

SERİ B

CİLT XVII

SAYI 1

1967

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ  
DERGİSİ



YÖNEYLEM ARAŞTIRMALARI  
VE  
ORMANCILIK ARAŞTIRMALARINA UYGULANİŞ ÖRNEKLERİ

**Doç. Dr. Abdülkadir KALIPSIZ**

I. YÖNEYLEM ARAŞTIRMALARI

İlmi tekniğin ilerlemesi ve sosyal, iktisadi gelişmeler yüzünden, günümüzde sevki idarecinin karar vermesi güçleşmiş, kararın isabeti büyük bir önem kazanmış bulunmaktadır. Gerçekten; askeri, idari ve iktisadi alanda girilen teşebbüsler umumiyetle büyük harcamaları gerektirdiği gibi, teşebbüsün sonucunu tayin edecek faktörler çok çeşitlenmiş olup, iç-içe girmiş, çapraşık bir durum göstermektedir. Ayrıca, rekabet de çetinleşmiştir. Bu durumda sevki idareci, genel görüş ve hislerine, mantığına dayanarak el yordamıyla bulacağı yolda ağır-aksak yürümek yerine, ince araştırma ve incelemelere dayanan ve sonunu önceden mümkün mer-tebe açık ve seçik olarak görebileceği bir hedefe rasyonel ve güvenli bir yoldan ulaşmak zorundadır. Bu zorunluk idarecileri, gün geçtikçe artan bir şiddetle, matematik modellerden faydalanmağa ve olasılık (Probabilite) hesaplarını kullanmağa itmektedir. Bu suretle sosyal ilimlerde ve özellikle ekonomide de olayları rakamlarla tanımlamak ve ölçmek, aralarındaki bağıntıları matematik yoldan göstermek, sonuçlarını hesaplamak ve matematik modeller kurmak yolunda büyük gayretler gösterilmiş ve halen gösterilmektedir. Hatta çeşitli bilim kollarında matematiğin uygulanmasını araştıran ve öğreten dallar meydana gelmektedir: biyometri, ekonometri, sosyometri gibi... Daha da ileri gidilerek, "yöneylem araştırması" (operations research, strategy research, Unternehmensforschung) adıyla ve konusu "karar verme" olan bir ilim kolu gelişmiştir.

Yöneylem araştırması; bir sistemin işleyişinde karşılaşılan problemlerin çözümünü elde etmek maksadiyle, ilmi metod ve usullerin kullanılması şeklinde tanımlanabilir. Bu araştırmalarda münferit problemlerin müs-

takil ve mücerret olarak ele alınıp optimum çözümünün aranması değil, bu problemlerin dahil olduğu "bütün"ün (meselâ bir işletmenin) fonksiyonunun optimum kılınması esastır. Yöneylem araştırması; belirli imkânları ile gayesine ulaşabilmesi için değişik yollar mevcut olan her müessesese (örneğin: bir işletme, endüstri kolu, Milli Savunma Bakanlığı, hastahane, liman idaresi, şehir plânu komisyonu gibi) için kullanılabilir.

Müesseseler karakter ve büyüklük bakımından çok farklı oldukları gibi, içinde buldukları şartlar da zamanla daima değişiklik göstermektedir. Birbirine çok benzer görünen iki problem bile asla tamamen eşit değildir. Bu problemlerin çözümlerinde, temel bilim kollarından tanınan genel modelleri kullanmak doğru olmayacaktır. Bu maksatla bir yandan analitik metodların geliştirilmesi, diğer yandan da organik sistemler için uygulanabilecek modellerin kurulmasına ihtiyaç görülmektedir. Yöneylem araştırmalarına bu hususta temel bilimler ve matematik büyük ölçüde yardımcı olmakla beraber, ananevi şekilleri ile bu ilimlerin metodu ve alanı çok dar olduğu için, yetersizdirler. Zira, yöneylem araştırmasının alanı, insan düşüncesinin sınırına kadar uzanmaktadır (7, s. 1-4).

Yöneylem araştırması, bir teşebbüsün veya idarenin pratik sevki idaresi ile meşgul olur. Problemleri; karar verilmesini gerektiren konulardır. Bu konuları ele alarak, durumu enine-boyuna inceler. Fakat görevi sadece incelemek olmayıp, hemen uygulanabilecek bir karara da varılmalıdır. Bununla da yetinilmeyip, karar organını inandırabilecek şekilde, mantiki bir açıklamada da bulunulmalıdır. Araştırmacı bu maksatla, geçmişe ve geleceğe ait saf ilmi ve teorik araştırmalar da yapabilir. Fakat asıl görevi daima, halihazır duruma ve konuya inhisar etmelidir (7, s. 4-5).

Temel ilimlerden bilinen ve yöneylem araştırmaları bilim kolunda geliştirilmekte olan modeller çok defa yetersiz bulunduğundan, bu konudaki araştırmalarda başvurulan teknik daha ziyade, her özel durum için "araştırma" yapmaktır.

Yöneylem araştırmalarının metodolojisi: problemin formüle edilmesi — modelin kurulması — modelin denenmesi — modelden çözüm elde edilmesi — çözümün denenmesi ve kontrolü — çözümün uygulanması safhaları halinde yürütülmektedir. Bu suretle: problemin dahil olduğu sistem ve faktörleri mümkün merteye aslına sadık bir şekilde sadeleştirip, ölçülebilir hale getirilmekte ve mümkünse rakamlarla tanımlanmakta; problemin temsilcisi olarak kurulan bir model üzerinde çeşitli çözüm yolları aranarak, bunlardan gayeye en uygun ve müessir görüneni seçilip, kontrol ve deneme sonunda uygulamaya geçilmektedir (11; 42, s. 1-4).

Gerek problem ve dahil olduğu sistem, gerekse bu sistemin çevresi amumiyetle birbirine karşılıklı tesir eden, çapraşık ve değişken, sonsuz sayıdaki faktörlerin meydana getirdiği kompleks bir olaydır. İnsan zekâsı ve ilmî metod bu kompleks olayları bütün değişkenleri ile kavramağa ve çözüme bugün için muktedir olamadığından, olayın maksat ve mahiyeti kaybolmaksızın mümkün mertebe sadeleştirilmesine, bir model haline getirilmesine ihtiyaç vardır. Örneğin, bir arazi üzerindeki problemin incelenmesi için arazinin kroki veya harita haline getirilmesi! Burada haritanın şekli, makyası ve üzerinde gösterilen bilgilerin, problemin mahiyetine ve önemine göre değişik olacağı bilinmektedir. Keza, bir uçağın üzerinde araştırılacak bir problem için de, problemin mahiyetine göre, bazen bir tabaka kâğıttan katlanarak bir uçak modeli maksadı karşılayabileceği halde, bir rüzgâr tüneline yapılacak bir uçuş denemesi için, bütün cihazlara sahip bir minyatür uçak modeline ihtiyaç olacaktır.

Model: karar konusu olan sistemin sadeleştirilmiş bir temsilcisi olup, *ayuşum* (örneğin, bir köprü veya atom modeli), *benzeşim* (meselâ elektrik akımının su akışı ile temsili) ya da *sembolik* (özel hali: matematik modeller) modelleri halinde tertiplenmektedir.

Özel bir sembolik model olan matematik modeller: konuyu veya konunun dahil bulunduğu sistemi bağlı değişken, faktörleri de müstakil değişken halinde matematik bir fonksiyon (denklem veya seri denklemler) olarak sadeleştirilen ve böylece matematik yoldan çözümü sağlanabilen modellerdir. Konuyu teşkil eden olay - mahiyeti değişmeksizin ve önemli faktörleri de ihmal edilmeyerek, ölçülebilir hale getirilip, matematik model kurulabildiği takdirde vuzuh kazanmakta ve bilhassa elektronik beyin (computer) sayesinde, çözümü büyük ölçüde kolaylaştırmış olmaktadır. Bu itibarla, zamanımızda bütün ilim dallarındaki araştırmacılar, problemlerini matematik modeller haline getirmek yönünde büyük bir heves ve gayret içerisinde dirler. Ancak bu yolda, olayların ve müessir faktörlerinin ölçülebilir hale getirilmesi, rakamlarla tanımlanması ve matematik modellere uydurulmasında zaman zaman önemli güçlüklerle karşılaşmaktadır. Maamafih, bu güçlüklerle rağmen matematik modeller sosyal ilim kollarında ve özellikle ekonomide de büyük kullanım yeri bulmaktadır. Hatta, daha kuvvetli bir deyimle, bugün bütün ilim dallarının kapısında her dilden yazılmış olan, "burada matematik konuşulur" kitabesi bulunmaktadır (3, s. 11).

