık azlığına dayanma güçlerinin çok farklı olması yanında çoğu zaman kuruma ve doğal ayrılmalarla ilgili yeterli verilerde bulunamamaktadır. Bundan dolayı bu olay genellikle bazı kabullerle açıklanmaya çalışılmaktadır (BOTKIN et al., 1972; MOSER, 1972; DRESS, 1970).

### Meşcereye Katılmalar

Vejetasyon dönemi içinde yaptıkları artım ve büyüme ile meşcereye katılan bireylerin sayısının belirlenmesi, bunun için bir yaklaşım sağlanması, meşcere simülasyon modelleri içinde önemli aşamalardan birini oluşturmaktadır. Müdahale görmemiş eşit yaşlı meşcerelerde koruya geçişler meşcere göğüs yüzeyinin fonksiyonu olarak eğimi negatif bir doğru denklemi ile ifade edilebilmekte (MOSER, 1974), meşcereye katılacak birey sayısının sıklıktan etkileneyeği kabul edilmektedir (BOTKIN et al., 1972). Keza meşcereye yeni bireylerin katılmasında çeşitli dağılımlardan da yararlanılmaktadır (DRESS, 1970).

## S O N U Ç

Simülasyon bütün sorunları çözümleyen bir araç değil sadece bir araştırma tekniğidir. Diğer çözüm tekniklerise göre üstün yada eksik yarıları vardır. Simülasyonun en önemli üstünlükleri genellikle şu şekilde sıralanmaktadır :

1) Simülasyon, analitik çözüm tekniklerine bir alternatif olarak, sorunun formüle edilmesinin zor ve analitik çözüme elverişsiz olması halinde uygulanabilme özelliği olan bir tekniktir. Başlangıçta da belirttiğimiz gibi ele alınan sistem çok karmaşık olduğunda ve ilişkilerde çok sayıda stokastik eleman yer aldığına, analitik çözüm tekniklerini kullanabilmek için geniş kabuller yapmak mümkün olamamakta, sadece sistem öğeleri tanınabilmekte, aralarındaki ilişkiler ve bu ilişkilerdeki rasgele değişiklikler yeterli düzeyde anlaşılammaktadır.

2) Simülasyon, gerçek sistemin bir benzeri üzerinde deney yapma olanağını sağlamaktadır. Gerçek sistem üzerinde deney yapmanın mümkün olduğu hallerde oranla dahi deneyi denetim altında tutma üstünlüğü olan bir tekniktir. Ayrıca simülasyon, sonuçları riskli olabilecek olayları hiçbir risk olmaksızın inceleme olanağı da veren bir tekniktir.

3) Simülasyon diğer çözüm tekniklerine oranla daha kolay anlaşılabilir bir tekniktir. Gerçek sistemi tanıyan kişiler sonuçları daha kolay yargılayabilmektedir. Özellikle yönetimle ilgili problemlerin çözümünde yöneticinin simülasyon deneylerine katılması istenmekte, yöneticiye bütün bilgiler verilerek karar vermesi istenmektedir. Daha sonra bu karar modele iletilerek model çalıştırılmaktadır.

4) Simulasyon çeşitli sistem parçalarının nasıl çalıştığını anlamada da yardımcı olmaktadır.

Simulasyonunun bu üstünlüklerine karşı zayıf yanları da vardır. Bunlar da şu şekilde sıralanmaktadır :

1) Problemi bu teknikle çözmek masraflı olabilir. Gerek gitgide karmaşıklaşan bilgisayar programlarının yazılması gerekse tek bir parametre değerinin bulunması için modelin birçok defa değiştirilmesi zorunluluğu masrafı arttıran nedenler olabilir. Ayrıca çoğu zaman ayrıntılı verilere olan gereksinimde, bu bilgilerin toplanması sırasında yapılan masrafları artırabilmektedir.

2) Simulasyon bir optimizasyon değildir. Her defasında sonuçları denetlemek ve iyileştirmek için modelin tümü ile değiştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle optimal çözümü hemen veren tekniklerden ayrıcalıklar gösterir.

