

99662

7
129

ESKİŞEHİR İKTİSADİ VE TİCARİ İLİMLER AKADEMİSİ

ÜRETİM YÖNETİMİNDE SİMULASYON ANALİZİ

VE

UYGULAMASI.

(Doktora Tezi)

T. C.
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
MERKEZ KÜTÜPHANESİ

Mehmet ŞAHİN
İşletme Kürsüsü Asistanı

ESKİŞEHİR, 1977

İÇİNDEKİLER

SUNUŞ

BİRİNCİ BÖLÜM ANA KAVRAMLAR

I. ÜRETİM YÖNETİMİ	6
II. ÜRETİM SİSTEMLERİ	8
III. SIMULASYON	12

İKİNCİ BÖLÜM

SIMULASYON ANALİZİNİN ÜRETİM YÖNETİMİNDEKİ YERİ

I. GENEL KARAR TEORİSİNİN ÜRETİM YÖNETİMİNE UYGULANMASI..	18
I.1. Üretim Yönetiminde Karar Ögeleri	19
I.2. Üretim Yönetiminde Karar Matrisi	22
I.3. Üretim Yönetiminde Karar Alternatifleri	25
I.4. Üretim Yönetiminde Karar Ortamları	27
II. ÜRETİM KARARLARININ ALINMASINDA TEMEL YAKLAŞIMLAR	30
II.1. Sezgisel Yaklaşım	30
II.2. Sistem Yaklaşımı	31
II.2.1. Sistem Yaklaşımında Karar Süreci	31
II.2.1.1. Problemin Tanımlanması	32
II.2.1.2. Amaçların Belirlenmesi ve Değerleme Kriterlerinin Seçilmesi	32
II.2.1.3. Karar Modelinin Kurulması	33
II.2.1.4. Alternatiflerin Geliştirilmesi	33
II.2.1.5. Alternatiflerden Birinin Seçilmesi	34

II.2.2. Sistem Yaklaşımında Karar Alma Yöntemleri	34
II.2.2.1. Şematik ve Grafik Analiz	35
II.2.2.2. Maliyet Analizi	35
II.2.2.3. İstatistiksel Analiz	35
II.2.2.4. Doğrusal Programlama	35
II.2.2.5. Pert, CPM (Şebeke Analizi)	35
II.2.2.6. Bekleme Hattı (Kuyruk) Analizi.	35
II.2.2.7. Sezgisel Analiz ve Bilgisayar Araştırması	35
II.2.2.8. Simulasyon Analizi	35

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

SİMULASYON ANALİZİ

I. SİMULASYON ANALİZİNİN GELİŞMESİ	36
II. SİMULASYON ANALİZİNİN ÖZELLİKLERİ	38
III. SİMULASYON ANALİZİNİN ÖTEKİ ANALİZLERDEN FARKI	40
IV. SİMULASYON ANALİZİNİN ÜRETİM YÖNETİMİNDEKİ UYGULAMA ALANLARI	44
IV.1. Üretim Sistemlerinin Fiziksel Konumunda Simulasyon Analizi	45
IV.2. Bekleme Hattı (Kuyruk) Sorunlarının Çözümünde Simulasyon Analizi	47
IV.3. Montaj Hattını Dengeleme Sorununda Simulasyon Analizi	49
IV.4. Endüstriyel Dinamik Alanında Simulasyon Analizi..	51
IV.5. Bakım ve Tamir Sistemlerinde Simulasyon Analizi..	52
IV.6. Öteki Simulasyon Analizi Uygulama Alanları	54

V. SIMULASYON ANALİZİNİN TÜRLERİ	55
V.1. Devingen (Dinamik) Simulasyon Analizi	55
V.2. Dural (Statik) Simulasyon Analizi	56
V.3. Sezgisel (Heuristic) Simulasyon Analizi	56
V.4. Belirli (Deterministik) Simulasyon Analizi	58
V.5. Olasılıklı (Stokastik) Simulasyon Analizi	58
VI. SIMULASYON ANALİZİ GENYÖNTEMİ	62
VI.1. Mevcut Sistemin İncelenmesi	62
VI.2. Sistem Modelinin Kurulması	64
VI.3. Sistem Verilerinin Toplanması	65
VI.3.1. Doğal Durumlara İlişkin Verilerin Toplanması	65
VI.3.2. Stratejilere İlişkin Verilerin Toplanması	68
VI.4. Doğal Durumlara İlişkin Olasılık Dağılımlarının Bulunması	70
VI.5. Olasılık Dağılımlarının Kümüle Edilmesi	71
VI.6. Tesadüfi Sayıların Oluşturulması	72
VI.7. Kümülatif Olasılık Dağılımlarından Tesadüfi Gözlemlerin Elde Edilmesi	73
VI.8. Sistemi Simüle Ederek En İyi Çözümün Araştırılması	75
VI.8.1. Elle Hesaplama Yaparak En İyi Çözümün Araştırılması	76
VI.8.2. Bilgisayar Kullanarak En İyi Çözümün Araştırılması	78
VI.9. Etkinliğin Araştırılması	80
VI.10. Geçerliliğin Araştırılması	81

D Ö R D Ü N C Ü B Ö L Ü M

TÜRKİYE'DEKİ ÜRETİM YÖNETİMİ DÜZEYİ VE BİR
BİLGİSAYAR SİMULASYONU

I. TÜRKİYE'DEKİ ÜRETİM YÖNETİMİ DÜZEYİ	83
I.1. Türkiye'deki Üretim Yönetimi Kararlarının Alınmasına İlişkin Gözlem, Yakınma ve Önerilerden Bazıları ...	84
I.2. Türkiye'deki Üretim Yönetiminin İrdelenmesi	90
II. ESKİŞEHİR LOKOMOTİF VE MOTOR SANAYİİ MÜESSESESİ(ELMS)DE SİMULASYON UYGULAMASI	93
II.1. ELMS'in Gelişmesine Toplu Bakış	94
II.2. ELMS'in Yönetim Şeması	96
II.3. ELMS'nin Üretimi	97
II.4. ELMS'nin Tamir-Bakım Alt Sistemi	97
II.4.1. Mevcut Tamir-Bakım Politikası	99
II.4.2. Mevcut Tamir-Bakım Politikasının İrdelenen İrdelenmesi	99
II.4.3. Yeni Tamir-Bakım Politikası ve Alternatiflerinin Araştırılması.....	100
II.4.4. Geliştirilen Alternatiflerin Elle Simulasyonu	111
II.4.4.1. Alternatif I ve Simulasyonu....	111
II.4.4.2. Alternatif II ve Simulasyonu... 115	
II.4.4.3. Alternatif III ve Simulasyonu.. 116	
II.4.5. Alternatiflerin Bilgisayarla Simulasyonu. 123	
III. UYGULAMANIN İRDELENMESİ	141
SONUÇ	143
KAYNAKLAR	145
EK-1 SİMULASYON ÇIKTILARININ ELDE EDİLEMSİNDE KULLANILAN BİLGİSAYAR PROGRAMI	

SUNUŞ

Yüzeysel bir yargı ile, iyi organize edilmiş, uzmanlaşmış, makinalaşmış bir üretim sistemine sahip ülkelerin, gelişmiş oldukları kabul edilir. Buna karşın, insan ve hayvan gücü ya da doğal güçlerle işleyen el sanatlarına dayalı ve küçük üretim sistemlerine sahip ülkeler ise, gelişmemiş olarak nitelendirilir.

Bu iki karşıt görüş, gelişmiş ve gelişmemiş ülkeler arasındaki farkın çok basite indirgenmiş bir anlatımıdır. Bu görüş doğru olsaydı, gelişmiş ülkelerdeki üretim sistemlerinin aynısı, gelişmemiş ülkelerde benimsendiği zaman o ülkenin kalkınması gerekirdi. Başka bir deyişle, bu durumda geri kalmışlık çemberi kolayca kırılabilirdi.

Geri kalmışlık çemberinin, hiç değilse kısa dönemlerde kırılmamasının nedeni, üretim fonksiyonunun [$Y=f(\text{Doğa, Sermaye, İşgücü, Yönetim})$] çok önemli bir elemanında aranmalıdır. Bu temel eleman yönetimdir. Bir ülkede, yeterli düzeyde doğal kaynaklar, sermaye ve işgücü bulunabilir. Bunlarla yabancı uzmanlara ileri düzeyde örgütlenmiş bir üretim sistemi de kurdurulabilir. Ama, o ülkede kurulan ileri üretim sistemi ve bunların alt sistemlerini yönetebilecek yerli yöneticiler yoksa, ülkenin kalkın-

ması büsbütün çıkmaza girer. Üretim kaynakları kötü yöneticiler elinde hoyratça harcanır. Üretim düşüklüğü nedeniyle geri kalmış sayılan ülke, bir süre sonra kaynak sıkıntısı çekmeye başlar.

Az gelişmiş ve gelişmekte olan toplumlarda hızlı bir gelişme sağlayabilmek için, bir taraftan kısıtlı kaynakların boşa harcanmaması, diğer taraftan da amaçlara erişmede etkinlik sağlanması gerekir. Bu iki koşul, "Yönetmel Etkinlik" ve "Yönetmel Verimlilik" kavramları arasında bir denge kurmayı gerektirir.

Yönetmel etkinlik, saptanmış çıktı düzeylerine ne ölçüde erişildiğini belirler. Girdilerle değil çıktılarla ölçülür. Başka bir deyişle, etkinlik, yöneticinin ne işler yaptığı ya da ne tür niteliklere sahip olduğu gibi ölçülerle değil; ne başardığı, istenenleri, amaçları ne derecede gerçekleştirdiği ile saptanır. Amaçların saptanması, yüzdeler, zaman sınırları, para ya da işgören sayısı gibi niceliksel ölçüleri gerektirir. Bu sağlandığında etkinlik ölçüleri amaçlara dönüşmüş olur.

Yönetmel verimlilik ise, çıktıların girdilere oranına dayanır. Verimliliğin temel alınmasındaki sorun, hem çıktı, hem de girdilerin çok düşük olduğu durumlarda bile verimliliğin yüksek olabilmesidir. Gerçekte, bir yönetici kolaylıkla %100 verimli, ama %1 etkin olabilir. İş tanımlarının hazırlanışı, verimliliğin vurgulanışının bir örneği olarak ele alınabilir. Burada, yönetim orunlarının çoğu girdiler ve davranış gerekçeleri belirtilerek tanımlanmıştır. Yöneticilere ne yaptıkları sorulduğunda, "300 kişiyi yönetiyorum", "üretim bölümünün başındayım" gibi yanıtlar alınır. Pek az yönetici "üretimi %10 arttırmakla görevliyim" ya da "üretim maliyetlerini %5 azaltmakla sorumluyum" der. İşte yöneticileri doğruyu yapmak yerine, yaptığını doğrulamaya; yeni alternatifler bulmak yerine, çözülemeye; kaynak dağılımını en uygun

kılma yerine, kaynakları korumaya; sonuçlara yönelmek yerine, emirlere uymaya; kârı çoğaltmak yerine, maliyetleri düşürmeye iten etken, verimliliğin etkinliğe göre çok daha önemli görülmesidir. Ancak, soruna bu açıdan bakıp, "üstünde durulması gereken temel eleman etkinliktir" gibi yanlış bir yargıya da varılmamalıdır. Bir yönetici %100 etkin olmaya çalışırken, aynı zamanda %100 de verimli olmaya çalışmalıdır. Başka bir deyişle, yöneticinin çabası, en az kaynak kullanarak örgütü amaçlarına ulaştırmak olmalıdır.

En az kaynak kullanmaya çalışan yönetici, verimlilik amacını benimsemiştir. Buna karşın, örgütü amaçlarına ulaştırmayı ön planda tutan yönetici, etkinliği amaç edinmiştir. Her iki yönetici de, toplum açısından bir yanılğı içindedir. Örneğin, tekel koşullarında çalışan bir işletme, kâr amacını etkinlikle gerçekleştirirken, toplum açısından kaynakları verimsiz olarak kullanıyor olabilir. Onun için, yönetsel etkinliği geniş anlamda ele almak, başka bir deyişle, etkinlik için hem amaçlara erişmenin hem de kaynakların verimlilikle kullanılmasının zorunluluğunu benimsemek gerekir.

Özellikle Türkiye'de kalkınmanın ilk aşamalarında yönetsel verimliliğe ağırlık verilmiştir. Bunda, işletme yöneticilerinin mühendis olmalarının büyük etkisi olmuştur. Planlı kalkınma döneminde ise, yönetsel etkinlik temel alınmıştır. Bunda da, Kalkınma Planının erişilmesi gereken amaçlar belirlemesinin etkisi büyüktür.

Yönetsel etkinliği değerlendirme süreci çeşitli zorluklarla doludur. Yöneticilere kaynakları verimlilikle kullanıp amaçlara

erişmelerini öğütlemek kolaysa da, bunun nasıl yapılacağını bilip göstermek zordur. Bu zorluğu bir ölçüde ortadan kaldırmak için sistem kuramına başvurmak gerekir.

Bu çalışmanın birinci amacı, üretim yönetimindeki etkinliğin incelenip ölçülmesinde kullanılan yöntemleri, sistem kuramına göre tanıtmak, bunlar arasındaki ayrılıkları belirtmek, bunları sistem kuramı açısından yorumlamak ve bütün bunların ötesinde, genel bir yönetsel etkinlik modeli vermektir.

Sistem kuramı açısından etkinliğe, yöneticinin belli bir konuda doğru kararlar vererek oluşturduğu sonuç olarak bakılır. Türkiye'de yapılan çalışmalarda, doğru kararların nasıl alınması gerektiği uzun uzun anlatılır. Bu anlatımlarda, karar alma aşamalarına değinilir ve bunların nasıl izlendiği belirlenir. Bu tür çalışmalarda göze çarpan en önemli eksiklik, alternatiflerin nasıl geliştirildiğine ve geliştirilen alternatiflerin rakamsal sonuçlarının nasıl bulunduğu yüzeysel olarak değinilmiş olmasıdır. Başka bir deyişle, alternatifler geliştirilmiş varsayılarak bir alternatif ele alınır ve bu alternatif belirli bir yöntemle değerlendirilir. Çalışmanın ikinci amacı, bu önemli eksikliğini gidermeye çalışmaktır.

Çalışmanın bir başka amacı daha vardır. Türkiye'de birçok sanayi malı gümrük duvarları ile korunduğu için, bugün üretim maliyetlerini düşürücü çabalara gerekli önem verilmemektedir. Başka bir deyişle, girdi fiyatlarındaki her artış ya da verimsiz çalışmanın karşılığı, doğrudan doğruya mal fiyatına yansımaktadır. Fiyatların bağımsız olarak değiştirilemeyeceği bir gün gelirse, rekabet maliyet azaltıcı yönde olacaktır. Böyle bir rekabet, üretim

yönetiminde maliyet azaltıcı kararlar almayı zorunlu kılacaktır. Bu tür kararlar almada en çok kullanılan çağdaş yöntem simülasyon -özellikle bilgisayar simülasyonu- olduğu için, bu yöntemin tez konusu seçilmesinde yarar görülmüştür.

Yukarıdaki üç tür amaca en iyi bir biçimde erişebilmek için, konu dört bölümde incelenmiştir. "Ana Kavramlar" başlığını taşıyan birinci bölümde, sistem kuramı açısından üretim yönetimi, üretim sistemleri ve simülasyon kavramları açıklanmıştır.

İkinci Bölümün adı, "Simülasyon Analizinin Üretim Yönetimindeki Yeri"dir. Bu bölümde, önce, genel karar teorisinin üretim yönetimine uygulanışı gösterilmiştir. Bunun için, üretim yönetimindeki karar değişkenleri, karar matrisi, karar alternatifleri ve karar ortamları en yalın biçimde ortaya konmaya çalışılmıştır. Daha sonra, üretim kararlarının alınmasındaki temel yaklaşımlara değinilmiştir. Bu yaklaşımların kullandığı karar alma yöntemleri belirtince, simülasyon analizinin üretim yönetimindeki yeri, kendiliğinden ortaya çıkma durumunda kalmıştır.

Üçüncü Bölüm, üretim yönetimindeki yeri belirlenmiş olan "Simülasyon Analizi"ne ayrılmıştır. Bu bölümde, simülasyon analizinin gelişmesi, özellikleri, öteki analizlerden farkı, uygulama alanları, türleri ve geniyöntemi incelenmiştir.

Çalışmanın son bölümünde, Türkiye'de bugün uygulanmakta olan üretim yönetimi teknikleri saptanarak irdelenmiştir. Ayrıca, gerçek bir uygulama örneği vererek, simülasyonun, hem her konuda kolayca kullanılabilen bir genel karar verme yöntemi olduğu, hem de istenirse yöneticiler elinde sihirli bir değnek görevi görebileceği kanıtlanmaya çalışılmıştır. Eskişehir Lokomotif ve Motor Sanayii Müessesesi (ELMS) Tamir-Bakım Alt Sistemi'nde hem el, hem de bilgisayarla yapılan bu simülasyon uygulamasının irdelenmesiyle de sonuca varılmıştır.

B İ R İ N C İ B Ö L Ü M

ANA KAVRAMLAR

"Üretim Yönetimi", "Üretim Sistemleri" ve "Simulasyon", bu çalışmanın temelini oluşturacak üç ana kavramdır. Bu nedenle, söz konusu kavramları açıklamak yararlı olacaktır.

I. ÜRETİM YÖNETİMİ

Üretim, malların ve hizmetlerin ortaya konulduğu bir süreçtir. Üretim yönetimi ise, en az maliyetle, belirli nitelikte ve belirli miktarda üretimi, en iyi biçimde gerçekleştirecek kararları almaktır (1).