Yöneylem problemlerinin çözümünün bazı safhaları, elektronik beyin tarafından otomatik olarak yürütülebilmektedir. Bu maksatla problem için

yapılacak işlemleri komut halinde bildiren ve "evet" ya da "hayır" ile cevaplandırılacak sorular sorulan uygun bir "program" hazırlanmalıdır. Rakam halinde tanımlanan bilgiler makine tarafından bu program gereğince otomatik olarak kaydedilir, tasnif edilir, matematik işlemlere tâbi tutulur, "hafıza"daki hazır program veya bilgilerle kaynaştırılır ve bulunan sonuçlar karşılaştırılıp istidlâl'ler yapılarak, sonunda problemin cevabı "evet" ya da "hayır" şeklinde elde edilebilir. Hattâ çok sayıdaki çözüm imkânlarından (alternatiflerden) en uygunu (optimum, minimum veya maksimum) makina tarafından hesaplanarak, sonuç olarak bildirilir (22, s. 284-292; 57). Yahut, problemle ilgili organik sistemin modeli üzerinde bahis konusu olan çeşitli "karar" lar denenerek, diğer bir deyimle, olay elektronik beyin içerisinde temsil (taklit) edilerek (simulation), bulunan sonuçlar karşılaştırılabilir. Böylece, gerçek hayatta ancak uzun bir sürede isabeti anlaşılabilen olan bugünkü bir kararın muhtemel sonuçları çok kısa bir zamanda bulunabilmekte ve isabetsizliği halinde hiç bir zarara uğranılmamaktadır (3, s. 159-187; 7, s. 11-12).

Yöneylem araştırması ile çözümlenen başlıca işletme problemi tipleri: imalât ve stok kontrolü, bakım ve yenileme, bekleme süresinin düzenlenmesi, rekabet oyunları, tertip ve sıralama, iş akımının düzenlenmesi olarak sınıflandırılabilir (7; 42).

*İmalât ve stok kontrolü:* Belirli bir depo büyüklüğüne göre, imalât (yahut ham veya mamul halde satın alma) ve satış miktarlarının optimum şekilde ayarlanması, ya da tersine; imalât-satış oranına göre deponun optimum bir büyüklüğe getirilmesi ile ilişkin problemlerdir. Bu problemlerin çözümünde: yapılacak değişiklik sayesinde sağlanacak gelir veya tasarrufun, katlanılacak masraftan mümkün merteye büyük olması aranır. Örnek: bir malın haftalık üretim miktarı normal dağılım göstermekte olup, ortalama 10.000 ve standart ayrılığı  $\pm 200$  adettir. Keza, haftalık sürüm hacmi de ortalama  $10.500 \pm 1000$  adettir. Cumartesi günleri fazla mesai yapıldığı takdirde ortalama  $200 \pm 50$  adet fazla mal üretilmektedir. Fakat bu malın birim maliyeti 8 lira daha yüksek olmaktadır. Hafta sonunda malın eksik gelmesi halinde parça başına 10 liralık kârdan mahrum kalınmaktadır. Buna karşılık, istihsal fazlasından her birim için 5 lira zarara uğranmaktadır. Hafta sonunda kalan mal ise müteakip hafta başına kadar muhafaza edilememektedir. Bu durumda acaba cumartesi günleri fazla mesai yapılmalı mıdır? (7, s. 40-64; 42, s. 74-86).

*Bakım ve yenileme problemleri :* Zamanla verim kabiliyeti azalan (meselâ tesis ve makinalar) veya tedricen bir kısmı işe yaramaz hale ge-

len (örneğin, elektrik lâmbası, müstahdem) ve yerine yenisinin konulması mümkün olan faktörler için en uygun yenileme (amortisman) süresinin tayini ile ilgili problemlerdir. Burada yenileme zamanı, işletme verimi azami olacak şekilde hesaplanmalıdır. Örnek: bir makinanın değeri 10.000 liradır. Bu makinanın yıllık işletme masrafı ilk beş yıl zarfında 5.000 TL. olup, müteakip yıllarda yer yıl 100 TL. daha artmaktadır. Faiz nisbeti % 10 olduğuna göre, bu makinanın optimum amortisman müddeti nedir? (7, s. 90-94; 42, s. 109-133).

*Bekleme süresinin düzenlenmesi:* Bir hizmet için beklemek gerektiği hallerde, servisin büyütülmesi ile ilgili problemlerdir. Bu problemlerin çözümünde; müşteriye beketmenin mahzurları ve servisin genişletilmesi masrafları karşılaştırılarak, işletme için optimum durum tayin edilmelidir. Örnek: bir hava alanında uçağın iniş müsaadesi aldığı andan itibaren yere inişi tam beş dakika sürmektedir. Uçakların geliş saatları program gereğince olmakla beraber, varışları saatte ortalama 6 tane olmak üzere, Poisson dağılışı göstermektedir. Hava alanı üzerinde yığılma olması hali çok masraflı ve hatta tehlikelidir. Verilen şartlara göre, bir pilot iniş müsaadesi almak için havada en çok ne kadar bekliyecektir? (7, s. 72-89; 42, s. 134-163).

*Rekabet oyunları:* Tarafları karşılıklı ilgilendiren ve başarı şanslarının karşı tarafın tutumuna da bağlı olacağı bir durum karşısında, karar almakla ilgili problemlerdir. Örneğin; bir muharebede hava durumuna veya bir poker partisinde dağıtılan oyun kâğıtlarının durumuna göre, karar vermek! Bu problemlerin çözümünde V. Neumann'ın geliştirdiği *minimaks* prensibi, yani maksimum kaybının asgariye indirilmesi (oyun teorisi) kullanılmaktadır. Örnek: 80 ve 100 TL. değerindeki A ve B gibi iki mal için iki kişi kapalı zarf usulü ile karşılaşıyorlar. Zarflar açıldığı zaman, her iki talibin de aynı şekilde, malların ikisine birden 110 TL. vermeği teklif ettikleri anlaşılmıştır. Minimaks prensibine uygun hareket ettiklerine göre, A ve B için kaç lira vermeği düşünmüşlerdir? (cevap: 45 ve 65 TL.) (42, s. 164-192; 47, s. 49-74).

*Tertip problemleri:* Yürütülmesi gereken çeşitli faaliyetlere karşılık, mevcut imkân ve vasıtalar bu faaliyetlerin tümü için miktar veya şekil bakımından yetersiz bulunduğu hallerde bahis konusu olurlar. Bu durumda: kıt olan mevcut imkânlar, genel sonuçlar mümkün mertebe en iyi (optimum) olacak şekilde, faaliyet kollarına dağıtılmalıdır. Tertip ve sıralama problemlerinin çözümünde ekseriyet "matematik programlama" metodundan faydalanılır. Burada: araçların kıtlığı veya başka faktörlerin

tesiriyle (şart denklemleri veya eşitsizlikleri ile) sınırlanmış bulunan ve fakat yine de muhtelif çözümleri olan problemin (amaç fonksiyonunun) maksimum ya da minimum olması aranarak, optimum çözüm bulunmaktadır. Fonksiyonel münasebet doğrular halinde olduğu takdirde, “doğrusal programlama” adı verilmekte ve çözümü de doğrusal olmasına kıyasla daha kolay yapılmaktadır. Problem örnekleri:

— Bir hazır elbiseci A, B, C, D, E elbise çeşitlerinden sırasıyla 150-100- 75- 250- ve 200 adet satın almak istiyor. W, X, Y, Z imalâtçıları, bu çeşitlerden sırasıyla 300- 250- 150 ve 200 adet vermeği teklif ediyorlar. Müessese sahibi, her elbiseden elbise çeşidi ve imalâtçının teslim fiyatına göre, aşağıdaki tabloda gösterilen miktarlarda kâr sağlayacağını tahmin etmektedir:

#### E l b i s e ç e ş i d i

		A	B	C	D	E
İmalâtçı	W	27,5	35,0	42,5	22,5	15,0
	X	30,0	32,5	42,5	17,5	10,0
	Y	25,0	35,0	47,5	20,0	12,5
	Z	32,5	27,5	40,0	25,0	17,5

Müessese sahibi, azami kâr elde edebilmek üzere, her bir imalâtçıdan ne miktar ve hangi çeşitlerden mal almalıdır?

— Bir nakliyat şirketi, taşıt parkını büyütme üzere, cem'an 4.000.000 TL. değerinde kamyon satın almak istiyor. Üç ayrı tip kamyon alması bahis konusudur: A tipi 10 tonluk olup ortalama sürati 60 km/saat ve fiyatı 80.000 TL. dir. B tipi 20 tonluk, sürati 50 km/saat ve fiyatı 130.000 liradır. C tipi B'nin aynı modeli olmakla beraber, şoför için bir uyuma yeri yapılmış ve böylece 18 tona inmiştir, fiyatı 150.000 liradır.

A kamyonu bir şoförle idare edilebilmekte ve ortalama olarak üç vardiyadan günde 18 saat sefer yapabilmektedir. B ve C tipleri iki kişiye ihtiyaç göstermektedir. Fakat B ortalama olarak üç vardiyadan günde ancak 18 sefer yapabildiği halde, C 21 saat yol alabilmektedir. Müessesenin alınacak bu kamyonlar için 150 şoförü vardır ve başka şoför bulmak mümkün değildir. Bakımhanesi ancak 30 tane daha kamyon alınmasına müsaittir.