Bu çözüm tekniğinin uygulanmasında en önemli husus modelin gerçek sistemi yeterince temsil edebilmesidir. Eğer model sistemi yeterince temsil edemiyorsa sonuçlar gerçek sistemin davranışlarını göstermeyecektir. Bu nedenle araştırmacı sistemi çok iyi tanımalı, sistem hakkında ayrıntılı bilgiye sahip olmalıdır.

#### K A Y N A K L A R

ALEMDAĞ, İ. Ş., 1978. Meşcere Modellerinin Hazırlanmasında Etkenlik Endekslerinin Yeri ve Yeni Bir Etkenlik Endeksi. *İ.Ü. Or. Fak. Der. A*, 28(1): 138 - 149.

BACHACOU, J. - DECOURT, N., 1976. Etude de la Compétition dans des Plantations Régulières à l'aide de Variogrammes. *Ann. Sci. Forest.*, 33(4): 177 - 198.

BELLA, I. E., 1970. Simulation of Growth, Yield and Management of Aspen. Ph. D. Thesis. The University of British Columbia. X+150 pp.

BOTKIN, D. - JANAK, J. F. and WALLIS, J. R., 1972. Some Ecological Consequences of a Computer Model of Forest Growth. *The Journal Ecology* 60(3): 849 - 872.

BOUCHON, J., 1969. Sur «l'espace vital» des Arbres Forestiers, Station de Sylviculture et de Production - CNRF - Doc. inter. 69 - 09, 12 pp.

BROWN, G. S., 1965. Point Density in Stems Per Acre. *New Zealand Forestry Research Notes - No. 38*, 11 pp.

ÇEPEL, N., 1976. Ekosistem Kavramı, Ekosistem Analizleri ve Bir Ekosistem Analizi Modelinin Geliştirilmesi. *İ.Ü. Or. Fak. Der. B*, 26(1): 34 - 59.

ÇEPEL, N., 1978. Orman Ekolojisi. *İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınlarından*, İ.Ü. Yayın No. 2479, Or. Fak. Yayın No. 257, XV+534 pp.

DAWSON, R. E., 1962. Simulation in the Social Sciences: In: H. Guetzkow (Ed.) *Simulation in Social Science: Readings*, 1 - 15. Prentice - Hall, Inc., London - Tokyo - Sydney. 199 pp.

DRESS, P. E., 1970. A System for the Stochastic Simulation of Even - Aged Forest Stands of Pure Species Composition. Ph. D. Thesis. Purdue University, 253 pp.

EK, A - MONSERUD, R. A., 1974. Growth and reproduction simulation for mixed species even - or uneven - aged forest stands. In: J. Fries (Ed.). *Growth models for tree and Stand Simulation*: 56 - 73.



GÜNEL, H. A., 1978. *Tek Ağaç ve Meşcerede Artım ve Büyümenin Matematiksel Modelleri*. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınlarından, İ.Ü. Yayın No. 2408, Or. Fak. Yayın No. 254, VI+141 pp.

HALAÇ, O., 1978. *Kantitatif Karar Verme Teknikleri (Yöneylem Araştırması)*. İ.Ü. İşletme Fakültesi Yayınlarından, İ.Ü. Yayın No. 2501, İŞL. Fak. Yayın No. 86, XV+683 pp.

KALIPSIZ, A., 1976. *Bilimsel Araştırma*. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınlarından, İ.Ü. Yayın No. 2076, Or. Fak. Yayın No. 216, 187 pp.

MOSEER, J. W., 1972. *Dynamics of an Uneven - age Forest Stand*. *Forest Science*, 18: 184 - 191.

MOSEER, J. W., 1974. *A System of Equations for the Components of Forest Growth Models for tree and Stand Simulation*: 260 - 287.

OPIE, J.E., 1968. *Predictability of Individual Tree Growth Using Various Definitions of Competing Basal Area*. *Forest Science*, 14(3): 314 - 323.

— 1973. *Simulasyon Kurs Notları*. Brunel University.