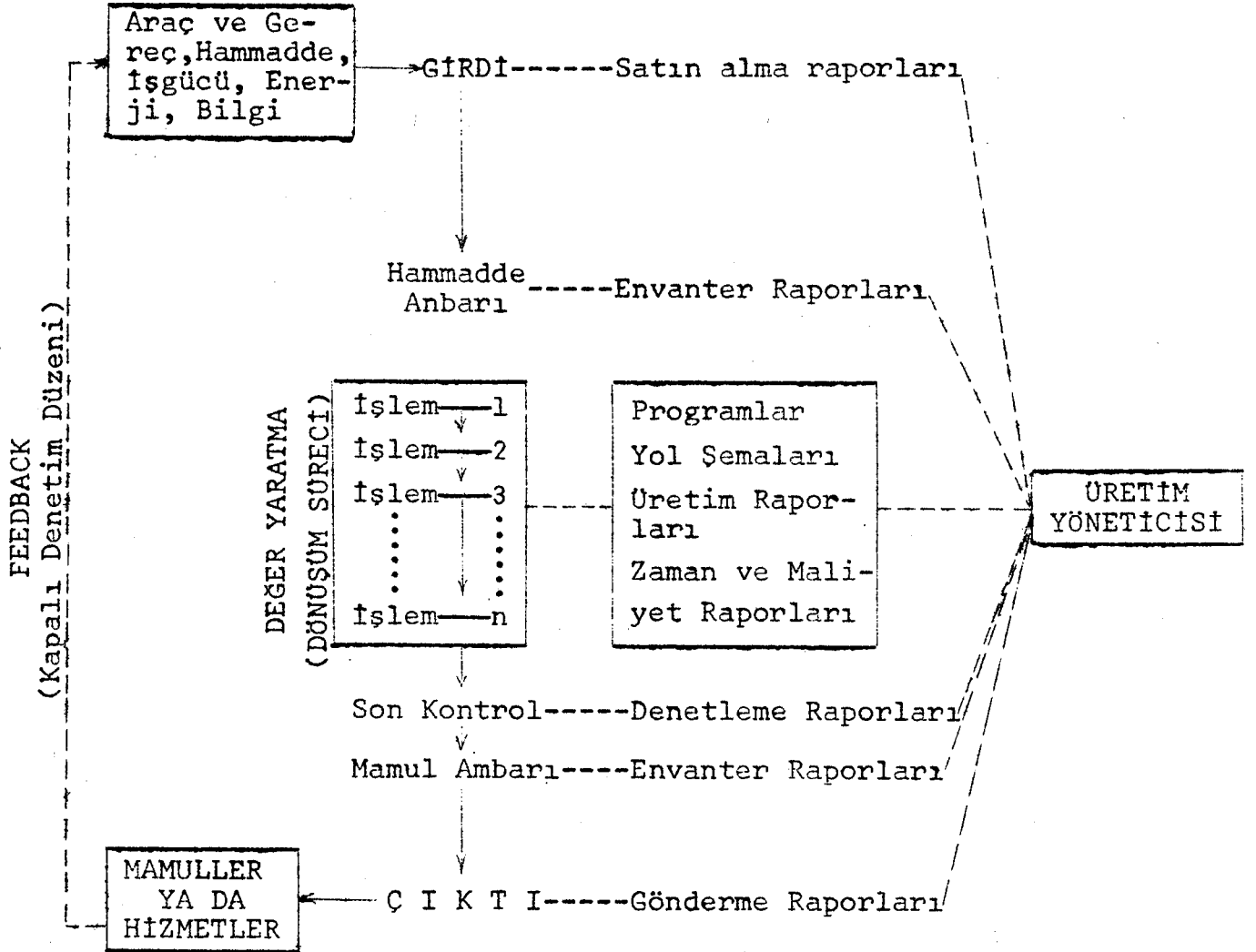
Üretim yönetiminin sorumluluğu şu iki temel alanda toplanır (2):

1. Üretim sistemlerinin planlanması,
2. Üretim sistemlerinin kontrolü.

Birinci sorumluluk alanı, mal, süreç, fabrika, araç-gereç ve benzeri konuların planlanmasını; buna karşın, ikinci sorumluluk

-
- (1) Ellwood S. Buffa, Modern Production Management (John Wiley and Sons, Inc., 1973), s.33; Başka tanımlar için bkz.: Martin K. Star, Production Management: Systems And Synthesis (Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1972), s.3-4; Leonard J. Garrett-Milton Silver, Production Management Analysis (Harcourt Brace Jovanovich, Inc., 1973), s.1-2.
 - (2) Martin K. Star, Production Management: System And Synthesis (Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1972), s.4.

alanı, envanter yönetimi, kalite kontrolü, üretim programlaması ve verimliliği içerir. Üretim sürecindeki eylemler (ŞEKİL-1)'de izlenebilir.



(ŞEKİL-1) Üretim Sürecindeki Eylemler (3)

- (3) (Şekil-1), Buffa, Modern..., s.49 ve Richard J. Hopeman, Production: Concepts, Analysis, Control (Charles E. Merrill Books, Inc., Columbus, Ohio, 1965), s.3'deki şekillerden yararlanılarak geliştirilmiştir. Benzer şekiller için bkz.: Martin K. Starr, System Management of Operations (Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J. 1971), s.13; David W. Miller-Martin K. Starr, Executive Decisions and Operations Research (Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.), s.17; Gawett, s.10, 12 ve 24; Garrett-Silver, s.2.

Üretim sürecinde, üretim yöneticisinin yapacağı ilk iş, girdileri sağlamaktır. Bina, makina, malzeme, hammadde, enerji, işgücü gibi girdiler toplandıktan sonra, değer yaratma aşamasına sıra gelir. Makinalara verilecek işleri programlama, değişik nitelikteki işgücünü değişik işlere yerleştirme, iş yapma yöntemlerini geliştirme, kaliteyi kontrol altında tutma, işletme içindeki her türlü envanteri yönetme, değer yaratma aşamasını oluşturur. Üretim sürecinde en son aşama, çıktıların, başka bir deyişle malların ve hizmetlerin, pazarlama yöneticisinin yararlanabileceği biçimde tamamlanmasıdır (4).

Girdilere, depolamaya, işlemlere, kontrollara ve çıktılarına ilişkin bilgiler, çeşitli programlar, şemalar ve raporlar aracılığı ile üretim yöneticisine ulaşır (5). Bu ulaşım, "Yönetim Bilgi Sistemleri" ile sağlanır (6).

II. ÜRETİM SİSTEMLERİ

Sistem terimi genel anlamda, "ortak bir amacı gerçekleştirmek için, değişik nitelikteki parçaların belirli bir plana göre

(4) Hopeman, s.2.

(5) Elias M.Awad, Business Data Processing (Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1971), s.55-56.

(6) Yönetim Bilgi Sistemleri konusunda bkz.: Joel E.Ross, Management By Information System (prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1970); John G.Burch-Felix R.Strater, Information Systems: Theory and Practice (John Wiley and Sons, Inc., 1974).

oluşturduğu karmaşık bütündür" biçiminde tanımlanır (7). Aslında kesin bir tanım yapma gereksinmesi duyulmadan sistem kavramı kullanılagelmektedir (8). Başka bir deyişle, hemen herkes, genel bir sistem anlayışına sahiptir; ancak, sistem teriminin çok yararlı ve etkin bir bilimsel düşünce yöntemi olarak ele alınması oldukça yeni sayılır (9). Gerçek yenilik, sistem yaklaşımının, sistemin parçalarını analiz ederken genel sürece bir bütün olarak bakma olanağı vermesindedir (10).

Günümüz koşullarında, sistem yaklaşımı düşüncesinden her alanda geniş olarak yararlanılmaktadır. Bu arada, söz konusu kavram, üretim yönetimine de geniş görüş açısı sağlamıştır. Gerçekten günümüz işletmecileri, üretim sistemlerine, içinde değer yaratılabilen eylemlerden oluşan bir genel çatı olarak bakmaktadır.

-
- (7) Powell Niland, Production Planning, Scheduling, and Inventory Control: A Text and Cases (The Macmillan Company, Inc., London, 1970), s.6; Başka tanımlar için bkz.: Seymour Tilles "The Manager's Job: A systems Apporoach", Harvad Business Review, Ocak-Şubat, 1963. s.74; A.D.Hall ve R.E. Fagen, "Definition of System", derleyenler Ludwig Von Bertalanffy ve A.Rapoport (General Systems, Ann Arbor, Michigan: The Society for the Advancement of General Systems Theory, 1956), s.18; Claude Mc Millan ve Richard F.Gonzales, Systems Analysis: A Computer Approach to Decision Models (Illionis: Richard D. Irwin, Inc., 1968), s.1; Richard F.Neuschel-Management by System, (New York: McGraw-Hill Book Co., Inc., 1960), s.10; A.T. Spaulding, "Is the Total System Concept Practical" Systems and procedures Journal, Ocak-Şubat, 1964, s.151; Starr, s.8; Van Court Hare, Systems Analysis: A Diognastic Approach, (Brave and World, Inc., 1967), s.13.
- (8) Buffa, Modern..., s.46.
- (9) Ludwig Von Bertalanffy'in bu konuda çok emeği geçmiştir. Ayrıntılı bilgi için bkz.: Atilla Sezgin, İşletmelerde Malzeme Akış Sistemi: Analiz ve Simulasyon Uygulaması, (Basılmamış Doçentlik Tezi, 1976, A.I.T.I.A.), s.14-23.
- (10) Leonard J.Garrett-Milton Silver, Production Management Analysis (Harcourt Brace Jovanovich, Inc., New York, 1973), s.9.

Genel üretim sistemi, alt sistem ve paralel sistemlerden oluşur (11). Üretim-kontrol sistemleri, envanter-kontrol sistemleri, kalite-kontrol sistemleri gibi alt sistemler, genel üretim sisteminin birer parçasıdır. Buna karşılık, daha önce verilen (ŞEKİL-1)'de açıkça görüldüğü gibi, üretim süreci ile üretim yöneticisi arasındaki haberleşmeyi sağlayan araçlar, raporlar ve yönergeler; bunların hazırlanmasında ve ulaşımında uyulacak kurallar, genel üretim sistemine paralel sistemler olarak bilinir (12).

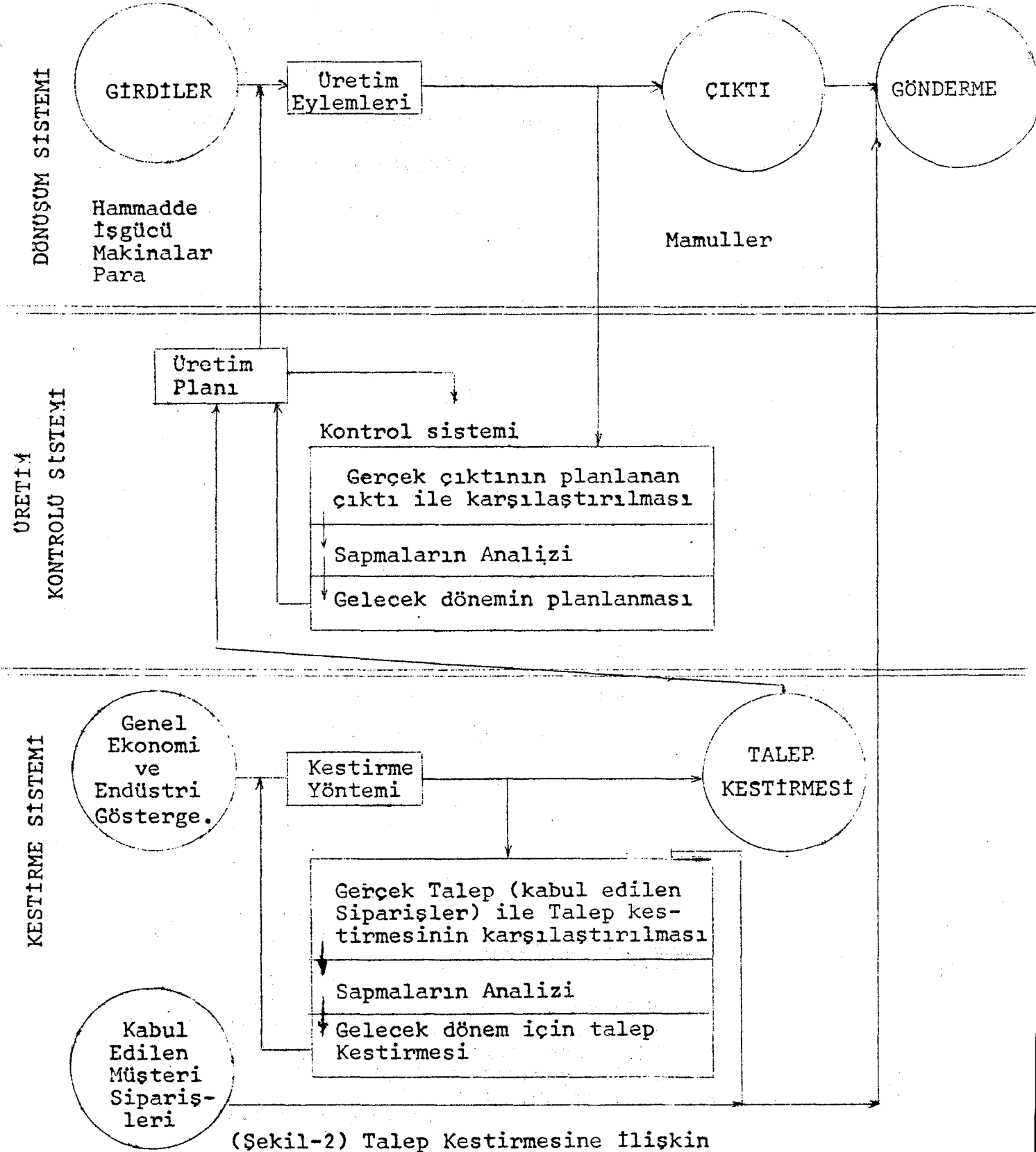
Üretim sistemleri, "üretim yöneticileri" ya da "eylem yöneticileri" adı verilen karar alıcılar tarafından kontrol edilir. Gerekli kontroller yapılırken alt ve paralel sistemlerin dengesi, üretim sisteminin dengesi ve genel örgüt sisteminin dengesi aynı anda göz önünde bulundurulur (13).

Öte yandan, üretim kontrol sistemi, karşılıklı olarak etkileşen çok sayıda değişkeni düzenler ve çok sayıda geri besleme kontrol bilgisini (feedback = kapalı denetim düzeni bilgisini) içerir. (ŞEKİL-2), bu ilişkilerin en önemlilerinden birini örnek olarak göstermektedir.

(11) J. William Gavett, Production and Operations Management (Harcourt, Brace and World, Inc., 1968), s.9.

(12) Hopeman, s.4.

(13) Oysa, geleneksel üretim yönetimi görüşüne göre, tek tek her işlem etkin bir biçimde yapılabilirse, (i) süreç olarak tanımlanan eylemler topluluğunun daha etkin olacağı ve (ii) süreç etkinlik düzeyine ulaştığında ise, yaratılan ekonomik değer en çoklanacağı kabul edilmekteydi. Ayrıntılı bilgi için bkz.: Starr, s.15.



(Şekil-2) Talep Kestirmesine İlişkin Kontrol Sistemi (14)

(14) Şekil, Niland, a.g.k., s.9'dan alınmıştır.

(ŞEKİL-2)'deki ilişkiler, talep kestirmesine dayanan kontrol sistemini oluşturmakta ve kestirme alt sistemi ile ona ilişkin alt sistemler arasındaki genel ilişkileri belirlemektedir. Buna göre, Kestirme Alt Sistemi, Genel Ekonomi ve Endüstri Göstergeleri ışığında, herhangi bir kestirme yöntemi ile bir talep kestirmesi yapar. Bundan sonra, Üretim Kontrolü Alt Sistemi, söz konusu talep kestirmesini veri olarak alır ve üretim planını hazırlar. Dönüşüm Alt Sistemi de, Üretim Kontrolü Alt Sistemi'nin hazırladığı bu planı uygulamaya koyar. Bu arada, sistemlerin geri besleme bilgileri ile gerekli karşılaştırmalar yapılır ve sapmalar analiz edilir. (ŞEKİL-2)'deki oklar, hem devre başındaki işlemleri, hem de devre sonundaki işlemleri öncelik sırası ile belirlemektedir. Aşağıdan yukarıya doğru olan oklar, devre başlarındaki verilerin alınışını, yukarıdan aşağıya doğru olan oklar ise, devre sonlarındaki sapma analizlerini göstermektedir. Söz konusu sapma analizlerinden sonra, gelecek dönemin planlanmasına geçilir.

III. SİMULASYON

Yakın ilişkide bulunduğu sistem terimi gibi bir çok anlamı olan simülasyon terimi, en genel biçimde "gerçek sistemin işleyen bir modeli" olarak tanımlanabilir (15). Simülasyon, gerçek sistemin zaman içindeki davranışlarını, bir ölçüde, birkaç

(15) Harold Guetzkow-Philip Kotler-Randall L.Schultz, Simulation In Social And Administrative Science: Overviews and Case-Examples, (Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1972) s.4.

dakikada aynen taklit edebildiği için, "işleyen" kelimesi önem kazanmaktadır. Ortak bir amacı gerçekleştirmek için, planlı olarak bir araya gelmiş elemanlardan oluşan herhangi bir sistem, geçireceği evrim sonucu, en uygun işleyişi bulacaktır. İşte, sistemin o andaki durumu, gerçek bir sistemi simgeler. "Simulasyon gerçek sistemin işleyen bir modelidir" tanımının içinde, "simulasyon, gerçek sistemi arayan bir analiz yöntemidir" anlamı gizlidir. Gerçekten de, kurulan bir simulasyon modeli, işlemeye başladığı andan başlayarak gerçek sisteme biraz daha yaklaşmış olur.