Müessese, günlük ton-km olarak ölçülen kapasitesini azamiye ulaştırabilmek için, hangi tiplerden ve ne miktar kamyon satın almalıdır?

— Bir müessesenin 4 atelyesi ve 6 satış mağazası vardır. Atelyelerde günde sırasıyla 50, 60, 20, 90 adet olmak üzere, cem'an 220 adet mal imal edilmekte, mağazalarda ise 40, 40, 60, 20, 40, 20 olarak yine ceman 220 adet mala ihtiyaç bulunmaktadır. Birim malın atelyelerden mağazalara nakil ücretleri aşağıdaki tabloda verilmiştir:

**M a ğ a z a**

Atelye		A	B	C	D	E	F
	W	9	12	9	6	9	10
X	7	3	7	7	5	5	
Y	6	5	9	11	3	11	
Z	6	8	11	2	2	10	

Toplam nakil ücretinin minimum olması için, atelyelerde imal edilen mallar mağazalara nasıl tevzi edilmelidir? (7, s. 6-7 ve 15-39; 42, s. 193-255).

— Bir şahıs, fazla yer işgal eden bir malın alım-satımını yapmaktadır. Bu maksatla 500 birim mal alabilen bir deposu mevcuttur. Siparişini her ayın 15 inde vermekte ve mallar müteakip ayın birinci günü teslim edilmektedir. Yılbaşında depoda 200 adet malı bulunduğu ve 15 Ocak - 15 aralık arasındaki alış fiyatları sırasıyla 150, 155, 165, 160, 160, 160, 155, 150, 155, 155, 150, 150 TL. ve satış fiyatları da ocak-aralık aylarında sırasıyla 165, 165, 185, 175, 170, 155, 155, 160, 170, 175, 170 TL. olacağını önceden bildiğine göre, yıllık kârını azamiye ulaştırmak üzere, her ay ne kadar mal almalı ve ne kadar satmalıdır? (Çözümü: dinamik programa ile, bak: 7, s. 65-71; 42, s. 275-301).

*İş akımı problemleri:* Çok sayıda işçi veya makinanın birbirini takiben faaliyette bulunmasını düzenleme ile ilgili problemlerdir. Örnek: bir matbaada sadece bir baskı makinası ile bir cilt makinası bulunmaktadır. Baskı süreleri sırasıyla 30, 120, 50, 20, 90, 110 ve ciltleme süreleri de 80, 100, 90, 60, 30, 10 dakika olacağı bilinen altı adet kitabın baskı ve ciltleme işi nasıl sıraya konulmalıdır ki, bu işler için sarfedilecek zaman minimum olsun? (7, s. 8 ve 108-110; 42, s. 256-274).

Burada, problem tiplerinin mahiyetini açıklamak maksadiyle verilen örnekler, özellikle kısa, basit ve çözümü kolay problemlerden seçilmiştir. Gerçek iş hayatında daha çok uzun ve komplike problemlerle karşılaşılacağı tabiidir. Konumuzun gayesi sadece yöneylem araştırmasının



mahiyetini ve önemini kısa ve toplu bir şekilde tanıtmak oldığı için, matematik esaslarına yer verilmemiş ve örnek problemlerin çözümleri üzerinde de durulmamıştır (bu konuda bak: 1; 5; 6; 19; 20; 21; 29; 30; 47).

## II. ORMANCILIK PROBLEMLERİNE UYGULANIS ÖRNEKLERİ

Ormanlık problemleri bir yandan biyolojik - meteorolojik, diğer yandan da sosyal - idari - iktisadi karakterdeki girift ve çok sayıdaki değişken faktörlerin bir kompleksidir. Bu itibarla, çözümleri güç ve bulunan sonuçları güvensiz olacağı gibi, benzer görünen problemler arasında bile gerçekte önemli farklılıklar bulunabileceğinden, genelleştirmek de her zaman mümkün olmayacaktır. Ayrıca, ormanın idare süresi çok uzun olduğundan, problemlerin çözümü onlarca yıl, hatta 100 veya 200 yıl sürebilir. Bu özellikler yüzünden, ormanlık problemlerine yöneylem araştırmalarını uygulamak ve bu bilim dalının geliştirdiği metod ve modellerden faydalanmak yerinde olacaktır.

Gerçekten; yöneylem araştırmalarının bilindiği ve geliştirildiği ülkelerde ormanlıklar da bu bilim dalını tanımak ve ormanlık problemlerine uygulamak üzere, büyük bir gayret içindedirler. Bununla beraber, ormanlık problemlerinin iktisadi ve idari olaylara kıyasla daha da komplike olması ve belki ormanlıkların bu konuda yeteri kadar tecrübeye ve gerekli matematik formasyona sahip olamaması yüzünden, uygulamalar ancak basit ve büyük ölçüde sadeleştirilmiş problemlere inhisar etmekte, yayınlar daha ziyade yöneylem araştırmalarını ve özellikle doğrusal programlamayı tanıtıcı mahiyette olmaktadır:

*KISHIN*, "A study on the determining of the optimum plan in forestry management economy" adlı makalesinde, istihsal plânlaması - dağıtım plânlaması - alternatif verilere göre optimum neticenin tayini - istihsal ve dağıtım kombine vetireleri için optimum plânının düzenlenmesi bölümleri altında verdiği çeşitli modeller için tertiplelediği problemlerin çözüm yollarını matematik ve geometrik yollardan açıklamaktadır (27). Bir fikir vermek üzere, bu problemlerden bazıları aşağıda özetlenmiştir:

### 1. İstihsal plânlaması.

a) Optimum ağaç türünün seçimi: Belirli yüzeydeki bir arazinin ağaçlandırılması istenmektedir. Yetişme muhiti şartları bakımından A, B, C türlerinin getirilmesi bahis konusudur. Fakat bu türlerin yatırım

giderleri, birim sahadaki hacim verimleri ve idare müddeti sonu için bulunan istikbal değerleri, dolayısıyla de net gelirleri büyük farklılık göstermektedir. İlk tesis kapitali sınırlıdır. Bu sınırı aşmamak ve alanın tamamını ağaçlandırmış olmak şartları altında, idare müddeti sonundaki net gelirin azami olması için, her türden ne kadar saha ağaçlandırılmalıdır? (27, s. 1-19).

b) Optimum müdahale zamanının seçimi (aralama teorisi): Belirli bir sahadaki genç meşçerede idare müddeti 80-100-120 yıl alındığı takdirde, meşçere maliyet ve kesim değerleri değişik, dolayısıyla de net gelirleri farklı bulunmaktadır. Bu değerler bilindiğine ve mütedavil kapital (maliyet giderleri) sınırlı olduğuna göre, net geliri azamiye ulaştırmak üzere, 80-100-120 yıllık idare müddetleri hangi oranlarda uygulanmalıdır? (27, s. 19-36).

c) İstihsal faktörlerini optimum şekilde kıymetlendirmek: Belirli bir yüzeydeki arazide A, B, C türlerinin yetiştirilmesi bahis konusudur. Aynı idare müddeti sonunda birim odun hacmi (meselâ 100 m<sup>3</sup>) istihsal edebilmek üzere, başlangıçta her tür için gerekli fidan sayıları ve ağaçlama alanları değişik oranlarda ve dolayısıyla idare müddeti sonundaki net gelirleri de farklı miktarlarda olacaktır. Ağaçlama alanı ve eldeki fidan sayısı sınırlı olduğuna göre, net gelirin azamiye ulaştırılabilmesi için, her türden ne kadar saha ağaçlanmalıdır? (27, s. 36-44).

2. Dağıtımın optimum şekilde plânlanması: Altı ayrı işletmenin yıllık odun istihsal miktarları ve depo satış fiyatları bilinmektedir. Bu istihsal miktarının, talep hacımları belirli olan A, B, C pazarlarına arz edilmesi gerekmektedir. İşletmelerin toplam istihsal hacmi, pazarların toplam talep hacmine eşittir. Her işletmeden bu pazarlara taşıma masrafları ayrı ayrı bilindiğine göre, tevziat nasıl yapılmalıdır ki, pazarlardaki maliyet masrafları asgari olsun? (27, s. 45-59).