Ancak, simulasyonun kullanımı, her zaman genel tanımına uygun olmamaktadır. Bazı araştırmacılar, her tür sistem modeli kurmayı simulasyon olarak görürken, diğer bazıları, yalnızca özel niteliklere sahip sistem modellerini simulasyon olarak kabul ederler (16). Örneğin, ikinci gruptaki yazarlara göre, elemanları arasında karamşık ya da olasılıklı bir ilişki bulunmayan simulasyon modelleri, simulasyon konusu olamaz. Başka bir grup yazar ise,

(16) Simulasyonun anlamı konusundaki tartışmaların geniş olarak bulunabileceği temel kaynaklardan bazıları şunlardır: C.West Churchman, "An Analysis of the Concept of Simulation" derleyenler Austin C.Hoggatt and Frederick E.Balderston, Symposium On Simulation Models, (South-Western Publishing Co., 1963), s.1-12; Richard E.Dawson, "Simulation In the Social Sciences" derleyen Guetzkow, Simulation in Social Science:Readings, (Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall, Inc., 1962), s.1-15; James R.Emshoff ve Roger L.Sisson, Design and Use of Computer Simulation Models,(Macmillan Company, Inc., New York, 1970), s.302; Thomaz H.Naylor-Joseph L.Balintfy-Dolald S.Burdick ve Kong Chu, Computer Simulation Techniques (John Wiley and Sons, Inc., New York, 1966), s.352; Richard F.Barton, A Primer On Simulation and Gaming (Prentice-Hall, Inc., N.J., 1970); Robert C. Meier-William T.Newell ve Harold L.Pazer, Simulation in Business and Economics (Prentice-Hall, Inc., N.J., 1969).

"Monte Carlo Analizi", "Bilgisayar Modelleri", Yön Eylem Oyunu", "Sezgisel Programlama" gibi daha türsel terimleri simülasyon ile eş anlamlı olarak kabul ederler (17).

Yazarların simülasyon kullanmadaki ilgi alanları da değişiktir. Bu açıdan bakıldığında simülasyon, ya bir araştırma yöntemi olarak, ya bir kuram geliştirme ve karşılaştırma yöntemi olarak, ya bir eğitim ve öğretim aracı olarak, ya da örgütlerde elverişli kararlar almaya yardımcı bir yöntem olarak görülür (18). Ancak, bu yöntemin, uygulamalı ya da analitik yöntemler kullanmanın uygun olmadığı karmaşık süreçlerle uğraştığı kabul edilir.

Simülasyon kuramı, hızlı bir gelişme göstermekte olduğu için doğal yapısı ve bilimsel araştırmadaki yeri konusundaki belirsizlik ve tartışmalar, daha uzun süre devam edecektir (19). Bununla beraber, simülasyon konusunda yapılan tanımların benzerliklerinden yararlanılarak, bu çalışmanın amacına uygun geçerli bir tanım geliştirme olanağı vardır. Ancak, simülasyon ve simülasyon uygulamasında ileri düzeyde uzman oldukları kabul edilen yazarların benzer tanımları yerine, birbirinden farklı tanımlarından bazı örnekler verilmesi, bu amacın gerçekleşmesine yardımcı olacaktır.

-
- (17) George W. Morgenthauer, "The Theory And Application of Simulation in operations Research", derleyen Russel L. Ackoff, Progress In Operations Research (John Wiley and Sons, Inc., 1961), s. 366-413.
- (18) Guetzkow And..., s. 3.
- (19) İşletmecilikte simülasyon uygulamaları oldukça yenidir. Bunun nedeni, simülasyonun dayandığı sistem kavramının işletmeciliğe yeni girmiş olmasında aranmalıdır. Ayrıntılı bilgi için bkz.: Atilla Sezgin, Yönetimde Planlama, Kontrol ve Karar Verme Aracı Olarak Elektronik Bilgi İşlem Makinelerine Daval Yönetim Bilgi Sistemleri (Kalite Matbaası, Ankara, 1975), s.

Bir yazara göre simulasyon, gerçeğin bazı kısımlarının gö-rüntüsünü veren bir süreçtir (20). Başka bir yazar simulasyonu amacı açısından, "gerçek nesne elde olmaksızın onun aslına varmak-tadır" (21) biçiminde tanımlamaktadır. Her iki tanım da, ilk baş ta verilen tanım gibi çok geneldir.

Simulasyonun "bir işletmenin, bir ekonomik sistemin ya da bunların alt sistemlerinin uzun dönemdeki davranışlarını tanım-layan belirli tipteki matematiksel ve mantıksal modellerin bilgi sayarda denenmesine olanak veren sayısal bir yöntemdir" (22) bi-çimindeki tanımı daha işlevseldir. Amaçlarına uygun olarak gelişt-irilmesi koşulu ile bu tanım, ekonomik alanda çalışanlara önem-li bir çıkış yolu sağlamaktadır. Ancak, son tanım önemli bir ger-çeği belirtememektedir. Bu gerçek simulasyonun elle de yapılabi-leceğidir. Bu eksiklik giderilirse tanım şu şekli alacaktır: "si-mulasyon, sistemlerin ya da bunların alt sistemlerinin zaman için-deki davranışlarını tanımlayan, belirli tipteki matematiksel ve mantıksal modellerin bilgisayarla ya da elle denenmesine olanak veren sayısal bir yöntemdir (23)".

Simulasyonun bu tanımı yanında, üretim yönetimi alanında çalışan yazarların, yönteme hangi açıdan baktıklarına değinmekte

-
- (20) Herbert Maisel-Givliano Gnugnoli, Simulation of Discrete Stochastic Systems (Science Reseach Associates, Inc., 1972), s.4.
- (21) Herbert Maisel, Introduction to Electronic Digital Computers. (McGraw-Hill Book Co., New York, 1969), s.111.
- (22) T.H.Naylor-J.L.Balin-D.S.Burdick ve K.Chu, Computer Simulati Techniques (John Wiley and Sons, New York, 1966), s.3.
- (23) Maisel ve Gnugnoli, s.4.

yarar vardır (24).

Buffa'ya göre "Simulasyon, geliştirdiği alternatifleri karşılaştırmak için, üretim yöneticisine deney laboratuvarı sağlayan güçlü bir araçtır" (25). Niland, "simulasyon yöntemi üretim eylemlerinin kontrolunda yararlanılan işlevsel bir araçtır" dedikten sonra, onun daha çok kontrol sistemlerinin geliştirilmesinde kullanılmasını ve bir araştırma aracı olarak düşünülmesini savunmaktadır (26). Hopeman ise, simulasyonu, içinde sistemlerin etkinliğinin test edildiği bir alan olarak görmektedir. Öyle ki, üretim sistemlerinin simulasyon modellerini kullanarak, üretim yöneticisi, var olan durumları değiştiren kararlar alabilir ve gerçek bir üretim işlemini içeren kararı yürürlüğe koymadan önce, onun etkinliğinin ne olacağını görebilir (27).

-
- (24) Yöneylem araştırması yazarlarının da ilginç simulasyon tanımları vardır. Bkz.: R.L.Sisson, "Simulation: Uses" derleyen Julius S.Aronofsky, Progress In Operations Research; Relationship Between Operations Research And the Computer (John Wiley and Sons, Inc., Cilt III, 1969), s.19-21; K.D.Tocher, "Simulation: Languages", bir evvelki kitapta, s.78-81; Nicolai Siemens, C.H.Marketing ve Frank Greenwood, Operations Research: Planning, Operating, and Information Systems (The Free Press, New York, 1973), s.153-155; Frederick S.Hiller ve Gerald J.Lieberman, Operations Research (Holden-Day, Inc California, 1974), s.620-621; Handy A.Taha, Operations Research: An Introduction (Macmillan Publishing Co., Inc., 1971), s.3.
- (25) Buffa, Modern, s.88-89.
- (26) Niland, s.519.
- (27) Hopeman, s.12. Ayrıca, başka üretim yönetimi yazarlarının tanımları için bkz.: Franklin G.Moore, Manufacturing Management (Richard D.Irwin, Inc., 1969), s.42; Edward H.Browman ve Robert B.Fetter, Analysis for Production and Operations Management (Richard D.Irwin, Inc., 1967), s.417; H.N.Broom, Production Management (Richard D.Irwin, Inc., 1967), s.107; Robert A.Olsen, Manufacturing Management: A Quantitative Approach, (International Textbook Company, 1968), s.119; Raymond R.Mayer, Production Operations Management, McGraw-Hill Inc., New York, 1975), s.245-246.

Bütün bu açıklamalardan sonra, amacımız açısından şöyle bir simülasyon tanımı yapılabilir: Üretim yönetiminde simülasyon, üretim sisteminin ya da üretim alt sistemlerinin mantıksal ve matematiksel modellerle belirtilmesi ve söz konusu sistemlere ilişkin değişkenlerin zaman içinde alacakları durumlara göre, sistemin etkinliğinin ne olacağının önceden test edilmesidir.

Tanımda önemli olan üç eleman vardır: (i) üzerinde karar alınacak herhangi bir üretim sisteminin değişik türde modellerinin hazırlanması; (ii) her modele ilişkin değişkenlerin zaman içindeki davranışlarının tespit edilmesi; (iii) modeller tek tek yürürlüğe konulduğunda, belirli bir etkinlik ölçüsüne göre başarılarının ne olacağı saptanıp, en elverişlisinin seçilmesi.

İ K İ N C İ B Ö L Ü M

SİMULASYON ANALİZİNİN ÜRETİM YÖNETİMİNDEKİ YERİ

Başarılı bir yönetimin en belirgin özelliği, sağlıklı kararlar alabilmesidir (28). Kısa ya da uzun döneme ilişkin üretim sorunlarını en iyi biçimde çözebilen kararlar, sağlıklı kararlardır (29). Böyle kararların nasıl alındığı incelenirse, simülasyon analizinin üretim yönetimindeki yeri, açıkça ortaya çıkacaktır.

I. GENEL KARAR TEORİSİNİN ÜRETİM YÖNETİMİNE UYGULANMASI

Genel karar teorisinin bulgularından yararlanmaksızın, çağdaş anlamda üretim planlaması ve üretim kontrolü yapma olanağı yoktur. Teorinin üretim yönetimine uygulanmasını gösterebilmek için, "Karar Elemanları", "Karar Matrisi", "Karar Alternatifleri" ve "Karar Ortamları" kavramlarının açıklanması gerekir.

(28) Hopeman, s.64 ve ayrıca bkz.: Richard I. Levin-Curtis P. McLaughlin-Rudolf P. Lamone ve John F. Kotlas, Production/operations Management: Contemporary Policy For Managing Operating Systems (McGraw-Hill, Inc., New York, 1972), s.43.

(29) J. William Gavett, Production and Operations Management (Harcourt, Brace and World, Inc., New York), s.32-40.

I.1. Üretim Yönetiminde Karar Elemanları

Üretim yönetimine ilişkin karar almayı gerektiren herhangi bir durumda, şu beş temel eleman bulunur (30):

1. Stratejiler (ya da Planlar),
2. Doğal Durumlar,
3. Doğal Durumlara ilişkin Olasılıklar,
4. Sonuçlar,
5. Karar Kriteri.

Yukarıdaki karar elemanları, her tür karar alma durumunda, bilinçli ya da bilinçsiz olarak göz önünde bulundurulur. Ancak, bu elemanların simulasyon analizindeki önemi daha da belirgindir. Gerçekten, simulasyon analizinin anlaşılması, söz konusu elemanların bilinmesine bağlıdır. Aşağıda, bu elemanlar, en kısa ve yalın biçimde açıklanmaya çalışılacaktır.

1. Stratejiler (ya da Planlar): Genel olarak strateji terimi, çok sayıda alternatifin içinden herhangi birisini belirtmek için kullanılır (31). Bu tür bir kullanım doğru değildir. Alternatifleri ortaya koyabilmek için stratejiler geliştirmek gerekir. Bununla beraber, yalnızca stratejilerin geliştirilmesiyle alternatifler ortaya konulamaz. Bunun yanında, biraz sonra değinilecek olan doğal durumlar ve doğal durumlara ilişkin olasılıklar gereklidir. Görüldüğü gibi strateji, alternatifi oluşturan elemanlardan yalnızca biridir. Bu nedenle, strateji alternatiften daha dar bir kavramdır.

(30) Starr, s.41. Ayrıca bkz.: Charles T.Horngren, Cost Accounting: A Managerial Emphasis (Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1972), s.778.

(31) Starr, s.44.

Stratejiler, alternatifleri ortaya koymak için geliştirilir. Bunun için, üretim yöneticisinin kontrol edebildiği değişkenler (32) saptanır. Saptanan kontrol edilebilir değişkenler, değişik biçimlerde kullanılarak, istenildiği kadar strateji oluşturulur. Bu duruma göre stratejiler, "kontrol edilebilir değişkenlerden meydana gelen karar değişkenleri" olarak tanımlanabilir.

2. Doğal Durumlar: Herhangi bir karar alma durumunda, kararın sonucunu etkilemesine karşın, üretim yöneticisinin kontrol edemediği değişkenler, doğal durumlar olarak nitelendirilir (33). Bu tür karar değişkenlerine üretim yönetiminde "doğal durumlar" denmesinin nedeni, ölüm, deprem, rüzgar, yağmur, hava sıcaklığı gibi doğa olaylarına benzemeleridir. Bu tür doğa olaylarının kontrol altına alınması olanaksızdır. Benzer bir sorun, üretim yönetimi alanında söz konusu olmaktadır. Girdi fiyatlarının değişmesi, teknolojiye ilişkin yeni buluşlar, tüketici talebi gibi ekonomik değişkenler, geliştirilen stratejilerin rakamsal sonuçlarını etkilemesine karşın, üretim yöneticisi tarafından kontrol edilemez. Bu nedenle, üretim yöneticisi, bu tür karar değişkenlerini, doğa olaylarında olduğu gibi, doğal durumlar olarak kabul eder.

(32) Değişkenler, bir problemde, değişik değer isimleri altında ortaya çıkan etkenlerdir. Örneğin, zaman, kâr, zarar, milli gelir, insan yaşı vb... Değişkenlerin bazıları eksi, bazıları artı, bazıları ise, her iki değeri de alabilir. Örneğin, sıcaklık eksi ya da artı değerlerinden her ikisini de alabilir, buna karşın, insan yaşı eksi, zarar ise artı bir değer alamaz.

(33) Barry Shore, Operations Management (McGraw-Hill, Inc., New York, 1973), s.9.

3. Doğal Durumlara İlişkin Olasılıklar: Doğal olayların insanlar tarafından kontrol altına alınması zordur. Ancak, geçmişte tutulan kayıtlardan yararlanılarak, bunlara ilişkin olasılıklar bulunabilir. Örneğin, geçmiş on senenin ölüm kayıtları incelenerek sakarin kullanan 1000 hastadan 50'sinin kanserden öldüğü saptanabilir. Bu durumda, sakarin üreten bir işletme için, devletçe sakarin üretiminin yasaklanma olasılığı % 5 olarak hesaplanır ve bu % 5, işletmenin sakarin üretimine ilişkin kararlarında veri olarak işlem görür.

4. Sonuçlar: Sonuçlar "belirli bir strateji uygulandığında ve belirli bir doğal durum meydana geldiğinde ne olacaktır?" sorusunun cevabıdır (34). Başka bir deyişle, belirli bir strateji ile belirli bir doğal durum, belirli bir sonuç meydana getirir(35).

5. Karar Kriteri: Herhangi bir üretim sisteminin başarısını ölçmek için kabul edilen etkinlik ölçüsüne (36) karar kriteri denir (37). Karar kriterleri, sonuçları değerlendirme olanağı sağlar. Sonuçlar, sistemin amaçlarına göre, değişik değerlerle ifade edilir. Sistemin amaçları zaman, maliyet, uzaklık enazlaması ya da katma değer ençoklaması ise, söz konusu sonuçlar saat, para, metre birimleriyle ifade edilecektir.

(34) Starr, s.34.

(35) Gavett, s.36.

(36) Üretim sistemlerinin başarısı, etkinlik ve verimlilik kriterleri ile ölçülür. Bu çalışmada "etkinlik" terimi altında her iki kriterin var olduğu varsayılacaktır. "Etkinlik", "Verimlilik" kavramları ve "karar kriteri" konusunda geniş bilgi için bkz.: Starr, s.8-10; Richard I. Levin-Curtis P. McLaughlin-Rudolf P. Lamone ve John F. Kotlas, Production/Operations Management: Contemporary Policy For Managing Operating Systems (McGraw-Hill, Inc., New York, 1972), s.7-8.

(37) Buffa, s.20; Ayrıca bkz.: Starr, s.8-9; Gavett, s.38; Niland s.19-20.

(38) Sistemin amaçları konusunda bakınız: Niland, s.19-20.

I.2. Üretim Yönetiminde Karar Matrisi

Genel Karar Kuramı, karar almayı bir sistem olarak kabul eder. Bu sistemin elemanları, bir önceki alt başlıkta değinilen stratejiler, doğal durumlar, doğal durumlara ilişkin olasılıklar, sonuçlar ve karar kriterleridir. Söz konusu karar elemanları, sistemdeki yerlerini aldığı zaman, ortaya bir karar matrisi çıkar. Başka bir deyişle, Genel Karar Sistemi, "karar matrisi" terimi ile ifade edilir (39). (TABLO-1), doğal durumun beş değişik koşulu (kontrol edilemez değişkene ilişkin olasılıklar) altında, dört stratejinin (kontrol edilebilir değişken) oluşturduğu sonuçların, maliyet enazlaması karar kriterine göre değerlendirileceğini gösteren bir karar matrisi örneğidir (40).

DOĞAL DURUM:	N_j	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5
OLASILIK :	P_j	0,10	0,20	0,10	0,40	0,20
STRATEJİ	1	10	12	14	12	8
STRATEJİ	2	8	12	16	14	10
STRATEJİ	3	16	14	12	14	15
STRATEJİ	4	14	14	14	14	14

(TABLO-1) Karar Matrisi

(TABLO-1) düzenlenirken, üretim yöneticisinin, kontrolü altındaki değişkenlerle gerçekleştirmeyi düşündüğü dört değişik

(39) Martin K.Starr, Management: A Modern Approach (Harcourt Brace Jovanovich, Inc., New York, 1971), s.124.

(40) Starr, Production..., s.59.