3. Alternatif (değişken) verilere göre optimum "netice"nin tayini: İktisadi netice bağlı fonksiyon, bunu tayin eden faktörler (meselâ ağaç türü, nakil mesafesi, idare müddeti gibi) müstakil değişken alındığı ve "şart" denklemleri bilindiği takdirde, netice'yi azami kılacak faktör değerlerinin bulunması ile ilgili problemlerdir. Örnek: bir orman işletmesinde net gelir (R);  $x_1, x_2, x_3, x_4$  müstakil değişken input'lara (giritlere) bağlı olarak,

$$R = 12 x_1 + 8x_2 + 4 x_3 + 10 x_4$$

fonksiyonuna göre değişmektedir. Aşağıdaki

$$\begin{array}{rcl}
 2x_1 & + & 2x_3 + 2x_4 \leq 40 \\
 & 4x_2 & + 2x_4 \leq 50 \\
 & & 2x_1 + x_4 \leq 20 \\
 2x_1 + 4x_2 + 2x_3 + 2x_4 & \leq & 80 \\
 x_1 & \geq & 0
 \end{array}$$

şart denklemlerini gerçekleştirecek ve net geliri azamiye ulaştıracak olan optimum  $x_1, x_2, x_3, x_4$  değerlerini bulunuz! (27, s. 59173).

4. İstihsal ve dağıtım kombine vetireleri için optimum plânın düzenlenmesi: İstihsal optimum şekilde plânlanmış olan  $n$  sayıdaki orman istihsal bölgesinden elde edilen odun emvalinin, masraflar minimum olacak şekilde  $m$  adet pazardaki talep hacmini karşılamak üzere tevzi eden bir optimum plânın hazırlanması, kısaca açıklanmaktadır. (27, s. 73-74).

Kishin diğer bir araştırmasında da; optimum ağaç türü ve optimum kesim yaşının aynı zamanda (birlikte) tayin edilebilmesi imkânları üzerinde durmaktadır (28). Örnek: 100 hektarlık bir arazide inceleme yapılarak, toprak verimliliğine (bonitete) göre tefrik yapılmış ve bu sahalarda yetişmesi muhtemel ağaç türleri (belirli bir sahada bir veya daha çok tür) tesbit edilmiştir. Ayrıca elde de, bu türler için değişik bonitetlerde ve gübreleme hallerinde 70 yaşa kadar beşer yıllık kademelere göre: hektardaki ağaç servetini, metreküp fiyatı, hektardaki input-output (girit-cıktı) münasebeti (istihsal değeri olarak gayrisafi gelir - yatırım baliğ değeri - safi gelir) ile 1.000 m<sup>3</sup> istihsal için input-output münasebeti (yatırımın şimdiki baliğ değeri ve oranı - kapladığı arazinin hektar ve oran halindeki yüz ölçümleri - şimdiki net geliri) gösteren tablolar bulunmaktadır. Bu verilere dayanılarak ve mütehavvil kapitalin belirli bir miktarı aşamayacağı da kabul edilerek, bu şartlar altında net geliri azami kılmak üzere, sahanın ne kadarının ve hangi türler ile ağaçlanması gerektiğini (tamamının ağaçlanması şart değil!) ve ağaçlanan sahalarda idare müddetinin ne olacağını *Simplex* metodu ile matematik yoldan hesaplamaktadır. Ayrıca, bu model üzerinden, gübreleme ya da yeni şartlar ilâvesi halindeki durumları ve değişiklikleri tayin yolları üzerinde durmaktadır.

PATRONE (38); "Ormanlıkta doğrusal proglamlama" konusundaki kitabında daha ziyade, doğrusal programlamanın tanıtımına yer ver-

miş ve fakat açıklamalarda verdiği problemleri ormancılıkla ilgili konulardan tertiplenmiştir. Bu problemlerden enteresan bulunan bazı örnekler aşağıda özetlenmiştir:

— 70 hektarlık bir ormanın 30 hektarı normal kapalı ve 40 hektarı seyrekliktir. Orman sahibinin elinde 1600 motorlu destere vardır. Hektar sahada kapalı meşçerede 50, seyrek meşçerede ise ancak 25 destere kullanılabilir. Ayrıca 12.000 el işçisi çalıştırılacak olup, kapalı meşçerede hektarda 250, seyrek meşçerede ise 400 işçi (125 kişi kesimde ve 275 kişi dikimde) istihdam edilebilmektedir. Kapalı meşçerenin hektarından 80 TL. net gelir, buna karşılık seyrek meşçereden ise 70 TL. zarar olacağı tahmin edilmektedir. Bu şartlar altında kâr - zarar farkının sıfırdan büyük veya sıfıra eşit olabilmesi için, bu yıl ne kadar saha (kapalı ve seyrek meşçere olarak) üzerinde çalışılmalıdır? (38, s. 33-36).

— 100 hektarlık bir saha göknar, lâdin ve kayın türleri ile ağaçlanacaktır. Bu türlerin tesis masrafları hektarda sırasıyla 400-200-100 TL. ve genel ortalama artımları 8-7-5 m<sup>3</sup>/ha'dır. Tesis masrafı 20.000 TL.'yi aşmamak ve genel ortalama artım azami olmak üzere her türe tahsis edilecek optimum sahayı tayin ediniz! (38, s. 78-81).

— 1000 hektarlık bir sahanın 300 hektarı iyi, 700 hektarı düşük bonitetlidir. Bu sahanın bir kısmında lâdin, lâdin-göknar (yalnız iyi bonitet), melez, melez-lâdin, sarıçam (yalnız düşük bonitette) ağaçlamasının yapılması ve bir kısmının da mer'a olarak islâhı (yalnız iyi bonitette) bahis konusudur. Hektardaki tesis giderleri sırasıyla: 110, 120, 70, 80, 50, 150 TL. ve iş gücü ihtiyaçları 9, 10, 7, 8, 5, 10 olarak bilinmektedir. Hektardaki yıllık gelirlerinin: lâdinde 85 (düşük bonitette 60), lâdin-göknarda 90, melezde 60 (düşük bonitette 50), melez-lâdin'de 70 (düşük bonitette 55), sarıçam'da 35 ve mer'ada 65 TL. olacağı tahmin edilmektedir. İlk tesis kapitali 85.000 TL. ve iş gücü 7500 işgünü olarak sınırlıdır. Saf lâdin ve saf melez meşçereleri toplamının sahanın yarısını geçmemesi istenmektedir. Bu şartlar altında, yıllık gelirin azami olması için, sahayı bu türlere ve meraya optimum şekilde tahsis ediniz! (38, s. 142-149).

WARDLE; bu konudaki muhtelif yazılarında doğrusal programlama üzerine bilgi vermekte ve amenajman, transport ve fidan aralığı ile ilgili problem modelleri göstermektedir:

Amenajman problemi: İleri yaşlı bir ormanda kesim ve gençleştirme programı hazırlanırken, yıllık kesimin miktarı ve yerinin 1) net gelir azami olacak ve aynı zamanda 2) talep hacmini aşmıyacak, 3) mahal-

li kollektif faydaları (meselâ yapraklı tür ağaçlamasının belirli bir miktardan aşağı düşmemesi) gerçekleştirecek şekilde hesap ve tayin edilmesi (49, s. B: 262-269).

Transport (tedarik) problemi: Bir kâğıt fabrikası odun hammadde ihtiyacını karşılamak üzere yıllık tedarik miktarı ve mahallerini: 1) fabrikanın geliri maksimum olacak ve aynı zamanda 2) kanuni bağlantı ve zorunlukları yerine getirecek, 3) istihsalin piyasa arz hacmini aşmaması, 4) odun hammaddesi arz hacminin üstüne çıkılmaması şartlarını gerçekleştirecek bir optimumun tayini (48, s. 13-18).

Fidan aralığı problemi: değişik aralıklarla yapılmış dikim sonuçlarının muhtelif kriterlere (gelecekteki odun verimleri, istihsal değerleri, bugünkü iskonto değerleri, risk) göre karşılaştırılmasıyla, optimum fidan aralığının tayini (52).

DUERR; "Fundamentals of forestry economics" kitabında, ormancılık işletme ekonomisi problemlerinin çözümü ve açıklanmasında geniş ölçüde ekonometrinin grafik modellerinden faydalanmakta, optimum kombinasyonun tayininde doğrusal programlama tekniğinin kullanılabilirliğine de işaret etmektedir (14, s. 192). "Exercises in the managerial economics of forestry" adlı anonim eserinde de, bu konularda problem örnekleri verilmektedir. Bu meyanda, doğrusal programlama üzerinde de bir örnek verilerek, simplex model yardımıyla çözümü gösterilmektedir (15, s. 103-116).

LUSSIER; "Planning and control of logging operations" adlı kitabında, orman idare ve işletilmesinde (istihsal plânlaması ve kontrolü - tesislerin yenilenmesi - envanter kontrolü - haberleşme konularında) yönetim araştırmalarının uygulanması imkânları ele alınmakta ve basit matematik modeller, alternatiflerin mukayesesi, doğrusal programlama ve simulation'un tatbikatına ait öğretici örnekler vermektedir (33).