Üretim programının (strateji 1, 2, 3 ve 4) maliyetleri (41) ile ilgilendiği; doğal durumun talep ve toplam talebin de % 10, %20, %10, %40 ve %20 oranlarına göre dağıldığının gözlemlendiği var sayılmıştır.

Belirli bir strateji (S_i) ve belirli bir doğal durum (N_j), belirli bir sonuç (O_{ij}) meydana getirir (42). Örneğin, (TABLO-1)'de strateji 1 ile doğal durum (N_1)'in kesiştiği yerde 10; strateji 3 ile doğal durum (N_5)'in kesiştiği yerde 15 sonucu saptanmıştır.

(O_{ij}) sembolü ile ifade edilen sonuçların hangi değeri göstereceğini, üretim yöneticisinin amaçları belirler (43). Üretim yöneticisinin amaçları zaman, maliyet, uzaklık enazılması ya da katma değer ençoklaması ise, söz konusu sonuçlar saat, para, metre birimleriyle ifade edilecektir.

Sonuçların hangi birimle ifade edileceği değil, sonuçların nasıl bulunacağı önemlidir. Bunun için çok değişik yöntemler vardır (44). Bu yöntemlerin büyük bir kısmı matematikselidir. Matematik terminolojide sonuçlar (O_{ij}), bağımlı değişkenler anlamına gelir. Kontrol edilebilir değişkenler (= stratejiler) ile kontrol edilemez değişkenler (= doğal durum) ise, bağımsız değişkenler olarak ifade edilir. Bu durumda, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki, şu eşitlikle gösterilir (45).

(41) Burada söz konusu maliyetler, ne kadar farklı kalemin ard arda işlem merkezlerine geleceğine (girdilerin bileşimi) ve bu merkezlerin etkinliğini arttırmak için ne kadar mamul üretileceğine bağlıdır. Bkz.: Starr, s.59.

(42) Gavett, s.36.

(43) Starr, Production..., s.53.

(44) Bu yöntemlerin genel sıralaması için bkz.: Bu çalışma, s.

(45) Starr, Production ..., s.57.

$$O_{ij} = f (S_i , N_j)$$

Eşitliğe göre, bağımlı değişken O_{ij} , bağımsız S_i ve N_j değişkenlerinin fonksiyonudur (46). Ancak, sistem yaklaşımı açısından S_i ve N_j , çok karmaşık alt sistemlerden oluştuğu için, belirlenmeleri de karmaşık süreçleri gerektirir.

Örneğin, yukarıdaki karar matrisinin ilişik olduğu probleme aşırı stok maliyetlerinin, stok yetersizliği maliyetlerinin, işe başlayabilme maliyetlerinin, boş geçen zaman maliyetlerinin, elde stok tutma maliyetlerinin ve bunların değişik biçimlerde karşılıklı etkileşimlerinin de eklenmesi gerekir. Bu durumdaki sonuçların saptanmasının ne kadar güç olduğu açıktır.

(Tablo-1)'deki (4x5) matrisinin düzenlenebilmesi için, 20 ayrı simülasyonun yapılması gerekir (47). Bundan başka, söz konusu doğal duruma (N_j) ilişkin tahminlerin yapılması da ayrı bir süreçtir. Bu süreç, ana kütlelerin sınıflandırılması, ana kütle elemanlarının gözlemlenmesi, ihtimallerin bulunması şeklinde özetlenebilir.

Yukarıdaki örnekte, talep ana kütleleri beş sınıfa ayrılmış, beş haftalık bir gözlem yapılmış ve (TABLO-2)'deki ihtimaller bulunmuştur (48):

(46) (S_i)yi uzunluk, (N_j)'yi de genişlik kabul edersek, (O_{ij}) alan ölçülerinden birisi ile ifade edilecektir.

(47) Starr, Production ..., s.59.

(48) Starr, Production ..., s.60.

Talep Sınıfları	Gözlem Sayısı	İhtimal
N_1	10	0,10
N_2	20	0,20
N_3	10	0,10
N_4	40	0,40
N_5	20	0,20
Toplam	100	1,00

(TABLO-2) Talep Dağılımı.

I.3. Üretim Yönetiminde Karar Alternatifleri

Tablo-1 daha yakından bir kere daha incelenirse, ayrı ayrı stratejilerin (strateji 1, 2, 3, 4, ...i), ihtimalleri ile birlikte doğal durumların ($N_1, N_2, N_3, N_4, N_5, \dots N_j$) ve arzulanan sonuçların (O_{ij}) bir sistemin ögeleri olduğu görülür (49). Örnek karar matrisinde dört tane sistem vardır. Ayrı ayrı her sistem bir alternatifi simgeler. Söz konusu tabloyu parçalayarak, alternatifleri daha da açık olarak göstermek mümkündür.

Alternatif 1

Doğal Durum	N_j	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5
Doğal Durumun Gerçekleşme İhtimali	P_j	0,10	0,20	0,10	0,40	0,20
Sonuç	O_{ij}	10	12	14	12	8

(49) Starr, Production..., s.56.

Alternatif 2

Doğal Durum	N_j	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5
Doğal Durumun Gerçekleşme İhtimali	P_j	0,10	0,20	0,10	0,40	0,20
Sonuç	O_{ij}	8	12	16	14	10

Alternatif 3

Doğal Durum	N_j	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5
Doğal Durumun Gerçekleşme İhtimali	P_j	0,10	0,20	0,10	0,40	0,20
Sonuç	O_{ij}	16	14	12	14	15

Alternatif 4

Doğal Durum	N_j	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5
Doğal Durumun Gerçekleşme İhtimali	P_j	0,10	0,20	0,10	0,40	0,20
Sonuç	O_{ij}	14	14	14	14	14

Bir üretim probleminin çözümü için, yalnızca bir tek alternatif varsa, aslında strateji geliştirmeye ihtiyaç yoktur. Başka bir deyişle, herhangi bir amacı gerçekleştirmek için alternatif yollar yoksa, karar verilecek bir problem de yoktur (50). Bu nedenle, üretim yöneticisinin en önemli fonksiyonu, arzulanan bir sonuca değişik yollardan gitmeyi sağlayan alternatifler geliştir

(50) Gaveet, s.33.

mektir (51). Örnek problem için, Alternatif 1, Alternatif 2, Alternatif 3 ve Alternatif 4 biçiminde geliştirilen alt sistemler, değişik karar ortamlarında, değişik yöntemlerle değerlendirilerek, rakamsal sonuçları karşılaştırılır.

I.4. Üretim Yönetiminde Karar Ortamları

Genel karar teorisinde, kararların, belirlilik, risk ve belirsizlik ortamlarının (52) herhangi birinde alındığı kabul edilir (53). Ancak, üretim yönetiminde, bunlardan ilk ikisi geçerlidir. Başka bir deyişle, üretim yönetiminde, belirlilik altında karar alma ve risk altında karar alma olmak üzere, iki karar ortamı vardır (54).

Karar matrisinde, doğal duruma ilişkin yalnızca bir tek ihtimal bulunması durumuna, belirlilik altında karar alma denir (55). Başka bir deyişle, doğal durumun değeri, kesinlikle biliniyorsa,

-
- (51) F.T.Haner ve James C.Ford, Contemporary Management (Bell and Howell Company, Columbus, Ohio, 1973), s.30-31.
- (52) Buffa bu üç ortama, "rekabet ortamı" adını verdiği dördüncü bir ortam ekleyerek, dörk değişik karar ortamı olduğunu ileri sürmektedir. O'na göre, geçmişle ilgili hiç bir verinin olmadığı durumlarda, örneğin, yeni bir mamule ilişkin talep kestirmesi gibi durumlarda, belirsizlik ortamı söz konusudur. Oysa, rakiplerin davranışlarının göz önüne alınmasını gerektiren durumlar, belirlilik, risk ya da belirsizlik ortamlarının hiçbirine sokulamayacağı için, kendine özgü ayrı bir ortam kabul edilmelidir. Bkz.: Elwood S.Buffa, Modern Production Management (John Wiley and Sons, Inc., New York 1973), s.22.
- (53) Charles Z.Wilson ve Marcus Alexis, "Basic Frameworks For Decisions" Journal of the Academy of Management, Vol. 5 (August, 1962), s.155.
- (54) Elwood S.Buffa, Modern Production Management (John Wiley and Sons, Inc., New York, 1973), s.22.
- (55) Starr, Production ..., s.66.

bunun için hesaplanacak ihtimal 1 olacaktır. İhtimalin 1 olması ise, belirlilik anlamına gelir (56).

Örneğin, (TABLO-1)'deki karar matrisinde, talebin ne olacağı tam bir kesinlikle bilinseydi, beş ayrı koşul yerine, sadece bir koşul altında, ayrı ayrı dört stratejinin uygulanmasıyla, dört ayrı sonuç hesaplanacaktı. Hesaplanan sonuçların (TABLO-3)'de gösterildiği biçimde olduğu varsayalım. Burada ayrı ayrı her sonuç, birer alternatifi simgelediğine göre, bu stratejilerden hangisi seçilecektir? İşte bu noktada, daha önce değinilen beşinci karar elemanı-karar kriteri- seçilecek alternatifin belirlenmesine yardımcı olur (57).

Doğal Durum	N	N
İhtimal	P	1
Strateji	1	13
Strateji	2	17
Strateji	3	14
Strateji	4	10

(TABLO-3) Belirlilik Koşulunda Karar Matrisi

(TABLO-3)'deki karar matrisini düzenlemek için örnek alınan problemde, maliyetlerin enazlanması ile ilgilenildiğine göre, seçim, strateji 4'ün uygulanması yönünde olacaktır. Gerçekten, (TABLO-3)'de doğal duruma ilişkin bir tek ihtimal vardır. Bu ihtimal 1 değeri ile ifade edilmiştir. Başka bir deyişle, strateji

(56) Gavett, s.35.

(57) Gavett, s.38.

1'in uygulama sonucunun 13, strateji 2'nin uygulama sonucunun 17, strateji 3'ün uygulama sonucunun 14 ve strateji 4'ün uygulama sonucunun 10 olacağı kesinlikle bilinmektedir. Buna göre, uygulaması en düşük maliyeti verecek olan strateji 4 seçilmelidir.

Karar matrisi, aynen (TABLO-1)'deki gibiyse, başka bir deyişle, doğal duruma ilişkin iki veya daha fazla koşul varsa ve ilgili koşullar belirlenebiliyorsa, ayrıca koşulların gerçekleşme olasılığı hesaplanabiliyorsa, risk ortamında karar alma söz konusudur (58).

(TABLO-1), risk ortamında karar almayı simgelediğine göre belirlenen dört alternatiften hangisi seçilecektir? Böyle durumlarda, "Beklenen Değer (expected value)" kriteri kullanılır (59). Bu kritere göre, her bir satırdaki sonuçlar ayrı ayrı olasılıklarıyla çarpıldıktan sonra, toplanarak ilgili oldukları satırların sonuçlarına yazılır. Daha önce verilen (TABLO-1), belirtilen biçimde bir işleme tabi tutulursa, beklenen değer (EV_i) aşağıdaki gibi olacaktır:

$$EV_1 = 1,0 + 2,4 + 1,4 + 4,8 + 1,6 = 11,2$$

$$EV_2 = 0,8 + 2,4 + 1,6 + 5,6 + 2,0 = 12,4$$

$$EV_3 = 1,6 + 2,8 + 1,2 + 5,6 + 3,0 = 14,2$$

$$EV_4 = 1,4 + 2,8 + 1,4 + 5,6 + 2,8 = 14,0$$

Burada, maliyet açısından en düşük beklenen değeri veren birinci alternatifin seçilmesi düşünülecektir.

(58) Starr, Production..., s.61.

(59) Billy E.Goetz, Quantitative Methods: A Survey and Guide For Managers (McGraw-Hill, Inc., New York, 1965), s.126-127.

II. ÜRETİM KARARLARININ ALINMASINDA TEMEL YAKLAŞIMLAR

Üretim kararlarının alınması konusunda iki aşırı yaklaşım vardır (60). Bunlar, "sezgisel yaklaşım" ile "sistem yaklaşımı" adını taşır ve kullanılmaları tartışmalıdır. Doğru yol ise, bu iki farklı yaklaşımın arasında, ancak, sistem yaklaşımına daha yakın bir yerde aranmalıdır (61). Simulasyon analizinin temelini oluşturduğu için, aşağıda sistem yaklaşımının genel planı verilecektir. Ancak, ileride, simulasyon genyönteminin son iki aşaması (62) incelenirken gerekli olacağı için, sezgisel yaklaşıma da kısaca değinmek yararlı olacaktır.

II.1. Sezgisel Yaklaşım

Problemi tanımlamak ve mümkün olan tüm alternatifleri belirlemek için, bilinçli bir çabada bulunmaksızın, sağlıklı kararların, görmüş geçirmişliğe dayanan yargı ve sezgi ile alınabileceğini ileri süren bir yaklaşımdır (63). Üretim yönetimi, kısmen bir sanat, kısmen de bir bilim olduğu (64) için, üretim yönetiminin sanata ilişkin alanlarında, bu yaklaşımdan yararlanmak gerekir. Özellikle, bilimsel yöntemlerle seçilen alternatif-

-
- (60) Raymond R.Mayer, Production Management (McGraw-Hill, Inc., New York, 1968), s.8.
(61) W.T.Morris, "On the Art of Modeling", Management Science, 13 (August 1967), s.B-707.
(62) Bkz.: Bu çalışma, s.80-82.
(63) Leonard J.Garrett ve Milton Silver, Production Management Analysis (Harcourt Brace Javanovich, Inc., 1973), s.57.
(64) Mayer, s.8 ve Richard I.Levin-Curtis P.Mclaughlin-Rudolf P. Lamone ve John F.Kotlas, Production/Operations Management: Contemporary Policy For Managing Operating Systems (McGraw-Hill, Inc., New York, 1972), s.7-8.

ler, bir kez de görmüş geçirmişliğin ışığında değerlendirilme-
lidir (65).

II.2. Sistem Yaklaşımı

Sistem yaklaşımı, problemi, problemin çözüm yollarını ve bu yolların en iyisini bilimsel bir yaklaşımla araştırır (66). Probleme sistemli bir açıdan baktığı ve çözümlerinde bilimsel yöntemler kullandığı için, bazı yazarlar, sistem yaklaşımı yerine, "karar almada bilimsel metod" terimini kullanırlar (67). Sistem yaklaşımı ile karar alma, hem belirli bir süreç izler, hem de belirli bir karar alma yöntemi gerektirir. Bu nedenle, açıklamasının iki alt başlıkla yapılması yararlı olacaktır.

II.2.1. Sistem Yaklaşımında Karar Süreci

Sistem yaklaşımında karar alma süreci şu beş aşamadan oluşur (68):

1. Problemin Tanımlanması,
2. Amaçların Belirlenmesi ve Değerleme Kriterlerinin Seçilmesi,
3. Karar Modelinin Kurulması,
4. Alternatiflerin Gelistirilmesi,
5. Alternatiflerden Birinin seçilmesi.

(65) Buffa, Modern..., s.73.

(66) Garrett ve Silver, s.70.

(67) Bkz.: Garrett ve Silver, s.60; Hopeman, s.72-76; Buffa, s.68.

(68) Peter Drucker, "How To Make A Business Decision" derleyen William T.Greenwood, Decision Theory And Information Systems: An Introduction to Management Decision Making (South-Western Publishing Company), s.53.

Yukarıdaki karar süreci aşamalarının, üretim yönetimi açısından kısaca açıklanması gerekir.

1. Problemin Tanımlanması: Üretim yönetimi alanındaki problemler, sekiz alt sistemde toplanabilir (69). Bu alt sistemler, envanter, tahsis, kuyruk, sıralama, yol (sebeke), yenileme, rekabet ve araştırma kavramları ile ifade edilir. Ayrıca her alt sistem, kendi içinde daha alt sistemlere ayrılabilir.

Karşılaşılan problemin hangi kesim veya kesimleri ilgilendirdiği ve tüm sisteme karşı olumsuz etkilerinin neler olduğu, bu evrede belirlenir.

2. Amaçların Belirlenmesi Ve Değerleme Kriterlerinin Seçilmesi: Üretim yönetiminin amaçlarını, fonksiyonel amaçlar ve değer yaratma amaçları olarak iki bölümde toplamak olasıdır (70). Üretim süreci çıktılarına ilişkin ağırlık, renk, ölçü, kimyasal bileşim, süreklilik, işlem etkinliği gibi belirli niteliksel ve niceliksel özellikler, fonksiyonel amaçlar olarak tanımlanır. Buna karşılık, dönüşüm sürecindeki eylemlerin planlanması, sıralanması ve kontrol edilmesi ise, değer yaratma amacına yöneliktir. Dönüşüm eylemleri, yaratılan değeri çoklayabilirse, üretim yönetimi, ikinci tür amacına ulaşmış olur (71). Söz konusu amaçların ne düzeyde gerçekleştiğini anlamak için, her bir amaçla ilişkin bir etkinlik kriterinin seçilmesi gerekir. İyi değerlendirme kriterleri, alternatiflerin daha sağlıklı bir seçiminin sağlanmasıdır (72).

(69) Garrett ve Silver, s.73.

(70) Gavett, s.14.

(71) Richard J.Hopeman, Production: Concepts, Analysis, Control, (Charles E.Merrill Books, Inc., Columbus, Ohio,1965), s.2.

(72) F.T.Haner-James C.Ford, Contemporary Management (Bell and Howell Company, Columbus, Ohio, 1973), s.30.

3. Karar Modelinin Kurulması (73): Model, gerçek durumun soyut bir görüntüsünü (74) verdiği için, üretim sistemini etkileyen en önemli etkenleri ve ara bağılılıkları açık bir biçimde ortaya koyar.

Karar almada model kullanmanın birinci yararı, sorunlardaki karmaşıklığı basite indirgemesi; ikinci yararı ise, karar yürürlüğe konulmadan önce, onun test edilmesini, başka bir deyişle simülasyonunu sağlamasıdır (75). Bu nedenle, bir karar aracı olarak, değişik türde modeller geliştirmeye yönelik çabalar, günümüzde daha da hız kazanmıştır (76). Bu gün için, üretim yönetiminde kullanılmakta olan dört genel model türü vardır (77):

1. Fiziksel Modeller,
2. Şematik Modeller,
3. Matematiksel Modeller,
4. Simülasyon Modelleri (78).

4. Alternatiflerin Geliştirilmesi: Yukarıda sıralanan dört tür modelin özelliklerine uygun değişik yöntemlerle (79) karar matrisindeki sonuçların saptanması işlemi, bu aşamada yer alır (80).

-
- (73) Burada, karar modelinin kurulmasından amaç, daha önce değinilen "karar matrisi"ni hazırlama çabalarıdır.
- (74) Buffa, Modern..., s.29,
- (75) Hopeman, s.76.
- (76) Garrett ve Silver, s.62.
- (77) Hopeman, s.76 ve bkz.: Garrett ve Silver, s.62-70.
- (78) Bazı kaynaklarda, sözlü, şematik, analog, matematiksel ve simülasyon biçiminde bir model sınıflaması (bkz.: Garrett ve Silver, s.62-70); diğer bazılarında ise, şematik, matematik, analog bilgisayar, deneme işletmesi, el ve bilgisayar simülasyonu biçiminde model sıralaması yapılmaktadır (bkz.: Gavett, s.56-58); Hamdy Taha ise, modelleri iconic, analog ve symbolic, heuristic ve simülasyon biçiminde bir ayırımı tabii tutmaktadır (bkz.: Hamdy A.Taha, Operation Research: An Introduction, Macmillan Publishing Co., Inc., New York, 1971, s.2-3).
- (79) Bu yöntemlerin biri de simülasyondur.
- (80) Gavett, s.36.

5. Alternatiflerden Birinin Seçilmesi: Alternatifler, değişik karar ortamlarında, değişik karar kriterleri ile değerlendirilir ve sistemin amacına en uygun olanı seçilir (81).

II.2.2. Sistem Yaklaşımında Karar Alma Yöntemleri

(ŞEKİL-3), hem buraya kadar yapılan açıklamaların tam bir özetini vermekte, hem de üretim yönetimi kararlarının özelliklerine uygun modellerin (karar matrisinin) kurulmasında, analizinde ve sentezinde kullanılan yöntemleri sıralamaktadır (82).

(ŞEKİL-3), dikkatle incelenirse, daha önce değinilen "karar süreci aşamaları" bütün yöntemlerde aynıdır. Değişiklik, yalnızca, kurulacak modelin türünde olmaktadır (83).

Üretim yöneticisi, yürürlükteki problemlerin bazı belirtilerine göre, hangi tür analizin sisteme en iyi yaklaşım olacağına karar vermekle sorumludur (84). Bu nedenle, (ŞEKİL-3)'ün ortasında belirtilen analiz yöntemlerini tanıması ve bunların nasıl kullanılacakları konusunda, en azından, genel bir bilgiye sahip olması gerekir. İzleyen bölümde, söz konusu analiz yöntemlerinden "simulasyon analizi" incelenecektir.

(81) Hopeman, s.76.

(82) (ŞEKİL-3), Buffa, Modern..., s.75'den alınmıştır.

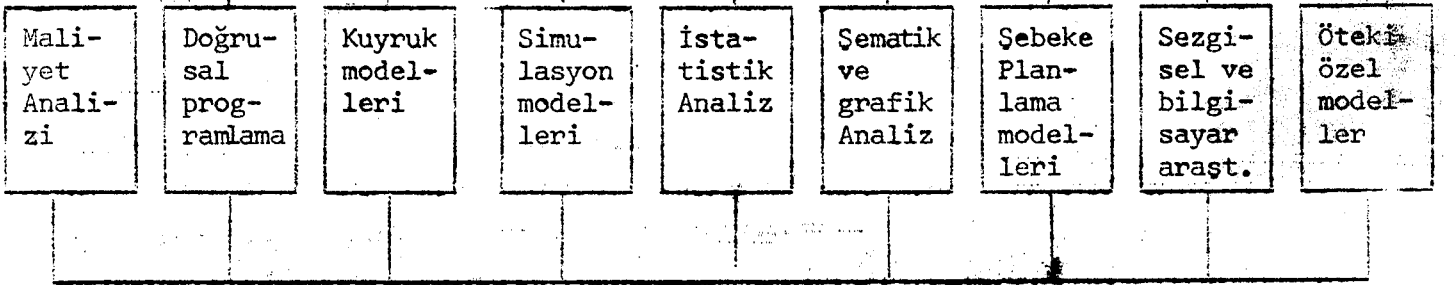
(83) "Maliyet analizi" ve "doğrusal programlama" yöntemleri, belirli, matematiksel modellerin; "kuyruk analizi", "istatistiksel analiz" ve "şebeke planlama analizi", olasılıklı matematiksel modellerin; öteki yöntemler ise, kendi isimlerine özgü modellerin özelliklerini taşır.

(84) Richard I. Levin-Curtis P. McLaughlin-Rudolf P. Lamone ve John F. Kotlas, Production/Operations Management: Contemporary Policy For Managing Operating Systems (McGraw-Hill, Inc., 1972), s.47.

Sistemin Tanımlanması
(Sistemi etkileyen değişkenlerin ve bu değişkenlerin değişik koşullardaki davranışların belirlenmesi)

Bir etkinlik ölçüsünün (E) tanımlanması
(E, alternatiflerin etkinliğini ölçen bir kriter fonksiyonudur)

Modelin Kurulması
(E, sistemi belirleyen değişkenlerin bir fonksiyonu olarak ifade edilir.
Yönetimin kontrolü altında olan ve olmayan değişkenler saptanır)



Analizden sonra alternatiflerin oluşturulması, bir etkinlik ölçüsü olan E'yi kullanarak alternatiflerin değerlendirilmesi

Niceliksel analiz sonuçları ile, çözümdeki niteliksel etkenleri dengeleyerek bir kararın alınması

(ŞEKİL-3) Sistem Yaklaşımında Karar Süreci

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

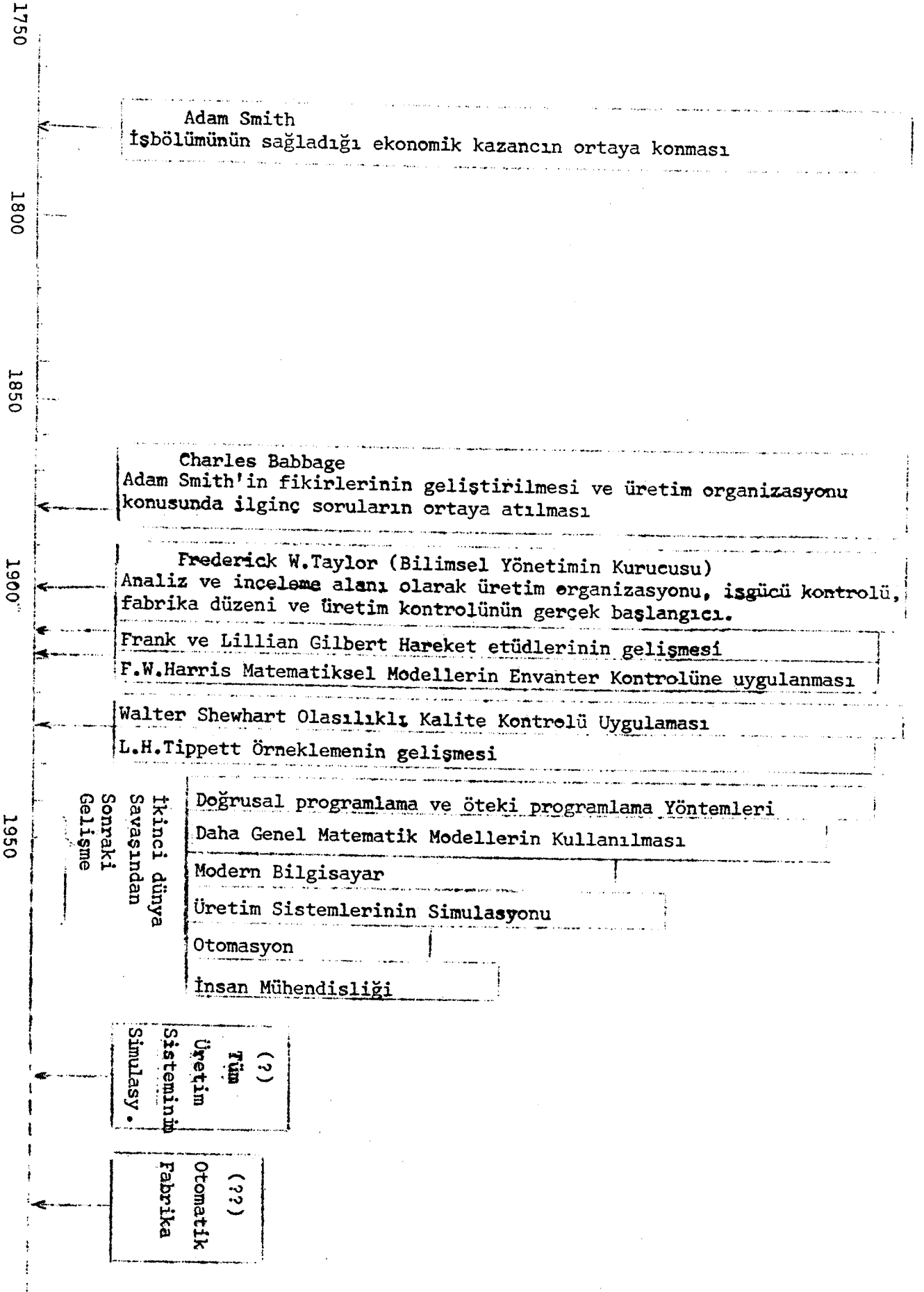
SİMULASYON ANALİZİ

I. SİMULASYON ANALİZİNİN GELİŞMESİ

Adam Smith'den bu yana, üretim yönetiminde büyük gelişmeler olmuştur. (Şekil-5), bu gelişmeleri bir zaman doğrusu üzerinde göstermektedir (85). Görüldüğü gibi, İkinci Dünya Savaşından sonra sözü edilmeye başlayan simülasyon analizinin gelişmesi, bilgisayarların gelişmesi ile çok yakından ilgilidir (86). 1958 yılında ikinci kuşak bilgisayarların (87) ortaya çıkması ile birlikte, simülasyon analizi uygulamaları son derece hızlı bir artış göstermiş; üçüncü kuşak bilgisayarlardan sonra ise, etkin bir biçimde kullanılır olmuştur (88).

-
- (85) Ellwood S. Buffa, Modern Production Management (John Wiley and Sons, Inc., 1973), s.13.
- (86) Robert J. Thierauf ve Richard A. Grosse, Decision Making Through Operations Research (John Wiley and Sons, Inc., New York, 1970), s.470; Ayrıca bkz.: Hamdy A. Taha, Operations Research: An Introduction (Macmillan Publishing Co., Inc., 1971), s.3.
- (87) 1945-1958 yılları arasında yapılan bilgisayarlar, birinci kuşağı simgeleyen çok pahalı makinelerdi. 1958'de bilgisayarın yapımında transistör kullanılmış ve ucuzlatılmıştır. 1958-1965 arası bilgisayarlar ikinci kuşak ve 1965'dan sonrakiler üçüncü kuşağı simgeler. Bkz.: A. Ünal Yarımışan, FORTRAN IV programlama Dili (Kalite Matbaası, Ankara, 1975), s.2-3.
- (88) Robert L. Sisson, "Simulation: Uses" derleyen Julius S. Aranofsky, Progress In Operations Research: Relationship Between Operations Research and the Computer (John Wiley and Sons, Inc., Cilt III, 1969), s.30-31; Herbert Maisel ve Giuliano Gnugnoli, Simulation of Discrete Stochastic Systems (Science Research Associates, Inc., 1972), s.4.

(Sekil-5) Üretim Yönetiminin Gelişme Sırası



Simulasyon analizinin üretim yönetiminde kullanılmadığı alan, hemen hemen yok gibidir (89). Gelecekte ise, (Şekil-5)'in sağında görüldüğü gibi, tüm üretim sisteminin simule edilme olasılığı vardır.

II. SIMULASYON ANALİZİNİN ÖZELLİKLERİ

Simulasyon yönteminin değişik tür analizlerde gözlenebilen en yaygın özellikleri ve dolayısıyla amaç ve yararları on temel nokta etrafında toplanabilir (90):

1. Simulasyon analizi, üretim problemlerine geniş açıdan bakılmasını ister. Bu nedenle, yöneticiler, problemin bütün belirtilerini incelemek ve anlamak zorundadırlar.

2. Simulasyon analizi, karmaşık üretim sistemlerini oluşturan alt sistemlerin de aynı anda göz önüne alınmasını gerektirir. Bireysel olarak alt sistemler daha iyi tanımlanabileceği için genel sistem öğelerinin daha alt sistemlere ayrılması, genel analizi kolaylaştırır.

3. Simulasyon analiziyle üretim problemi hakkında elde edilen bilgi, simule edilen sistemin yapı ve politikalarında, başka zaman elde edilemeyecek biçimde ilerlemelere yol açar. Başka bir deyişle, model kurmaya alt sistem yöneticilerinin katılmasının(91) sağlayacağı fayda, bir bakıma, simulasyonun sağlayacağı faydadan daha fazladır.

(89) Simulasyon analizinin kullanıldığı yönetim alanlarının geniş bir listesi için bkz.: Maisel ve Giuliano, s.33.

(90) Nicolai Siemens-C.H.Marting ve Frank Greenwood, Operations Research: Planning, Operating, and Information Systems (The Free Press, New York, 1973), s.155-156.

(91) Buradaki katılma, "participation" sözcüğü karşılığında kullanılmıştır. Katılmanın yararları konusunda bkz.: Mustafa Dilber, Yönetim ve Örgütsel Etkililiğe Davranışsal Yaklaşım (Boğaziçi Üniversitesi Basımevi, İstanbul, 1976), s.69-89.

4. Simulasyon, üretim sistemi değişkenleri arasındaki çok sayıda karmaşık etkileşimi, analiz etme ve değerlendirme olanağı verir.

5. Simulasyon, üretim sisteminin başarısını etkileyen çevre koşullarını gözönünde bulundurur. Sistem başarısının bu tür değerlendirilmesi, başka herhangi bir yöntemle gösterilemeyen değişkenler arası etkileşimi ortaya koyar. Böylece, değişkenlerin ve değişkenler arası etkileşimlerin hangilerinin sistem başarısını tayin etmede etkin olduğunu belirlemiş olur.

6. Simulasyon, yapısal değişikliklerin üretim sisteminin davranışları üzerindeki etkilerini ölçme olanağı verir. Bunun için, mevcut sistem üzerinde bazı değişiklikler yapılır. Simulasyon yöntemi ile sistem işletilir ve yapısal değişikliklerin sistem davranışları üzerindeki etkileri tayin edilir.

7. Yararlı yapısal değişikliklerin ortaya çıkarılması ve bunların üretim sistemine dahil edilmesi yanında, değişen sistemin işleminde çıkabilecek problemlerin tahmin edilmesi ve bunların önlenmesi de simulasyon analizi ile yapılır.

8. Simulasyon analizi, önerilen politika ve kararların doğruluğunu test eden ve değerleyen bir deneme çalışması olarak üretim yöneticilerine ışık tutar.

9. Simulasyon analizi mevcut üretim sistemlerinin yönetimi için gerekli olan, istatistiksel analiz yeteneğinin, karar alma yeteneğinin ve öteki bazı temel kavramların öğretilmesi ve pekiştirilmesi için uygun bir eğitim aracı olarak kullanılabilir.

10. İster uzun ister kısa dönem için olsun, simulasyon, belirli bir zaman kesiti içinde, dinamik üretim sistemlerini analiz etme ve değerlendirme olanağı sağlar.

III. SIMULASYON ANALİZİNİN ÖTEKİ ANALİZLERDEN FARKI

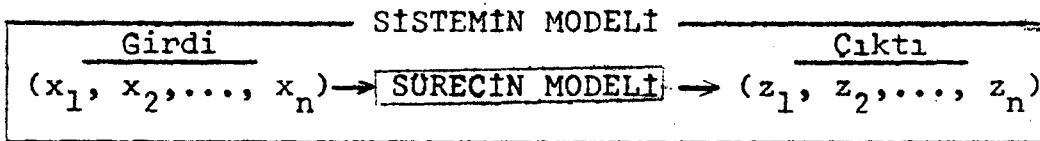
Üretim yönetimindeki analiz yöntemleri, incelenen sistemin veya alt sistemin tamamını veya bazı kısımlarını temsil eden değişik tür modellerin kullanılmasına dayanır (92). Simulasyon uygulaması ile bir sistemin analizi aşağıdaki (Şekil-3) ve (Şekil-4)'e göre yapılır (93).

Şekil-3'deki gerçek sistem gözlem altına alınarak, çıktıları, süreç ve girdiler analiz edilir. Sistemin amaçları ile sonuçlar arasında bir uyumsuzluk bulunursa simulasyon uygulaması ile bu uyumsuzluğun giderilmesine çalışılır.

Dikkat edilirse, simulasyon uygulamasını gösteren (Şekil-4) ile gerçek durumu gösteren (Şekil 3) arasında, biri diğerinin yapma bir modeli olması dışında hiçbir fark yoktur (94). Bu, ku-



(Şekil-3) Gerçek Durum



(Şekil-4) Simulasyon Uygulaması

(92) Buffa, Modern..., s.68.

(93) Fazıl Gülçür, İşletmelerde Faaliyet Araştırmaları: Programlama, Organizasyon ve Karar Metodları (Berksoy Matbaası, İstanbul, 1966), s.619.

(94) Bu nedenle simulasyon, "gerçek sistemin işleyen bir modeli" olarak tanımlanır.

rulacak simulasyon modelinin gerçek sistemi tam olarak yansıtmaması anlamına gelir.