Doğrusal programlama'nın ormancılık problemlerine uygulanmasını deneyen yukarıdaki çalışmalarda ele alınan örnekler ve literatürde rastlanılan benzerleri çok basitleştirilmiş olup, daha ziyade bu metodu ormancılara tanıtmış olmak bakımından tertiplenmişlerdir. Halbuki tatbikatta karşılaşılan gerçek problemler her zaman bu derece basite irca edilemeyeceği gibi, değişkenlerini de kontrol altına almak ve kesin matematik rakamlarla ya da matematik bağıntılarla ifade etmek ekseriya müşküldür. Örneğin; iki kâğıt fabrikasının üretimini doğrusal programlama yardımıyla plânlamayı deneyen WILSON (56); iki ayrı yerde bu-

lunan bu fabrikalarda çalışma temposu ve işçi sayısı değişik olan çok sayıda makine ile karşılaşmış ve her makinanın aynı çeşitlerde mal imal edebileceğini, böylece aynı tip malın maliyetinin büyük değişiklik gösterdiği müşahade etmiştir. Neticede, üç aylık plân süresi için tertiple-diği matematik modelde 350 kadar değişken ve 450 kadar da seri denklem kurmuştur. Müessesenin giderini asgari kılmak (minimize etmek) üzere kullandığı bu verilerin gerçek değerlerinin tesbitinin kolay olmadığını ve ayrıca sabit kabul edilen rakam ve bağıntıların da periyot süresinde değişmeler gösterebileceklerini görmüştür. Bu sebeplerle, doğrusal programlamadan kesin ve tam güvenli bir sonuç beklenemeyeceğini, bununla beraber, plânlamada yine de iyi bir yardımcı olarak faydalanılabileceğini ve bilhassa çeşitli alternatiflerden optimum'a çok yakın olanını seçmekte ve şartlardaki ani değişiklik (meselâ fiyat düşmesi yüzünden satış tahminlerinin değişmesi )veya işletme bünyesindeki önemli bir tâdil (meselâ yeni bir makina ilâvesi) halinde karar vermekte yararlı olduğunu bildirmektedir.

Kereste fabrikalarının faaliyetini zayıf ve zaman etüdüleri bakımından incelemek ve net geliri azami kılacak bir optimum plân hazırlamak maksadiyle doğrusal programlama ve elektronik computer'den faydalanmak imkânları üzerinde de durulmuştur (16; 41). Bu çalışmalarda da: computer'in kurulan amaç fonksiyonu ve şart denklemlerine göre maksimum gelir halini doğru bir şekilde tayin edebildiğini ve fakat gerek input'ların kesin bir doğrulukta olmaması, gerekse şart denklemlerinin takribi kabullere dayanması yüzünden, bulunan sonucun matematik kesinlikte olmayıp, sadece idareciye "yol gösterici" kabul edilebileceği zikredilmektedir (16, s. 7).

Macaristan kâğıt endüstrisi için kurulan model de ormancılıkta doğrusal programlamanın uygulanmasına bir örnektir (30, s. 295-298). Burada amaç: azami döviz geliri sağlamak şeklinde tesbit edilmiştir<sup>1</sup>. İthal edilen ham madde, ara ve son ürünlerin miktar ve fiyatları ile ihraç edilen ürünlerin miktar ve fiyatları faktörlerine bağlı olarak, döviz gelirini gösteren bir amaç fonksiyonu kurulmaktadır. Şart denklemleri olarak da: 1) yerli ham madde (odun) miktarı ile, 2) ara ürün ve 3) son ürünlerin fabrikasyon sürelerinin sınırlı buldukları, 4) memleket ihtiyacının karşılanması gerektiği, 5) ithal ve imal edilen ara ürünlerin toplamının, son ürün için gerekli ara ürün miktarından daha küçük olması istenmektedir.

1) Aynı model, meselâ: maliyet giderlerini asgari yapmak ya da milli geliri azamiye ulaştırmak amaçları için de kullanılabilir.

Bu şartlar altında, amaç fonksiyonunu azami kılacak değerler aranmaktadır. Özel halinde tarif edilen bu amaç fonksiyonu ve şart denklemlerinin aslında çok kompleks olup, takriben 100 kadar ara şartları ve 200 kadar değişkeni ihtiva ettiği bildirilmektedir. Anlaşılacağı üzere burada da, problemin çözümü için gerekli veriler ancak yaklaşık olarak tayin edilebilir ve zaman içerisinde de gerek miktar ve gerekse fiyat değişikliklerinin olabileceği açıktır. Bununla beraber, bulunacak sonuç sevki idareci için yine de iyi bir müş'ir olacaktır.

McCONNEN - NAVON - AMİDON; orman toprağından azami verim ve faydalanmayı sağlayacak şekilde işletmeyi plânlamak üzere, bir yöneylem araştırma sistemi teklif etmektedirler (34). Bu sistemde Miads adı verilen ve computer yardımıyla gerekli bilgileri (yetişme muhiti ve meşçere vasıflarını) haritaya işliyen bir modelden (2) faydalanılmaktadır. Haritada gösterilemeyen bilgiler de (yüz ölçümü, ağaç serveti, para değeri vs.) tablo halinde bulunmaktadır. İşletmenin gayesi (örneğin, kalan meşçere hacminin azami olması) ve istenilen şartlar (örneğin; normal kapalı meşçerelerde bakım kesimleri, seyrek meşçerelerde traşlama kesimi yapılması) için bir doğrusal programlama hazırlanmakta ve optimum çözümü bulunmaktadır. Bu suretle, işletme gayesinin gerçekleşmesi için her yıl ne miktar, nerede (harita üzerinde belirtilerek) ve nasıl (traşlama-bakım) kesim yapılacağı gösterilebilmektedir. Ayrıca; değişik veya yeni şart ve durumlar için bulunan kıymetler karşılaştırılarak, mantıki bir analiz de yürütülebilmektedir. Özel bir metod (decomposition method) kullanılarak, genel problem birkaç alt probleme ayrılabilir. Bu suretle 30.000'in üstündeki şart denklemleri ve birkaç milyonluk değişkenli doğrusal programlama çözülebilmekte, mntıka plânları veya özel plânlara (meselâ transport problemi) topluca ve birarada plânlanamabilmektedir.

Doğrusal programlamada bir problem soyut olarak ele alınmakta ve bugünkü verilere göre, gelecek için amacın optimum olacağı bir çözüm aranmaktadır. Bu durumda, bir sistemi teşkil eden birden çok sayıdaki problemlerin herbirinin optimum çözümlerini elde etmekle, sistemin de bütün halinde optimuma ulaştırılmış olacağını kabul etmek güçtür. Diğer yandan; bir problem veya sistem her zaman statik olmayıp, zaman içerisinde şartların değişmesi veya alınmış olan kararların uygulanması sonucu olarak, devamlı bir değişme gösterecektir. **Bu halde, problemler için münferiden ya da sistemin tamamı için başlangıçta alınacak bir tek karar ile yetinmeyip, ilk karara göre sistemi teşkil eden problemleri tek tek birleştirirken ya da alınan ilk kararı zaman içerisinde sisteme veya probleme**

uygularken, ulaşılmış olan her yeni duruma göre safha safha yeni kararlar almak gerekecektir. Aynı anda veya kademeli olarak birden fazla karar almayı gerektiren bu kabil problemlerin çözümü için, *dinamik programlama* adı verilen bir matematik metod geliştirilmiştir. Bu programlamanın prensibi: bugün alınacak bir ara kararda, ilerde alınması gereken ara kararların da dikkate alınması ve böylece amaca ulaşmıcaya kadar seçilecek safhaların tüm halinde “en elverişli” olacak şekilde düzenlenmesidir. Zira, bir  $t$  durumundan  $t+1$ 'e geçişte sadece  $t$  durumu değil, bizi  $t$ 'ye ulaştırmış olan  $t-1$ 'deki durum ve o anda alınmış olan karar da önemlidir. Bu itibarla  $t$ 'den  $k$ 'ya ulaşmak amacıyla  $t+1$  için karar verirken, daha sonraki  $t+1$ ,  $t+2$ ,  $t+3$ , ...  $k-1$  durumlarında alınacak kararlar da bugünden düşünülmalıdır. Dinamik programlamanın çözümü: ormanda kaybolan ve önünde birden fazla patika yol bulunan bir çocuğu salimen evine ulaştıracak doğru yolu soran, resimli bilmecelerin çözümünde olduğu gibi, “amaçtan geriye doğru” yapılabilmektedir. Bu çözümün bir özelliği de verilen olasılık nisbetlerinin dikkate alınabilmesidir (19, s. 82-98; 46, s. 275-301; 54).

Dinamik programlama; müessir faktörleri ve muhit şartları çok değişken ve kompleks, çözümü de uzun bir süreye bağlı olan ormancılık faaliyetleri ile ilgili problemler için, doğrusal programlamadan daha uygun ve kullanışlı bir metod olarak görülmektedir.