Öteki modeller de gerçek sistemi tam olarak yansıtabilir mi? Bu sorunun cevaplandırılması, simulasyon analizinin öteki analizlerden farkını ortaya koyacaktır.

Sematik modeller, yalnızca, sistemin öğeleri arasındaki bazı sabit, statik ve özel ilişkileri gösterirler. Gerçek sistemin dinamik durumunu temsil etmezler (95).

Üretim yönetiminin, fabrika düzeni ve yeni mamul geliştirme kararlarında kullandığı fiziksel modeller, temsil ettikleri sistemin genişlik, uzunluk veya yükseklik boyutları hakkında bilgi verirler (96). Gerçek sistemi yansıtacak büyüklükte ve biçimde yapılmaları, ekonomik bir davranış olmaz (97).

Matematik modeller ise, sistemi eşitlik veya eşitsizliklerle gösterirler. Sistem değişkenleri arasındaki niceliksel ilişkiler, deneysel bir anlamda analiz edilebilir. Ayrıca, problemin optimal çözümü bulunabilir (98). Ancak, karmaşık sistemlerde, gerçek durumu, matematiksel ifadelerle tam olarak ortaya koymak çok zordur (99). Bu nedenle, karmaşık sistemlere ilişkin matema-

(95) J. William Gavett, Production and Operations Management, (Harcourt, Brace and World, Inc., 1968), s.56-57.

(96) Edward H. Bowman ve Robert B. Fetter, Analysis for Production and Operations Management, Richard D. Irwin, Inc., 1967), s.25.

(97) Richard J. Hopeman, Production: Concepts Analysis, Control (Charles E. Merrill Books, Inc., Columbus, Ohio, 1965), s.76-77.

(98) Fredrick S. Hillier ve Gerald J. Lieberman, Operations Research (Holden-Day, Inc., 1974), s.620.

(99) Irwine Forkner ve Raymond Mcleod, Computerized Business Systems: An Introduction to Data Processing (John Wiley and Sons, Inc., New York, 1973), s.139.

tiksel sonuçlarda, karmaşıklık oranında bir hata payı kabul etmek gerekir (100). Diğer taraftan, sistemin karmaşıklığı belirli bir düzeyin üstüne çıktığı zaman, artık sistem matematiksel olarak formüle edilemez.

İşte böyle durumlarda -matematiksel olarak formüle edilemeyen karmaşık sistemlerin analizinde- daha esnek bir özelliğe sahip olan, simulasyon modelleri kullanılır (101).

Simulasyon modelleri de matematik modellere benzer bir biçimde, matematiksel eşitliklerle ifade edilebilir (102). Bu özelliği nedeniyle, simulasyon modellerine, matematiksel modellerin özel bir türü olarak bakılır (103). Ancak, simulasyon modelleri, öteki tür matematiksel modellerde olduğu gibi, optimal bir sonuç için eşitlikleri çözme girişimi yerine bir dizi aritmetik denemelerle, değişik koşullar altında, sistem davranışlarını taklit eder (104). Böylece, analistin problemin çözümü konusundaki düşünceleri test edilir ve bu düşüncelere ilişkin sonuçlar açıkça görülür (105). Sözkonusu sonuçların değerlemesi, simulasyon analizinin zorunlu bir parçası olmayıp, analistin kendisine ait bir görevdir (106).

Bu duruma göre "öteki matematiksel yaklaşımlar gibi, problemin çözümünü açıkça göstermediği halde niçin simulasyon modelleri kullanılır?" sorusunun cevaplandırılması gerekir.

(100) Gavett, s.57.

(101) Taha, s.3.

(102) Buffa, Modern..., s.31.

(103) Leonard J.Garrett ve Milton Silver, Production Management Analysis (Harcourt Brace Javonovich, Inc., 1973), s.66. ve Hiller-Lieberman, s.620.

(104) Buffa, Modern..., s.31.

(105) Garrett ve Silver, s.66.

(106) Buffa, Modern..., s.88.

Bu sorunun cevabı açıktır: Simulasyon modelleri, öteki modellerin kullanılamıyacağı problemler için kurulur (107). Bazı durumlarda da, düzenlenmesi ve kullanılması, öteki yöntemlerden daha kolaydır (108). Simulasyon modelleri, kesin ve iddialı sonuçlardan çok istatistiksel tahminler sağlar; alternatiflerin optimalini bulmaktan çok, onları geliştirmeye ve karşılaştırmaya ağırlık verir. Ayrıca, bu yöntem üretim sistemini taklit etmek için kullanılabilir. Aslında, simulasyonun gelecekteki durumu da burada yatmaktadır (109).

Burada, simulasyon analizinin öteki analizlerden farkını, kısaca özetleyebiliriz: Üretim sistemlerinin planlama ve kontrolüne ilişkin değişik çözümlene yöntemleri vardır. İncelenecek olan sistem, öyle karmaşık bir yapıya sahip olabilir ki, analitik bir çözüm elde edilebilecek biçimde, matematiksel eşitliklerle belirlenemez. Diğer taraftan, bu tür sistemler için matematiksel bir model geliştirilse bile, ya analitik çözümünü elde etme olanağı olmayabilir ya da sistemin veya sistem öğelerinin geleceğe ilişkin davranışlarını tahmin etme olanaksızlığı bulunur. Bu tür planlama ve kontrol problemlerini çözmeye başvurulacak tek yöntem, sistemin simulasyonunu yapmaktır (110).

-
- (107) F.C.Jelen, Cost and Optimization Engineering (McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1970), s.164.
(108) Garrett ve Silver, s.66-67.
(109) Buffa, Modarn..., s.88.
(110) Siemens-Marting ve Greenwood, s.153.

IV. SIMULASYON ANALİZİNİN ÜRETİM YÖNETİMİNDEKİ UYGULAMA

ALANLARI

Genel sistem kavramı tanımının kapsamına giren değişik nitelikteki bütün sistemlerin simulasyonu yapılabilir (111). Sosyal ve kültürel sistemin simulasyonu (112), politik sistemin simulasyonu (113), kamu sisteminin simulasyonu(114), ekonomik sistemin simulasyonu (115), milletlerarası ilişkilerin simulasyonu (116), işletmenin simulasyonu (117), pazarlama sisteminin simulasyonu (118), finansal sistemin simulasyonu (119), üretim sisteminin simulasyonu (120) deyimleri, sosyal bilimlerin kapsamına

-
- (111) Hillier ve Lieberman, s.648.
- (112) Bkz.: Robert P.Abelson, "Simulation of Social Behavior" derleyen, G.Lindzey ve E.Aranson, The Handbook of Social Psychology (Addison-Wesley publishers, 1968), s.274-356.
- (113) Bkz.: Rufus P.Browing, "The Interection of Personality and Political System in Decisions to Run for office: Some Data and a Simulation Tecnique", Journal of Social Issues, Cilt. XXIV, No., (1968).
- (114) Bkz.: John P.Crecine, Governmental Problem Solving: A Computer Simulation of Municipal Budgeting (Rand McNally and Co., Inc., Chicago, 1967).
- (115) Irma Adelman "Economic System Simulations" derleyen David L.Sills, International Encyclopedia of the Social Sciences (Crowell Collier and Macmillan, Inc., Cilt XIV, 1968), s.268-273.
- (116) Bkz.: Paul Smoker, "International Relations Simulations", derleyen, Pat Tansey, Aspetes of Simulations in Education (McGraw-Hill, 1970).
- (117) Bkz.: Robert C.Meier, William T.Newell ve Harold L. Pazer, Simulation in Business and Economics (Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 1969).
- (118) Bkz.: Philep Kotler ve Randall L.Schultz. "Marketing System Simulations", The Journal of Business, 43 (Julay 1970), s.237-295.
- (119) Bkz.: James C.Ü.Mao, Quantitative Analysis of Financial Decisions (The Macmillan Company, New York, 1969),s.553-582.
- (120) Bkz.: Robert C.Meier-T.Newell ve Harold L.Pazer, Simulation in Business and Economics (Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 1969).

giren (121) sistem ve alt sistemlerin simulasyon uygulamalarını belirtmektedir.

Simulasyon analizinin üretim yönetimindeki uygulama alanını ise, üretim sistemleri ve bunların alt sistemleri oluşturur (122). Ancak, bu alanlara ilişkin problemlerin yapısı çok karmaşık değilse, öteki yöntemlerin kullanılması, optimal sonucu kolayca vermeleri nedeniyle daha uygun olur (123). Bununla beraber, gerçekte, üretim problemlerinin büyük bir kısmı, karmaşık bir yapıya sahiptir. Matematiksel olarak ifade edilmeleri ya mümkün değildir veya uygun olmaz (124). Böyle durumlarda, başka yöntemlerle kontrol altına alınamaz nitelikteki sistem özelliklerinden birçoğu, simulasyon yöntemi ile kontrol altına alınır (125).

Aşağıda, simulasyon analizini en çok kullanan üretim yönetimi alanlarına kısaca değinmekle yetinilecektir (126).

IV.1. Üretim Sistemlerinin Fiziksel Konumunda

Simulasyon Analizi

İşletme kaynaklarının önemli bir kısmı üretim araç ve gereçlerine yatırılır. Bu kaynakların etkin bir şekilde kullanıl-

(121) Sosyal bilimlerin kapsamı dışında kalan biyoloji, fizik ve mühendislik sistemlerinin simulasyonu konusunda bkz.: J.E. Shigley, Simulation of Mechanical Systems (Mc Graw Hill Book Company, New York, 1967); John R. Raser, Simulation and Society (Allyn and Bacon, Inc., Boston, 1969).

(122) Gelecek yıllarda, tüm üretim sisteminin simulasyonunun yapılabileceği ileri sürülmektedir. Bkz.: Buffa, Modern..., s.11-17.

(123) Taha, s.3; Hiller ve Lieberman, s.620.

(124) Browman ve Fetter, s.415-417.

(125) Van Court Hare, Systems Analysis: A Diagnostic Approach (Harcourt, Brace and World, Inc., New York, 1967), s.358.

(126) Daha ayrıntılı bilgi için, ilgili dipnotlarla işaret edilecek kaynaklara başvurulabilir.

masını belirleyen ögelerden biri de, üretim sisteminin fiziksel düzeninin etken olup olmamasıdır (127). Düzenleme problemleri, her tür işletmeyi ilgilendiren ortak bir sorundur. Bu sorunların çözümünde, değişik bölüm ve fonksiyonların fiziksel uyumuna önem verilmelidir (128).

Üretim sisteminin fiziksel konumuna ilişkin değerlendirme ölçütü, genellikle, maliyet enazlamasıdır. Araç ve gereçler fabrikaya maliyeti enazlayacak biçimde yerleştirilir. Yerleştirmede göz önünde bulundurulacak önemli etkenler sıralama, hammadde akım oranı, akım maliyetleri ve üretim yapılacak salonun uygun olup olmasındır.

Üretim sisteminin fiziksel konumu sorunlarının çözümü analitik olarak yapılabilirse de, bu, uygun bir davranış değildir. Gerçekten de, söz konusu araç ve gerecin değişik biçimde düzenlenmesinden oluşacak sonsuza yakın alternatifin, simülasyon dışında bir analiz yöntemi ile değerlemesinin yapılması akılcı bir davranış olmaz (129). Örneğin, bir işletmedeki 10 iş merkezinin mümkün bütün düzenlemelerinin sayısı 10 faktöriyel, başka bir deyişle 3.628.800'dir (130). 15 iş merkezinin mümkün düzenlemelerinin sayısı ise 6 milyonu aşacaktır. Bu nedenle, her alternatifin ayrı ayrı değerlemesini yapmak uygun bir çözüm olmaz. Bilgisayar simülasyonu, bu tür büyük ve karmaşık problemleri çözmek için en uygun yaklaşım olmaktadır.

(127) Siemens-Marting ve Greenwood, s.164.

(128) Leonard J.Garrett ve Milton Silver, Production Management Analysis (Harcourt Brace Jovanovich, Inc., New York, 1973), s.487-488.

(129) Siemens-Marting ve Greenwood, s.164.

(130) $(1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 \times 6 \times 7 \times 8 \times 9 \times 10) = 3.628.800$.

Bilgisayara girdi olacak veriler, tesadüfi olarak seçilmiş bir ilk düzenlemeden, iş merkezleri arasındaki akım hacmini gösteren bir akım yoğunluk matrisinden ve iş-merkezleri arasındaki taşıma maliyetlerini belirlemek için hammadde yönetimi maliyet matrisinden oluşur (131).

Fiziksel konum sorunlarının çözümü için geliştirilen bilgisayar programlarının en belirginini CRAFT adını taşır. CRAFT, sadece bir tane en iyi sonuç veren öteki matematiksel analizlerin karşısı olarak, çok değişik mümkün çözümler bulmak ve bunları test etmek için kullanılan hesaplamaların programı olan sezgisel bir algoritmadan oluşur (132).

IV.2. Bekleme Hattı (Kuyruk) Sorunlarının Çözümünde

Simulasyon Analizi

İşletmelerdeki işlem merkezlerinde, işlem görmek isteyen değişik ögeler bulunur. Bu ögeler, insanlar, üretim siparişleri, otomobiller, bozuk makineler vb. olabilir (133). İşlem merkezleri ise, işin türüne göre, değişik hizmet gören kişiler, makineler, bakım tezgahları gibi adlar alır (134). (Şekil-6), bir kuyruk sistemini yansıtmaktadır (135). Buna göre işlem için gelenlerin, gelişleri arasındaki zaman, tesadüfi bir değişkendir. Aynı

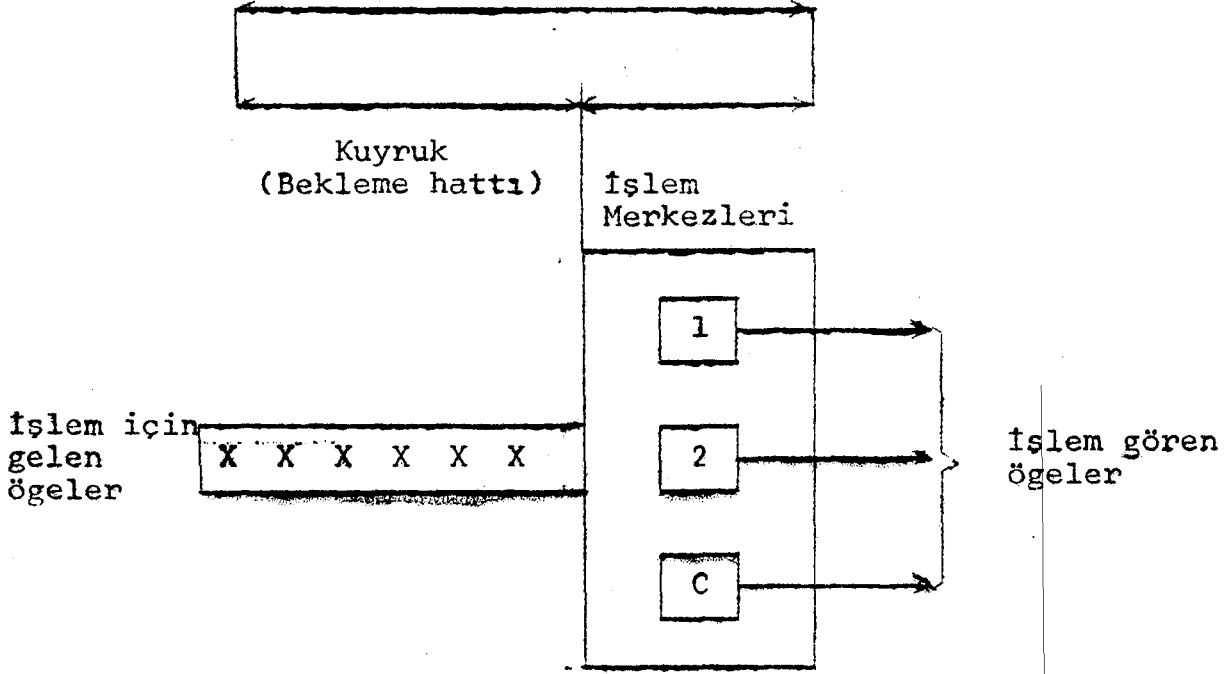
(131) Siemens-Marting ve Greenwood, s.164.

(132) Gordon C.Armour-Thomas E.Wallman ve Elwood S.Buffa "Allocation Facilitates with "CRAFT" derleyen, Elwood S. Buffa, Readings in Production and Operations Management (John Wiley and Sons, Inc., New York, 1966), s.276.

(133) Ayrıntılı bilgi için bkz.: İmdat Kara, Servis Sistemleri ve Gelişler Zamana Bağlı Olduğunda Kapasite Sorununa Matematiksel Yaklaşım: Boğaziçi Köprüsü Uygulama Denemesi (Eskişehir İ.T.İ.A., Yayını, 1976), s.7-11.

(134) Siemens-Marketing ve Greenwood, s.165.

(135) Taha, s.563.



(Şekil-6) C sayıda paralel servise sahip kuyruk sistemi

şekilde, gerekli işlem için geçecek zaman da tesadüfi bir değişken olabilir.

Kuyruk problemlerinin çözümünde amaç, işlem için beklemenin toplam maliyetini ve işlem merkezlerinin boş geçen zamanının toplam maliyetini enazlamaktır (136). Söz konusu maliyetler, gerçek veya beklenen ögelerin, beklemekten bıkmaya nedeniyle sistemden ayrılmaları sonucunda uğranılacak kayıplar, elde stok bulundurma ve stok yönetimi maliyetleri, amortisman ve fırsat maliyetleri, iş bekleyen merkezlerin boş geçirdiği zaman maliyetleridir (137).

(136) James L. Riggs, Economic Decision Models for Engineers and Managers (McGraw-Hill, Inc., New York, 1968), s.319.

(137) Siemens-Marting ve Greenwood, s.165.

Belirli tür tıyruk problemlerini öteki matematiksel yöntemlerle çözüme olanağı vardır. Ancak, bu durumda, kuyruk probleminin yapısı, matematiksel yöntem için zorunlu olan şartlara uygun olmalıdır (138). Söz konusu şartlar varsa, öteki analitik yöntemlerle elde edilen çözüm hem daha dolaysız, hem de daha az masraflı olur (139).

Bununla beraber, karmaşık çok kanallı kuyruk sistemlerinde ya da geliş oranlarına ve işlem zamanlarına ilişkin dağılımları karmaşık tesadüfi değişkenli fonksiyonlardan oluşan kuyruk sistemlerinde, öteki analitik yöntemler yetersiz kalır. Bu gibi durumlarda, tek alternatif, simülasyon yöntemidir (140).

Simülasyonla kuyruk problemlerini çözmek için gerekli girdi bilgileri, şu kalemlerden oluşur: işlem merkezlerine gelişlerin dağılımı, işlem zamanlarının dağılımı, bekleme maliyeti, işlem kanalları kurma ve devam ettirme maliyeti, iş merkezleri ile işlem için gelenler arasındaki ilişki (141) ve kuyruktaki öğelere uygulanacak işlem sırasını belirlemede öncelik sırası(142).

IV.3. Montaj Hattını Dengeleme Sorununda Simülasyon

Analizi

Montaj hattı, üzerinde hammaddenin belirli bir düzende akacağı işlem merkezleri sırasındır (143). Montaj hattını dengeleme

(138) Matematiksel kuyruk modellerinin şartları için bkz.:Riggs, s.321.

(139) Riggs, s.321.

(140) Siemens-Marting ve Greenwood, s.165.

(141) Örneğin, işlem için gelenler, herhangi bir işlem merkezinde işlem görür ya da özel bir grub, belirli bir işlem merkezinde işlem görür.

(142) Örneğin "ilk gelen ilk işlem görür", "en az işlem gerektiren önce işleme tabi tutulur", "en kritik öğeye öncelik verilir", "rastgele işlem görülür" vb.

(143) Siemens, Marting ve Greenwood, s.166.

ise, mamul oluşturmadaki tüm işleri, montaj hattındaki işlem merkezlerine eşit olarak dağıtabilmek sorunudur(144).

Bir mamulün meydana getirilmesinde, çok sayıda, karmaşık, değişik sürelerde tamamlanabilen, birbirine zıt, öncelik sırası değişik vb. işlerin bulunması, işlem merkezlerine eşit olarak dağıtılmaları olanağını ortadan kaldırır. Bu durumda, yapılacak en iyi çözüm, değişik şartlar göz önünde bulundurulularak, işlerin, iş merkezlerine, boş geçen zamanı en azlayacak biçimde yüklenmesidir (145).

İşlerin değişik türde sıralanabilmelerinin sayısı, astromik rakamlara ulaşabildiği için, montaj hattı dengeleme sorunları, genellikle, bilgisayar kullanarak çözülür. Buna rağmen, tek tek her uygun iş sıralamasını değerlemek, gene de mümkün olmaz. Bu güçlüğü gidermek için kullanılan bazı örnekleme süreçleri, işlemleri oldukça azaltır. Bu amaç için hazırlanmış bilgisayar programlarından en belirginini COMSOAL adını taşır (146).

COMSOAL'ın temel ilkesi, çok sayıda mümkün uygun çözümler arasından, optimal çözümü içerme ihtimali 1'e yaklaşacak biçimde, yeteri kadar büyük bir örneğin seçilmesidir. Bunu elde etmek için, bilgisayar, örnekleme kuramı ve Monte Carlo Simulasyon Yöntemi (147), bir araya getirilir (148).

(144) Gavett, s.254.

(145) Siemens-Marting ve Greenwood, s.167.

(146) A.g.k., s.168.

(147) Monte Carlo Simulasyon Yöntemi ilerde açıklanacaktır.

(148) Albert L.Arcus, COMSOAL: A Cumputer Method of Sequencing Operations for Assembly Lines" derleyen Elwood S.Buffa, Readings in Production and Operations Management (John Wiley and Sons, Inc., New York, 1966), s.336.

IV.4. Endüstriyel Dinamik Alanında Simulasyon

Analizi

Bir işletmenin başarısı, onun ögeleri arasındaki karşılıklı etkileşime dayanır. Bu etkileşimin olumlu olup olmadığı, başka bir deyişle, sistemin amaçlarını gerçekleştirip gerçekleştirmediği, kapalı denetim düzeni (feedback) (149) ile anlaşılır.

Endüstriyel dinamik, işletmenin başarısını olumlu yönde geliştirmek için, organizasyon yapısının, politika esnekliklerinin, eylem ve kararlardaki gecikmelerin birbirlerini nasıl etkilediklerini göstermek için yapılan bir kapalı denetim düzeni analizidir (150). Bu analiz, işletmedeki bilgi, para, yönerge, hammadde, personel ve araç-gereç akımları arasındaki karşılıklı etkileşimlerle uğraşır (151). Başka bir deyişle, endüstriyel dinamik, modern yönetime hizmet eden bir sistem analizi yöntemidir. Bu nedenle, işletmeyi inceleyip değerlerken, analiz aracı olarak genellikle bilgisayar simulasyonundan yararlanır (152).

Söz konusu simulasyon uygulamasının amacı, karmaşık bir yapıya sahip olan sistemin değişik koşullar altındaki davranışlarını analiz edip anlamaktır. Simulasyon uygulaması sonucu elde edilen bilgi, üretim yönetimi sistemlerinin başarısını arttıracak biçimde, organizasyonda değişiklikler yapmak ve sistem parametrelerini geliştirmek olanağını sağlar (153).

(149) Bkz.: F.T.Haner ve James C.Ford, Contemporary Management (Bell and Howell Company, Columbus, Ohio, 1973), s.329-330.

(150) Siemens, Marting ve Greenwood, s.169.

(151) Robert A.Olsen, Manufacturing Management: A Quantitative Approach (International Textbook Company, 1968), s.147.

(152) Siemens, Marting ve Greenwood, s.169.

(153) Gavett, s.627.

Bu duruma göre, karmaşık sistemlerin kapalı denetim düzeni- ni kurmak amacı ile formüle edilen Endüstriyel Dinamik, ancak bilgisayar simülasyon analizinden yararlanarak bu amacına ulaşma olanağı bulabilir (154).

IV.5. Bakım ve Tamir Sistemlerinde Simülasyon Analizi

Çağdaş fabrikalarda makina oranının çok yüksek bir düzeyde olması, üretim araç gereçlerinin bakımı ve tamiri konusunu ön plana almayı gerektirmiştir. Makinelerin bozulması, başka bir deyişle, üretim sürecinden bir süre ayrılması, binlerce işgücü saatinin boş geçmesine, hatta fabrikanın tamamen kapanmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle, üretim yöneticisi araç-gereci işler durumunda tutabilmek için, elinden gelen çabayı gösterir (155).

Bu konuda, "önleyici bakım" ve "arıza bakımı" olmak üzere genellikle iki yaklaşım vardır (156). Önleyici bakım, yağlama, temizleme, artıkları toplama gibi işlemleri kapsıyorsa "rutin bakım"; bir gözden geçirme anlamında yapılıyorsa "revizyon" adını alır.

Önleyici bakım ne kadar iyi bir biçimde yapılırsa yapılsın, gene de bazı bozulmalar olur. Bu durumda arıza bakımı söz konusudur.

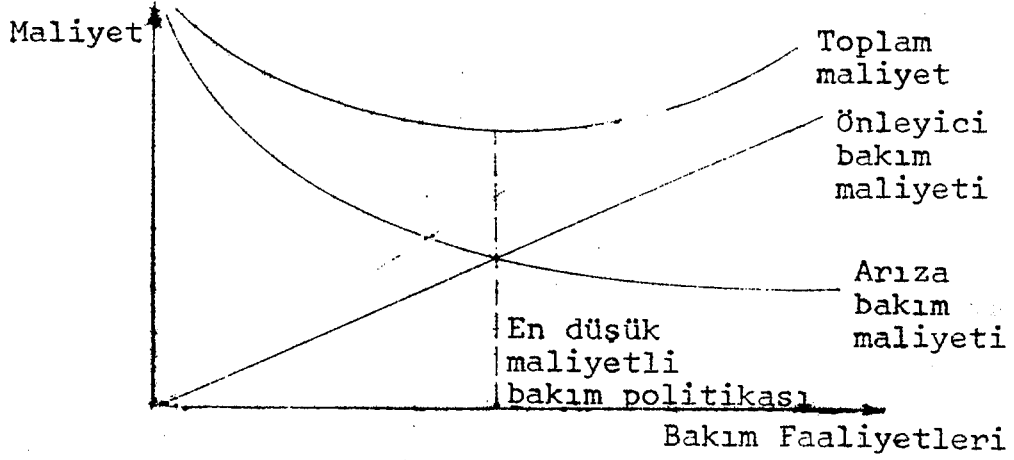
Önleyici bakım ile arıza bakımı arasında oldukça önemli ilişkiler vardır. Bu ilişkiler (Şekil-7)'deki grafikte izlenebilir(157).

(154) Gavett, s.619.

(155) Garrett ve Silver, s.609.

(156) Buffa, Modern..., s.626.

(157) Garrett ve Silver, s.613.



(Şekil-7) Bakım Maliyetleri

Tamir bakım sistemlerinin amacı, toplam bakım maliyetini en azlamaktır. Maliyet enazlamasının, birbiriyle karşılıklı olarak etkileşen üç ayrı yönü vardır (158).

1. Önleyici bakım ile arıza bakımı arasındaki optimal denge- nin kurulması
2. Yapılacak onarımın Kapsamının belirlenmesi (159).
3. Optimal bakım personeli sayısının bulunması.

Bu sorunların çözümü konusunda, birçok alternatif geliştirebilir. Geliştirilen alternatifleri değerlemede kullanılan en etkili yöntem, tamir-bakım sistemini simule etmektir (160). Bu tür bir model kurabilmek için, güvenilir maliyet verilerine, geçmişteki arıza kayıtlarına ve tesadüfi sayılar tablosuna ihtiyaç vardır. Önce, tesadüfi sayılar tablosu ile tesadüfi gözlemler yapacak bir model kurulur. Sonra her alternatif, gerçek hayattaki durumu yansıtacak biçimde yürürlüğe konur. En düşük tamir-bakım

(158) Garrett ve Silver, s.613.

(159) Örneğin, "arızalı bir piston değiştirilirken, kısa bir zaman sonra bozulması mümkün olan parçalar da değiştirilmeli midir?" sorusunun açıklığa kavuşturulması gerekir.

(160) Buffa, Modern..., s.631.

maliyetini veren alternatif seçilir. Bu işlemler bilgisayarda yapılırsa, sonuç çok kısa bir zamanda ve istenilen güvenilirlikte alınabilir.

IV.6. Öteki Simulasyon Analizi Uygulama Alanları

Üretim yönetiminde, yukarıda kısaca değinilenlerin dışında daha pek çok konuda simulasyon analizi yapılmaktadır (161). Çalışmanın hacmini genişleteceği endişesi ile, bunların en yaygınları, sadece maddeler halinde belirtilecek; tartışmaları yapılmayacaktır.

1. Envanter Kontrol Sistemleri (162),
2. Sipariş (Job shop) sistemleri (163),
3. İnsan-Makine sistemleri (164),
4. Kalite Kontrolü sistemleri (165),
5. Tahmin Sistemleri (166).

(161) Sisson, s.30.

(162) Bkz.: Raymond R.Mayer, Production Management (McGraw-Hill, Inc., New York, 1968), s.275-287; Bowman ve Fetter, s.433-443; Thierauf ve Grosse, s.497-500; Harold Guetzkow, Philip Kotler ve Randall L.Schultz, Simulation in Social and Administrative Science: Overviews and Case-Examples (Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs. N.J. 1972), s.416-422; Powell Niland, Production Planning, Scheduling, and Inventory Control: A Text and Cases, (The Macmillan Company, Inc., London, 1970), s.529-531.

(163) Bkz.: Gavett, s.556-568; Russell L.Ackoff, Progress In Operations Research (John Wiley and Sons, Inc., New York, Volume I, 1961), s.398-400.

(164) Bkz.: Gavett, s.293-294; Thierauf ve Gross, s.489-497.

(165) Bkz.: Gavett, s.441-443.

(166) Bkz.: Harold Guetzkow-Philip Kotler ve Randall L.Schultz, Simulation In Social And Administrative Science: Overviews and Case-Examples (Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 1972), s.432-433.

V. SIMULASYON ANALİZİNİN TÜRLERİ

Simulasyon modelleri, çok değişik biçimlerde sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmalardan çoğu, biri ötekini yerine konulabilir nitelikte ise de, hepsini kapsayacak bir sınıflama yapma olanağı yoktur. Bununla beraber, dural-devingen belirli-olasılıklı ve sezgisel biçimindeki ayırım, simulasyon analizinin hemen hemen hepsini belirleyecek bir sınıflama olarak kabul edilebilir (167).

V.1. Devingen (dinamik) Simulasyon Analizi

Herhangi bir durum, sistem analisti tarafından dural (statik) veya devingen olarak ifade edilebilir. Ancak, çoğu analizlerde, sistemin zaman içindeki değişmelerini yansıtan devingen modellerle ilgilenilir (168).

Devingen simulasyon modelleri, model değişkenleri arasındaki zamana bağlı etkileşimler ile ilgili matematiksel modellerdir. Dinamik modellerin en tipik örnekleri, envanter sistemlerinin, kuyruk sistemlerinin, sipariş sistemlerinin, üretim programlamalarının ve tüm işletmenin simulasyon uygulamalarıdır (169).

(167) Siemens, Marting ve Greenwood, s.158; Değişik Simulasyon analizi sınıflamaları için ayrıca bkz.: Julius S.Aronofsky, Progress In Operations Research: Relationship Between Operations Research and the Computer (John Wiley and Sons, Inc., New York Volume III, 1969), s.25-30; Derleyen: Russell L. Ackoff, Progress In Operations Research (John Wiley and Sons, Inc., New York, Volume I, 1961), s.392-405.

(168) Aronofsky, s.25.

(169) Siemens-Marting ve Greenwood, s.163.

V.2. Dural (Statik) Simulasyon Analizi

Dural simulasyon modelleri, zamanın bir fonksiyonu olarak herhangi bir etkileşim niteliği göstermez (170). Başka bir deyişle, dural simulasyon modellerinde, model değişkenleri arasındaki ilişkiler, belirli bir süre için sabit varsayılır (171).

Montaj hattını dengeleme ve işletmenin fiziksel konumunu düzenleme, statik simulasyon modellerinin iki tipik örneğidir.

Gerçekten de, işletmenin fiziksel konumunu belirleme gereksinimleri, en azından, belirli bir süre için statik olarak düşünülme zorundadır. Aynı şekilde, montaj hattında yer alan eylemlerin bileşimi, zamana göre değişmez nitelikte olduğu için bunların analizleri de dural simulasyon modelleri ile yapılır (172).

V.3. Sezgisel Simulasyon Analizi

Bir problemin çözümü için gerekli kural veya süreçlerin işleyişini belirleyen bir dizi tarifeye algoritma denir (173). Algoritma, genellikle sonlu sayıda aşamayı içerir (174). Algoritma aşamalarının belirli bir sayıda olması, problemlere çözüm olanağı sağlar. Başka bir deyişle problemler, belirli bir algoritma uygulanarak çözülür.

(170) A.g.k., s.163.

(171) Giuseppe M.Ferrero di Roccaferreira, Operations Research Models For Business And Industry (South-Western Publishing Company, Cincinnati, Ohio, 1964), s.263.

(172) Siemens-Marting ve Greenwood, s.163.

(173) George K.Chacko, Computer-Aided Decision-Making (American Elsevier Publishing Company, Inc., New York, 1972), s.323.

(174) Elliott I.Organik ve Loren P.Meissner, Fortran IV (Addison-Wesley publishing Company, 1974), s.4.

Algoritmanın tam karşıtı olarak "bulgusal" ya da "sezgisel (heuristic)" diye çevrilebilen deyim kullanılır (175). Bu deyim, henüz gerçek yapısı ve büyüklüğü incelenmemiş sistem problemlerine, adım adım ilerliyerek çözümler araştırarak bir keşif yöntemini belirtmeye çalışır (176). Başka bir deyişle, sezgisel simülasyon modelleri, optimal veya optima en yakın çözümü belirleme çabalarından oluşan sistemli bir deneme-yanılma yöntemini içerir (177). Bu modellerin belirli bir algoritması olmadığı için (178), bu eksikliği deneme-yanılma yöntemi ile gidermeye çalışırlar.

Sezgisel yaklaşımın en tipik örnekleri, montaj hattını dengeleme ile fiziksel organizasyon sorunlarıdır. Fiziksel organizasyon uygulamasında, önce, keyfi olarak, uygun bir çözüm geliştirilir. Bu keyfi çözüm, en iyi çözümleri keşfetmek için, artık daha iyi çözüm olmadığı belli oluncaya kadar adım adım değiştirilir. En sonunda, ortaya konan bu çözümler arasından en iyisi seçilir (179). En iyi çözümün optimal olma zorunluluğu olmadığı gibi, bütün etkenleri göz önüne almış olması da aranmaz (180). Ancak, ussal olarak, söz konusu çözümün optimal olma olasılığı fazladır. Başka bir deyişle, seçilen çözümün optimal olup olmadığını belir-

(175) Chacko, s.327.

(176) G.Polyo, How to Solve It (Doubleday and Company, Inc., New York, 1957), s.112-113 ve ayrıca bkz.: Fred M.Tonge, "The Use of Heuristic Programming in Management Science", Management Science (April, 1971), s.231-237.

(177) Siemens, Marting ve Greenwood, s.163.

(178) Bazı yazarlar, belirli bir algoritması olmadığı için, bu tür bir simülasyon sınıflamasını kabul etmeyerek, konuyu, "Sezgisel Analiz" adı altında ayrıca incelerler. Ayrıntılı bilgi için bkz.: William K.Benton, The Use of The Computer In Planning (Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1971), s.87-99.