HOOŁ; orman amenajmanının, net geliri veya odun hasılâsını azami ya da giderleri asgari kılmak şeklindeki gayesini gerçekleştirmek üzere, uzun süreli ve riske bağlı olan teknik müdahalelerin plânlanmasında, dinamik programlamayı tavsiye etmekte ve Darlington ormanında uyguladığı bu metod için geliştirdiği modeli tanıtmaktadır (23; 24). Bu model aşağıda özetlenmiştir:

25 hektar büyüklüğündeki Darlington ormanında yükseklik farkı büyük olup, 40 kadar ağaç türü bulunmaktadır. Yaşlı ve ileri yaşlı meşçerelerden teşekkül eden bu ormanın ilk amenajman plânı 1959 yılında yapılmıştır. Envanter maksadiyle sistematik olarak ve 0,2 acre büyüklüğünde 125 adet deneme sahası alınmıştır. Deneme sahalarında yıllık ölçmeler yapılmakta ve değerler elektronik computer kartlarına işlenmektedir. Bu suretle, 1959'dan bu yana ormanın gelişme seyri takip edilebilmektedir. Ormanın bir kısmında son kesim ve aralama müdahaleleri yapılmakta, bazı kısımlarına da hiç bir müdahalede bulunulmamaktadır. Aralama kesimleri duruma göre çok hafif ile kuvvetli dereceler arasında değişik olarak yapılmaktadır. Meşçereler birim sahadaki ağaç serveti (altı alt sı-



nif halinde), ağaç sayısı (üç sınıf halinde) ve müdahale yapılıp-yapılmadığına (iki sınıf) göre tefrik edilmiş ve böylece 36 kombinasyon elde edilmiştir.

Tabiatile, müdahale görmiyen meşçerelerin geliri sıfır olacaktır. Artım miktarı da genç meşçerelerde yüksek, orta yaşlılarda daha düşük bir seyir gösterecek ve ileri yaşlarda ise önemli bir artım beklenmeyecektir. Aralamalarla birim sahada mevcut ağaç serveti 200 c. f. den aşağı düşürülmemelidir.

Bu bilgiler ve olasılık nisbetlerine göre kurulan fonksiyonun maksimum değeri, dinamik programlama analitik metodu ile çözümlenerek, buna göre 16 yıllık plân devresi içerisinde iki yıllık kademeler halinde her meşçere tipinde uygulanacak müdahale şekli ve bu durumda elde edilecek muhtemel hasıla miktarları bulunabilmektedir. Bu problemin çözümünün, özel şekilde hazırlanmış elektronik computer programı yardımıyla kolayca yapılabildiği bildirilmektedir.

Kompleks ormancılık problemlerin çözümünde uygulanmak istenilen diğer bir yöntem araştırma metodu da *simulation*'dur.

*Simulation*: bir olayı temsili olarak tertiplemek (modelleştirmek) ve bu temsili olay (model) üzerinde inceleme yaparak, karara varmaktır. Olaylar matematik semboller ve rakamlarla da temsil edilebilirler ve bu suretle elektronik computer içerisinde temsili olay, gerçek hayattakinden çok daha kısa bir süre içerisinde meydana getirilerek, olayla ilgili sorulara "evet" ya da "hayır" cevapları alınmak suretiyle, olayın temsili akışı takip edilebilir. Elektronik computer ile *simulation*'da, olayın tümünün (sistemin) çok büyük ve sonsuz tekerrürlü oluşu halinde, temsil, bir tesadüf nümunesi üzerinde yapılabileceği gibi, veriler kesin olmadığı takdirde olasılık oranları da dahil edilebilmektedir. Gerçek zaman da temsili bir saatla ölçülebilmektedir. Olayla ilgili bazı bilgiler grafik halinde de computer'e verilebilmekte ve sonuç grafik olarak da gösterilebilmektedir. Bu metodla temsili olay üzerinde deneyler yapmak, idari oyunlar (management games) düzenlemek, iş akımını incelemek, bu deney ve inceleme sonuçlarına göre de bir karara varmak mümkündür. *Simulation*'un uygulanması için, matematik analize dayanan matematik (doğrusal - doğrusal olmayan - dinamik) programlamalarda olduğu kadar matematik bilgiye de ihtiyaç duyulmamaktadır (3, s. 159-187; 18, s. 1-4; 22, s. 81-82; 25, s. 39-41).

GOULD - O'REGAN; gelecekteki ormancılık faaliyetlerini bugünden elektronik computer'de oluş halinde temsil etmeği (*simulation*) tavsiye

etmekte ve bu suretle daha olumlu kararlara ulaşılabileceğini mümkün görmekteirler. Bu maksatla düzenledikleri teorik bir problem ve simulation modeli aşığında özetlenmiştir (18):

Bir orman sahibi, ormanından sadece dikili halde ağaç satmaktadır. Burada orman sahibinin gayesi: amenajman esaslarına göre her yıl idare müddetini doldurmuş olan meşçere alanını bilmek ve bu alanların kesilmesi halinde her yıl ve nihayet belirli bir periyot sonundaki toplam olarak çıkarabileceği hacim miktarlarını ve elde edeceği net gelirleri kontrol etmektir. Bu suretle, meselâ idare müddetini 70 veya 100 yıl alması halinde, hangisinin daha elverişli olacağını bilmek zorundadır. Bu gayeye uygun şekilde bir computer programı hazırlanır ve bugünkü veriler (1000 ünitelik orman alanının ağaç serveti ve yaş durumları) ile yardımcı bilgiler (grafik veya rakam halinde hasılât tablosu), ekonomik veriler (gelecek için tahmini fiyat tablosu, yıllık muhtemel masraf ve vergiler, alacaklılar ve banka hesabı, yangın ve fırtına risk oranı vs.) computer'e bildirilir. Bundan sonra computer'e sırasıyla aşığdaki komutlar verilir:

Yıllık faaliyetler için;

- 1) En yaşlı sahayı bul ve kesim çapında olup olmadığını kontrol et; kesim çağında ise, bu sahayı kes;
- 2) Kesimlik çağındakilerin hepsi kesilinceye kadar tekrar et;

Ağaç serveti ve artımın hesabı;

- 1) 1000 ünitelik meşçere sahalarının yaşlarını kaydet;
- 2) Gelecek kesimden önce, her birim sahanın yaşını bir yıl yükselt;
- 3) Kesimden sonra, o sahanın yaşını sıfıra indir;
- 4) Hasılât tablosu yardımıyla meşçere hacimlerini hesapla.

Yıllık gelirin hesabı;

- 1) Her yıl için normal ve anormal fiyat tarifesini kaydet;
- 2) Yıllık gayrisaf geliri bildir;
- 3) Sabit ve değişken masrafları hesapla ve kaydet;
- 4) Kredi ihtiyacını bildir;
- 5) Faiz ve amortisman masraflarını topla;
- 6) Yıllık kârı hesapla ve bankaya yatır, faizini hesapla;
- 7) Yangın ve fırtına zararları yüzünden ağaç servetindeki ve satışlardaki muhtemel değişmeyi dikkate al.

Yıllık sonuçların değerlendirilmesi için:

- 1) Bu yıla ait ve evvelki yılların da toplamı olarak;
  - a) Yaş sınıflarına göre sahaları, dikili ağaç servetini ve kesim miktarını bildir;
  - b) Mali muvazene tablosunu hazırla;
  - c) Tablo veya grafik halinde, her yıla ait özel bilgiler ver.
- 2) Bulunan sonuçları muhtelif haller (meselâ 70 ve 100 yıllık idare müddetleri) için karşılaştır.

CLUTTER - BAMPING de, endüstriyel bir orman işletmesinin plânlanması için bir simulation modeli hazırlamışlardır (9). Bu model, Georgia ve Güney Carolina'da 330.000 acre büyüklüğündeki teorik bir orman bölgesi için düzenlenmiştir. Orman bölgesi 84 ayrı muntıkaya dağılmış olan 3546 meşçereden meydana gelmektedir. Bu meşçerelerden kesilen emvalin tamamının kâğıt odunu vasfında olduğu ve merkezi bir yerde bulunan Savannah şehrine getirileceği kabul edilmiştir. Meşçereler numaralanmış ve herbiri için: 1) yüz ölçümü, 2) mahalli vergi yükü, 3) ara depoyu kamyonla nakil uzaklığı, 4) ara depodan Savannah'a kadar trenle nakil ücreti hakkında bilgi toplanmıştır. Ayrıca; 1) her muntıkada meşçere tiplerinin (4 tipe ayrılmıştır) iştirak oranı, 2) her meşçere tipi için yaş sınıfları ve 3) yetiştirme muhiti sınıfları (bonitet), 4) sıklık dereceleri (ağaç sayısı veya göğüs yüzeyi sınıfı olarak) bakımlarından dağılımları tesbit edilmiştir. Bu bilgilere göre hazırlanan computer programından orman bölgesinin özellikleri tanınmış olmaktadır.

Problem: özel bir amenajman gayesinin uygulanması halinde, ormanın biyolojik ve ekonomik reaksiyonları nasıl olacaktır?

Problemin çözümü için, ormanın biyolojik ve ekonomik özelliklerini gösteren veriler temsili olarak (simulation) ikinci bir computer programına nakledilmiştir. Bu program ile ormana gerekli müdahaleler temsili olarak uygulanmakta ve uzun bir süre zarfındaki yıllık gelişme takip edilmektedir. Tabiatile burada da, müdahale süresince meşçere gelişmesini temsil edebilmek üzere 1) tabii gençleştirme ve 2) ağaçlandırma, 3) gelirgider'e ait ekonomik bilgilerin parametrelerinin ve olasılık nisbetlerinin, 4) artım ve büyüme formüllerinin (hasılat tabloları) computer'e verilmesi ve "hafıza"ya yerleştirilmesi gerekmektedir (karşılaştır: Gould - O'Regan'ın simulation modeli). Yazarlar aynı verilere göre yaş sınıfları ve mali idare müddeti amenajman usulleri için buldukları iki ayrı sonucu karşılaştırarak, bu iki usul hakkında bazı hükümler çıkarmaktadırlar. Netice olarak: amenajman usullerinin kontrolü için simulation metodunu yara-

yıŖlı bulduklarını ve ilerde bu metodun amenajman araştırmaları için iyi bir yardımcı olacağına kanaat getirdiklerini bildirmektedirler (9).

NEWNHAM; matematik modellerin komplike oluşu ve gerçek hayata uymayan sonuçlar da verebileceği tehlikesine işaret ederek, bu durum anlaşıldıkça ormancılıkta da simulation modellerin geniş bir kullanım yeri bulacağına işaret etmektedir. Simulation'un ormancılıktaki - henüz başlangıç halinde olan tatbikatı üzerine de 1) bir meşçerede ortalama ağaç aralığının hesaplanması, 2) meşçere modeli teşkil edilerek bu model üzerinde fidan aralığı, ağaç adedi dağılışı ve tabii kuruma, aralamaların etisi ve meşçere verimi konularının incelenebileceği, 3) ormanda otomatik olarak kesim yapan bir makinanın (Beloit yahut Hiabob Timber Harvester) optimum zincir uzunluğunun tayini örneklerini vermektedir (35; 36).

Yöneylem araştırması mahiyetinde olmakla beraber, Baden-Württemberg Ormancılık Araştırma Enstitüsünde Dr. SCHÖPFER'in; deneme ağaçlarının hacimlendirilmesi, meşçere hacminin, odun sınıflarının ve meşçere para değerinin hesabı maksadiyle geliştirdiği computer programını da bu vesile ile zikretmek, faydalı olacaktır (44; 45).

Yöneylem araştırmaları için geliştirilen bir metod da *iş plânı (network analizi)* dir. Bu metod ile, birbirini takibeden çok sayıdaki faaliyetlerden teşekkül eden bir sistemde faaliyetler öncelik sırasına göre düzenlenmekte ve bu faaliyetlerin hepsinin tamamlanması için gerekli *asgari zamanı* (kritik yol - critical path), gideri ve eleman ihtiyacı tayin edilmektedir. özümü: basit örnekler için grafik yol ve zihni hesap yettiği halde, komplike (faaliyet sayısı 400'ün üstünde olan) hallerde matrix hesabı ve doğrusal programlama yoluyla ve computer yardımıyla yapılabilir (3, s. 29-55; 20, 331-378; 10, s. 41-42).

KUUSELA bu metodu, Finlandiya orman envanteri ve envanter sonuçlarının computer'de kıymetlendirilmesi faaliyetleri için bir örnek olmak üzere, uygulanmıştır (31).

JEFFERS de; bir fidanlığın tohum tedariki ve fidan üretimini gelecek yılların ihtiyacına göre plânlamak üzere, önce iş akışını göstermiş, sonra da simulation modeli ile fidanlık programını (fidanlık programı - tohum tedariki ve depolama - yıllık fidan dağıtımı - çimlenme yüzdesi ve diğer tahvil faktörlerinin parametrelerinden ibaret dört esas tablo halinde) hazırlamıştır. Jeffers; bu kabil idare ve amenajman problemlerinin çok kompleks olup, bazı faktörlerin de (meselâ hava halleri) tamamen kontrol dışında bulunduğuna, sistemin unsurlarına bölünerek incelenmesiyle de sis-

temin toplu tezahürlerinin kaybolacağına vs. işaret ederek, modellerin her zaman gerçek hayata uymayacağını ifade etmektedir (26).

LANGLEY: bugün çok masraflı ve zaman alıcı olduğu için ancak uzay araştırmalarında kullanılabilen otomatik photo - interpretation'u ve digital computer'in gelecekte ormancılığa da uygulanabilmesi halinde; 1) saha envanteri için gerekli optimum deneme sahalarının tayininde, 2) optimum amenajman plânlarının hazırlanmasında, 3) orman yangınları ile savaşta ihtiyaçların tesbiti vs. hususlarında büyük yardımcı olacağını ve böylece yöneylem araştırmalarının gerçeğe daha uygun ve müessir bir şekilde yürütülebileceğini bildirmektedir (32).

### III. SONUÇ.

Buraya kadar verilen bilgi ve tanıtılan örneklerden, halen gelişme halinde bulunan yöneylem araştırmalarının ormancılar tarafından da ilgi ile izlenmekte olduğu görülmektedir. Ormancılık işletmesinde bilhassa üretim olayının uzun süreli oluşu ve tabii - biyolojik karakteri yüzünden, problemlerinin yöneylem araştırması metodları ile çözümü, diğer işletmelere kıyasla daha da güçleşmekte, çözüm sonuçları çoğu halde ancak istatistiki olarak ve belirli bir olasılık sınırı içerisinde verilebilmektedir. Bununla beraber, bu konudaki ilmi ve teknik gelişmeler, ümit verici görülmektedir.

Memleketimizde yöneylem araştırması çok yeni olup, derleyebildiğimiz bilgiye göre, ancak tanıtıcı mahiyetteki birkaç yayına ve hazırlık çalışmalarına inhisar etmektedir. Sadece, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumunun Yöneylem Araştırma Ünitesi tarafından: 1) Sümerbank Alım-Satım Müessesesi dağıtım ve stok kontrolü, 2) DPT için "istihdam projesi", 3) Keban barajı konusunda olarak üç yöneylem araştırmasının hazırlıklarına başlanıldığı bildirilmektedir (TBTA, faaliyet raporu, nisan, 1967).

Türk ormancılarının da gecikmeden bu metodları tanıması ve uygulamaya çalışması elbette yerinde olacaktır. Bugün teknik imkânsızlıklar yüzünden bu metodlardan halâ faydalanamamız belki mazur görülebilir. Fakat hiç olmazsa bu eksikliğimizi bilerek, plânlama ve karar alma sırasında bilim metodunu kullanmak, basit mantık kaidelerine ve usa vurma yollarına itibar göstermek ve bu sırada bilim verilerini kullanmak zorundayız!

Fakültemiz öğretiminde de belki hemen elektronik computer ve yöneylem araştırması konularına uygulamalı olarak yer veremeyiz. Fakat

gerek bu alanda ve gerekse araştırma metodu ve matematik - istatistik konularından öğrencilerimizi habersiz bırakmak, büyük bir eksiklikler. Gerçekten, Türkiye orman teşkilâtının araştırma çalışmalarını inceleyen matematik - istatistik danışmanı C. E. Jensen de hazırladığı raporda (Ankara, 1966); eleştirdiği araştırmalarda "tertîp ve mantığın verimli bir şekilde kullanılmasında hataya düşüldüğünü ve temel analiz safhalarıyla aşinalığın eksikliğini" belirtmiş ve bunun kusurunu, araştırmacıların şahıslarından ziyade, onların "araştırma ve istatistik bilgisinden hemen tamamiyle mahrum bir öğrenim çevresinde yetişmiş olmaları" nda görmüştür.

Ormancılık problemlerinin ekseriya tabii - biyolojik - sosyal- iktisadi faktörlerin bir kompleksi oluşu ve bu sebeple zaman - mekân içerisinde değişiklik göstermesi yüzünden, tatbikatta görev alan her orman mühendisi karşılaştığı problemin çözümünü her zaman şablon halinde kitabından ya da ders notlarından bulamayacaktır. Her özel hal için; durumu ve şartları inceliyerek, özel bir çözüm yolu bulmak ve şahsen karar almak zorunluğunu duyacaktır. Bu itibarla, öğrencilerimizi hazır bilgilerle yüklemek yerine, bağımsız olarak araştırma yapabilecek ve karar alabilecek vasıfta yetiştirmek yoluna girmeliyiz!

#### FAYDALANILAN ESERLER

- 1 — **Adam, A - Ferschl, F. u. a.** : Anwendung der Matrizenrechnung auf wirtschaftliche und statistische Probleme. Physica - Verlag Würzburg, 1966.
- 2 — **Amidon, E. L.** : A computer-oriented system for assembling and displaying land management information. U. S. Forest Service research paper PSW-17, Berkeley, Calif. Pasific SW, 1964.
- 3 — **Battersby, A.** : Mathematics in management. Penguin Books, Hazell Watson-Viney Ltd, Aylesbury, 1966.
- 4 — **Bulutay, T.** : İktisatta matematik. A. Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi, Eylül-Aralık, 1964.
- 5 — **Bulutay, T.** : Differansiyel denklemler ve bazı iktisadi modeller. A. Ü. Siyasal Bilgiler Fak. Dergisi, Haziran, 1963, s. 1-35.
- 6 — **Bulutay, T.** : Doğrusal Programlama - Giriş. Ankara Üniversitesi Easimevi, 1965.
- 7 — **Cabell, R. W. - Phillips, A.** : Betriebsführung und Unternehmensforschung (ingilizceden çeviri). Physica-Verlag, 1964.
- 8 — **Chappelle, D. E.** : Linear Programming and farm forestry. Journal of Forestry, 1963, p. 56-57.

- 9 — **Clutter, J. L. - Bamping, J. H.** : Computer simulation of an industrial forestry enterprise. Society of American Forester, Detroit, Michigan, 1965, p. 180-185.
- 10 — **Coker, R.** : A brief introduction to critical path analysis. Forestry Commission: Forest Record No. 59, 1965, p. 41-42.
- 11 — **Doğrusöz, H.** : Harekât araştırması ve işletmecilik. O. T. Ü. İşletmecilik semineri, Abant, 1965 (roto baskısı).
- 12 — **Doğrusöz, H.** : Bilim plânlamasında analitik metodların uygulanması imkânları ve sınırları. İnşaat sektöründe araştırmaların programlanması kollokyumu, s. 108-114, TBTAk yayını, No. 7, 1966.
- 13 — **Dress, P. E. - Hall, O. F.** : The mensurational implications of the use of operations research in forest management. Society of American Foresters, Denver, 1964, p. 218-220.
- 14 — **Duerr, W. A.** : Fundamentals of Forestry Economics. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, 1960.
- 15 — **Duerr, W. A. - Christiansel, N. B.** : Exercises in the managerial economics of forestry. State University College of Forestry at Syracuse University, 1962.
- 16 — **Fasick, C. A. - Sampson, G. R.** : Applying linear programming in forest industry. Southern Forest Exp. Station, New Orleans, 1966.
- 17 — **Freese, F.** : Linear regression methods for forest research. U. S. Forest research. U. S. Forest Products Laboratory, Madison, 1964.
- 18 — **Gould, E. M. - O'Regan, W. G.** : Simulation. A step toward better forest planning. Harvard Forest Papers, Nr. 13, Petersham, Massachusetts, 1965.
- 19 — **Gürel, O.** : Linear programlama. İ. T. Ü.'de tertiplenen kurs notları, 1965.
- 20 — **Hadley, G.** : Linear programming. Addison - Wesley Publ. Co. 1965
- 21 — **Herrmann, E.** : Spieltheorie und lineares Programmieren. Aulis Verlag Aulis Verlag Deubner u. Co. Kg. Köln, 1964.
- 22 — **Hollingdale, S. H. - Tootill, G. C.** : Electronic Computers. Penguin Books Ltd. Harmondsworth, 1966.
- 23 — **Hool, J. N.** : A dynamic programming - probabilistic approach to forest production control. Society of American Foresters, Detroit, Michigan, 1965, p. 191-193.
- 24 — **Hool, J. N.** : A dynamic programming - Markov Chain approach to forest production control. Forest Science, Monograph 12, 1966.
- 25 — **Howell, R. S.** : Simulation by Monte Carlo Methods. Forest Commission: Forest Record No: 59, 1965, p. 39-41.
- 26 — **Jeffers, J. N. R.** : Nursery planning and productions: a preview of a mathematical model of a complex management problem. Forestry Commission: Forest Record No: 59, 1965, p. 42-46.
- 27 — **Kishin, T.** : A study on the determining on the optimum plan in forestry management economy. Mem. of the College of Agriculture Kyoto University Japan, No: 79, 1958.
- 28 — **Kishin, T.** : A method whereby both the optimum species of trees and the optimum cutting ages can be determined simultaneously. Mem. of the College of Agr. Kyoto University, Nr. 79, 1958.

- 29 — **Kılıçbay, A.** : Ekonometri. Şemseddin Arkadaş - Sermet Matbaası, İstanbul, 1965.
- 30 — **Kreko, B.** : Lehrbuch der linearen Optimierung. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, 1964.
- 31 — **Kuusela, K.** : The principal phases of a forest inventory illustrated by the network analysis. International Advisory Group of Forest Statisticians, second Conference, Stockholm, 1966, p. 221-233.
- 32 — **Langley, P. G.** : Automating aerial photo-interpretation in forestry - How it works and what it will do for you. Society of American Foresters, Detroit, Michigan, 1965, p. 172-177.  
1961.
- 33 — **Lussier, L. J.** : Planning and control of logging operations, Québec.
- 34 — **McConnen, R. J. - Navon, D. I. - Amidon, E. L.** : Efficient development and use of forest lands: an outline of a prototype computer = oriented system for operational planning. Forestry Commission: Forest Record No: 59, 1965, p. 18-32.
- 35 — **Newnham, R. M.** : A simulation model for studying the effect of stand structure on harvesting pattern. The Forestry Chronicle, March, 1966, p. 39-44.
- 36 — **Newnham, R. M.** : The use of simulation models in forest research. International Advisory Group of Forest Statisticians, second Conference, 1966, p. 244-254.
- 37 — **O'Regan, G. - Arvanitis, L. - Gould, E. M. Jr.** : Systems, simulation, and forest management. Society of American Foresters, Detroit, 1965, p. 194-698.
- 38 — **Patrone, G.** : Programmazione lineare in selvicoltura. Firenze, 1965.
- 39 — **Penick, E. B. Jr. - Frick, G. E.** : Application of an operations research technique to a wood - turning plant. Dept. of Resource Economics Agr. Exp. Station University of New Hampshire, Durham, 1965, No: 38.
- 40 — **Prodan, M.** : Forstliche Biometrie. BLV. Verlagsgesellschaft München, 1961.
- 41 — **Row, C. - Fasick, C. - Guttenberg, S.** : Improving sawmill profits through operations research. South. Forest Expt. Sta. New Orleans, La. 1965.
- 42 — **Sasieni - Yaspan - Friedman (almançaya çeviren: Künzi, H. P.)** : Methoden und Probleme der Unternehmensforschung. Physica-Verlag, Würzburg, 1965.
- 43 — **Savaş, V. F.** : Yatırım kriterlerinden doğrusal programlamaya (yatırım plânlaması için metodolojik bir sentez). İstanbul, 1965.
- 44 — **Schöpfer, W.** : Einsatz des Datenverarbeitungssystem IBM 1401 bei der Sorten-und Waldberechnung stehender Waldbäume. IBM Nachrichten, Feb. 1966, s. 47-55.
- 45 — **Schöpfer, W.** : Automatisierung der Massen-Sorten und Wertberechnung stehender Waldbestände. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, Band 21, 1966.
- 46 — **Tintner, G.** : Handbuch der Ökonometrie. Springer-Verlag, 1960.



- 47 — **Vajda, S.** : An introduction to linear programming and the theory of games. Science Paperbacks, 1966.
- 48 — **Wardle, P. A.** : Linear programming studies. Forestry Commission: Forest Record No: 59, 1965, p. 6-18.
- 49 — **Wardle, P. A.** : Forest management and operational research: A linear programming study. Management sciens, 1965, No: 10, p. B-260-270.
- 50 — **Wardle, P. A.** : The application of linear programming to the solution of forest management problems. Sixth World Forestry Congress, 1966.
- 51 — **Wardle, P. A.** : The application of linear programming to problems of timber transport scheduling the supply to a pulpmill. FAO/ECE ILO Study Group on Methods and organisation of forest work, Geneve, 1966.
- 52 — **Wardle, P. A.** : Spacing in plantation. Forestry, 1967.
- 53 — **Watt, K. E. F.** : A survey of mathematical methods available for operations analysis and forest management. Lectures in Statistics Research Service Canadien Dept. of Forestry, 1962.
- 54 — **Watt, K. E. F.** : Dynamic programming, "Look ahead programming" and the strategy of insect pest control. Lectures in statistics, Statistical Research Service Canadien Dept. of Forestry, 1962.
- 55 — **Wenk, G. - Kurth, H.** : A stochastic Model on the basis of inventory data. International Advisory Group of Forest Statisticians, second Conference, Stockholm, 1966, p. 341-351.
- 56 — **Wilson, B. E.** : Linear programming as an aid for medium term production planning for paper mills. Forestry Commission: Forest Record: 59, 1965, p. 33-38.
- 57 — ..... : KDF 8, Algol Programming English Electric Leo Marconi Ltd