(179) Siemens-Marting ve Greenwood, s.163.

(180) Benton, s.87.

layecek bir yol olmadığı gibi, optimal çözümü belirleyecek başka bir yöntem de yoktur (181).

V.4. Belirli (Deterministik) Simulasyon Analizi

Belirli simulasyon modelleri, sistemde herhangi bir tesadüfi ögenin bulunmaması durumunda söz konusudur. Gerçek fiziksel sistemde tesadüfilik bulunsa bile, bu tesadüfi nitelikler, problemin yapısını ve çözümünü kolaylaştırmak düşüncesi ile göz önüne alınmaz (182).

Olasılıklı bir süreç yerine daha basit olan deterministik bir model kullanıldığı zaman, sürecin değişkenliği görmezden gelinir. Tesadüfi değişkenin dağılımı, tüm dağılımların ortalaması, başka bir deyişle, "beklenen değer" olarak işlem görür ve bu değer, şimdi ve ilerdeki tek değer olarak kabul edilir. Tesadüfi değişkenin alabileceği öteki bütün değerler gözden uzak tutulur (183).

Montaj hattını dengeleme, sıralama, şebeke analizi ve fiziksel konum alanlarındaki uygulamalar, deterministik simulasyon analizlerinin örnekleridir (184).

V.5. Olasılıklı (Stokastik) Simulasyon Analizi

Olasılıklı Simulasyon analizinin bir adı da "Monte Carlo Simulasyonu"dur (185). Olasılıklı bir sürecin en belirgin özelli-

(181) Siemens-Marting ve Greenwood, s.163.

(182) A.g.k., s.162.

(183) A.g.k., s.162.

(184) A.g.k., s.162.

(185) Franklin G.Moore, Manufacturing Management (Richard D.Irwin, Inc., Homewood, Illinois, 1969), s.43.

ği, sürecin çıktılarının, başka bir deyişle, sonuçlarının tesadüfi nedenler tarafından belirlenmesidir (186). Bir sistemin çıktısının tesadüfi nedenler tarafından belirlenmesi, söz konusu çıktının ortalama bir değer olması ve tahmini bir değişkenlik göstermesi anlamına gelir. Sürecin ortalama değeri ve değişkenlik düzeyi, olasılık dağılımı ile tanımlanabilir. Olasılık dağılımı, olasılıklı sürecin davranış grafiğini belirler. Başka bir deyişle, olasılık dağılımı, olasılıklı süreci temsil eden bir modeldir.

Olasılıklı simulasyon ya da Monte Carlo Simulasyonu ise, gerçek fiziksel sürecin tamamen aynısı veya en azından onun benzeri olan bir sentetik veri türetme yöntemidir (187). Gerçek sürecin, Monte Carlo Simulasyonu ile tamamen aynısını taklit etmek, gerçek fiziksel süreci temsil eden olasılık dağılımını örnekleyerek elde edilir. Eğer gerçek sürecin (sistemin) modeli, ussal olarak, aşağı yukarı gerçeği yansıtıyorsa ve örnekleme yöntemi tesadüfi ve tarafsızsa, simulasyon süreci sonundaki çıktı, gerçek fiziksel süreçte gözlemlenecek çıktı ile aynı sonuçları verecektir. Eğer simulasyonun çıktısı ile gerçek sistemin gözlemlenmiş çıktısı birbirinden farklı ise, gerçek sistem ile onun modeli arasındaki tutarsızlıkları gidermek için, söz konusu model dikkatli bir analize tabi tutulacaktır (188).

Görüldüğü gibi, yeni geliştirilen sistemlerin ortaya çıkaracağı sorunları önceden kestirebilmek, gerekli önlemleri ya da dü-

(186) Herbert Maisel ve Giuliano Gnugoli, Simulation of Discrete Stochastic Systems (Science Research Associates, Inc., Chicago, 1972), s.14.

(187) Siemens-Marting ve Greenwood, s.158.

(188) A.g.k., s.158.

zeltmeleri gerçek uygulamaya geçmeden önce sağlayabilmek için, gerçeğe benzer bir ortam, olasılıklı simulasyon analizi ile yaratılabilmektedir. "Benzeşim" adı verilen bu tür uygulama da aylarca, yıllarca sürecek bir uygulama sonunda durumun neye varacağını, simulasyonu bilgisayarla yaparak birkaç saatlik, birkaç günlük bir uygulamayla görmek olanağı vardır (189). Bu duruma göre, Monte Carlo Simulasyonu, sistemleri deneme amacı ile kullanılan bir laboratuvar hizmeti görmektedir (190). Daha açık bir deyişle, Monte Carlo Yöntemi, içinde sistem öğelerinin açıkça görülebileceği bir laboratuvar kurma olanağı sağlayan bir yöntemdir (191).

Olasılıklı Simulasyon Analizinin ya da öteki adı ile Monte Carlo Simulasyon Yönteminin bir özelliği de, bütün öteki simulasyon analizi türlerini içerecek nitelikte olmasıdır (192). Bu yüzden, genel simulasyon analizi, anlamlı bir yalınlaştırma ile, çoğu kere, "Monte Carlo Yöntemi" olarak adlandırılır (193). Aslında, herhangi bir deterministik simulasyon modeli, tesadüfi bir değişken ilave ederek olasılıklı (Monte Carlo) bir simulasyon modeline dönüştürülebilir (194). Örneğin, montaj hattını dengelerken, hattaki her bir bireysel işlemi yapmak için gerekli zaman deterministik, başka bir deyişle, sabit bir değer olarak düşünülebileceği gibi, bir olasılık dağılımı olarak da ifade edilebilir (195).

-
- (189) A.Unal Yarimağan, Fortran IV Programlama Dili (Kalite Matbaası, Ankara, 1975), s.17.
(190) Gordon B.Davis, Howard Ambill ve Herbert Whitecraft, "Simulation of Finance Company Operations for Decision Making" Management Technology (December, 1962), s.87.
(191) V.Kerry Smith, Monte Carlo Methods: Their Role for Econometrics (Heath and Company, Lexington Books, 1973), s.1.
(192) Elwood S.Buffa, Operations Management: Problems And Models (John Wiley and Sons, Inc., New York, 1968), s.376.
(193) Norman J.Driebeek, "What Is Operations Research?" Systems and prodedures Journal (November-December, 1965), s.17.
(194) Siemens-Marting ve Greenwood, s.163.
(195) A.g.k., s.163.

Diğer taraftan, olasılıklı simulasyon analizi, gerekli ayrıntıları ile öğrenilince, öteki bütün simulasyon türleri, çağrışım sonucu kendiliğinden öğrenilmiş olur (196). Örneğin, tamir-bakım sistemlerini Monte Carlo Yöntemi ile Simüle eden bir analist, hem alan tahsisi (space allocation) gibi statik bir problemi, hem de envanter kontrolü gibi dinamik bir problemi kolayca simüle etme yeteneğini kazanmış olur (197).

Monte Carlo Yönteminin, simulasyon türlerinden biri olma niteliği, hemen hemen bütün yazarlarca görmezden gelinerek, söz konusu yöntem, dar anlamda "Simulasyon" deyimini yerine kullanılmaktadır (198).

Üretim yönetiminde, olasılıklı simulasyon analizinin bu kadar genel bir kabul görmesini ve dar anlamda genel simulasyon analizi ile eş tutulmasının nedenini, "olasılıklı süreç-üretim süreci" ilişkisinde aramalıdır. Gerçekten de, bazı ayrı durumlarda dışında, tüm üretim sistem ve alt sistemlerinin bazı öğeleri olasılıklı bazı öğeleri deterministik olmasına rağmen, tüm sistemin çıktısı olasılıklı öğeler tarafından etkilendiği için, sistem, bütünüyle olasılıklı süreç olarak kabul edilir (199). Dolayısıyla üretim sistemleri en iyi biçimde, olasılıklı simulasyon modelleri ile taklit edilebilir,

(196) Thierauf ve Grosse, s.504-505.

(197) William A.Spurr ve Charles P.Ponini, Statistical Analysis For Business Decisions (Richard D.Irwin, Inc., Homewood, Illinois, 1973), s.422-423.

(198) Franklin G.Moore, Manufacturing Management (Richard D.Irwin, Inc., Homewood, Illinois, 1969), s.43.

(199) Herbert Maisel ve Giuliano Gnugnoli, Simulation of Discrete Stochastic Systems (Science Research Associates, Inc., Chicago, 1972), s.14.

Olasılıklı Simulasyon Analizinin sözü edilen özellikleri ve üretim yönetimindeki önemi göz önünde bulundurularak, çalışmanın bundan sonraki kısmı, Olasılıklı Simulasyon Analizini ya da öteki adı ile Monte Carlo Simulasyon Yöntemini içerecek biçimde, dar anlamda simulasyon kavramı açısından incelenecektir.

VI. SIMULASYON ANALİZİ GENYÖNTEMİ

Simulasyon Analizi Genyöntemi; bu alandaki yazarlar tarafından, hemen hemen aynı aşamaları izler biçimde, değişik adlar altında sıralanmaktadır (200). Bu değişik tür sıralamaların ışığında, çalışmanın amacına uygun bir simulasyon analizi genyöntemi, on aşamadan oluşturulabilir.

Hem bu aşamaları daha iyi izleyebilmek hem de simulasyon analizinin çok basit bir uygulamasını görmek için, kuramsal bir örnek ele alınacak ve yeri geldikçe üzerinde çalışılacaktır.

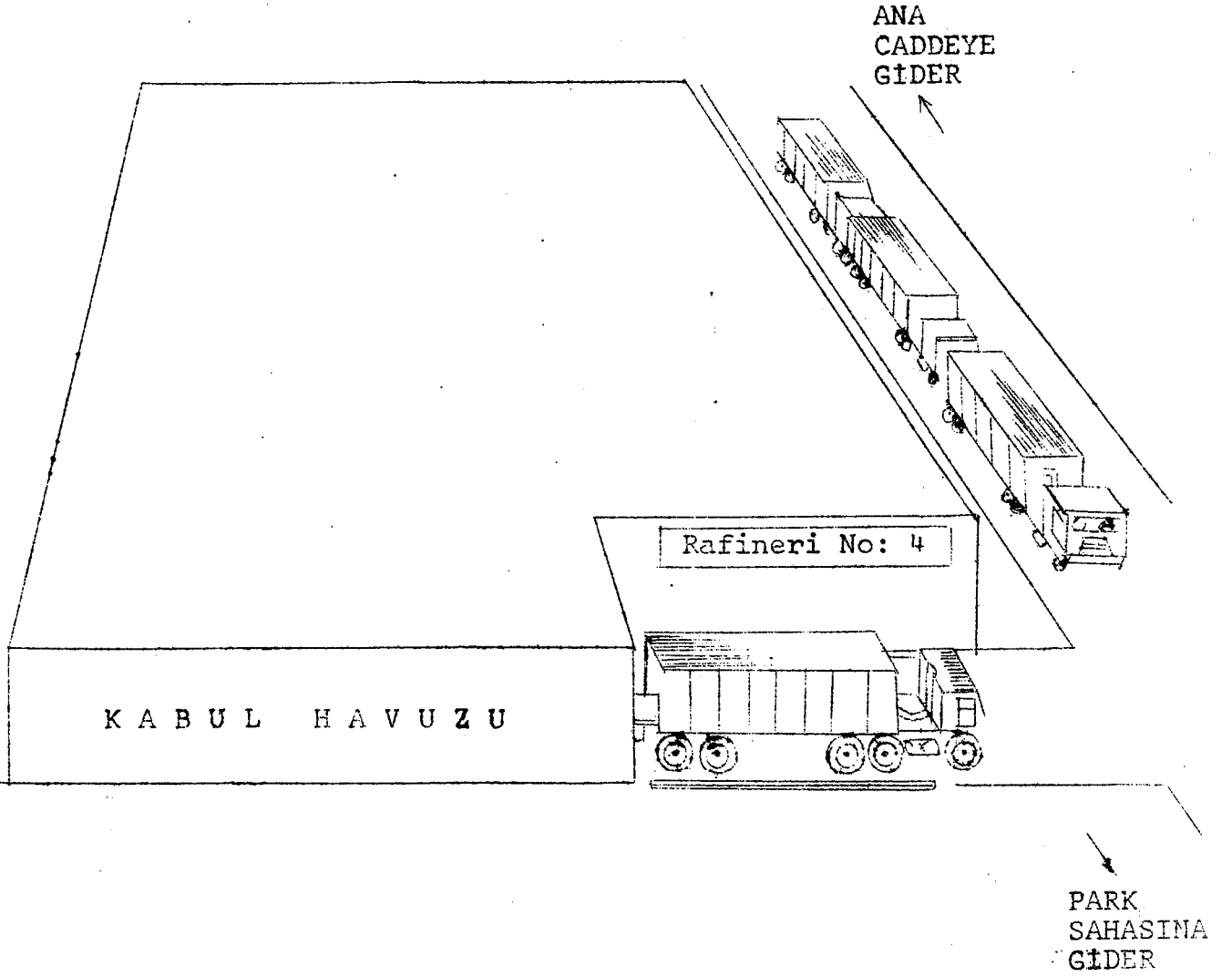
VI.1. Mevcut Sistemin İncelenmesi

Analiz edilecek sistemin bütün ayrıntıları ile kavranması, simulasyon uygulamasının temel sorunudur (201). Sistemin işleyen bir modelinin kurulabilmesi için, bu sorunun en iyi biçimde çözümlenmesi gerekir. Mevcut duruma ilişkin derinlemesine bir inceleme, bu konuda geniş bir tecrübeye sahip olma, ilgili yayınları karıştırma, durumun kavranmasını kolaylaştırır (202).

(200) Bkz.: Sisson, s.52-60; Hillier ve Lieberman, s.624-634.

(201) Sisson, s.52.

(202) A.g.k., s.52.

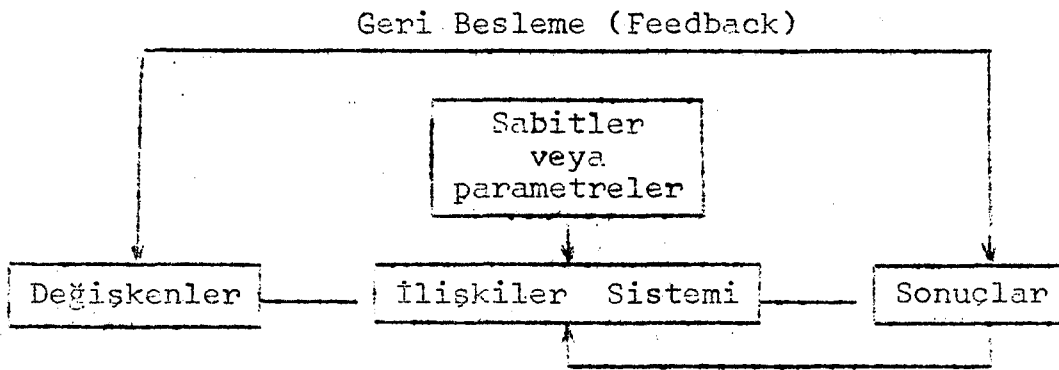


(Şekil-8) Havuza Giriş Düzeni

Simulasyon analizi genyönteminin uygulanacağı kuramsal sistem bir şeker rafinerisi olsun (203). Analist, bu sistemi incelemeye başlamıştır. Rafinerinin, pancar kabulü için sadece bir tek havuzu vardır. Şeker pancarı, şirketin üretim mevsiminde kiralandığı arabalarla, kabul etme havuzuna taşınmaktadır. Şeker pancarını havuza boşaltma işlemleri için işletmeye gerekli olan işgörenin planlanması istenmektedir (204). Söz konusu havuza, aynı anda sadece bir araba yanaşabilmektedir. Boşalması gereken öteki arabalar, fabrikanın özel bir yolunda beklemektedirler. (Şekil-8), şeker pancarının boşaltılacağı havuza arabaların nasıl yanaşacağını göstermektedir.

VI.2. Sistem Modelinin Kurulması

Simulasyon analizinde ikinci aşama, incelenen sistemi yansıtan bir model geliştirmeyi içerir. (Şekil-9), model kurma çalışmalarının günümüzde ulaştığı en son aşamayı göstermektedir(205).



(Şekil-9) Genel Simulasyon Modeli

- (203) Örnek, William L. Berry ve D. Clay Whybark, Computer Augmented Cases in Operations and Logistics Management (South-Western Publishing Co., Cincinnati, Ohio, 1972), s.1-7'deki Case'den yararlanılarak geliştirilmiştir.
- (204) Bu karar sürecindeki amacın değer yaratma; değerlendirilmesinin ise, maliyet enazlaması olacağı açıktır.
- (205) Martin K. Starr, Management: A Modern Approach (Harcourt Brace Jovanovich, Inc., New York, 1971), s.36-37.

Karmaşık sistemlerdeki değişkenler, parametreler ve sonuçlar arasındaki ilişkilerin kavranması, belirlenmesi ve anlaşılması oldukça zordur. Bu zorluk, karmaşık sistemlerdeki dönüşüm ve bilgi akımlarının ileri düzeyde bir tanımının yapılması ile giderilmeye çalışılır (206).

Simulasyon analisti, birinci aşamada, gerçek sistemi ve analizin amaçlarını kavradıktan sonra, model kurma aşamasında gerçek sistemi mantıksal bir akış şeması ile göstermeye çalışır (207). Gerçek sistemin mantıksal bir akış diagramının çizilmesi, sistemi oluşturan temel öğelerin açıkça görülmesini sağlar. Bu nedenle, akış diagramı, simulasyon analizine geçişte bir anahtar rolü oynar (208).

Örnek alınan sistemin akış diagramı, (Şekil-10)'da gösterildiği gibi çizilebilir.

VI.3. Sistem Verilerinin Toplanması

İkinci Bölüm I.1.'de üretim yönetimi kararının beş temel öğeden oluştuğuna değinilmişti. Bu bölümde, bunlardan ilk ikisine (stratejiler ve doğal durumlar) ilişkin verilerin toplanması söz konusudur.

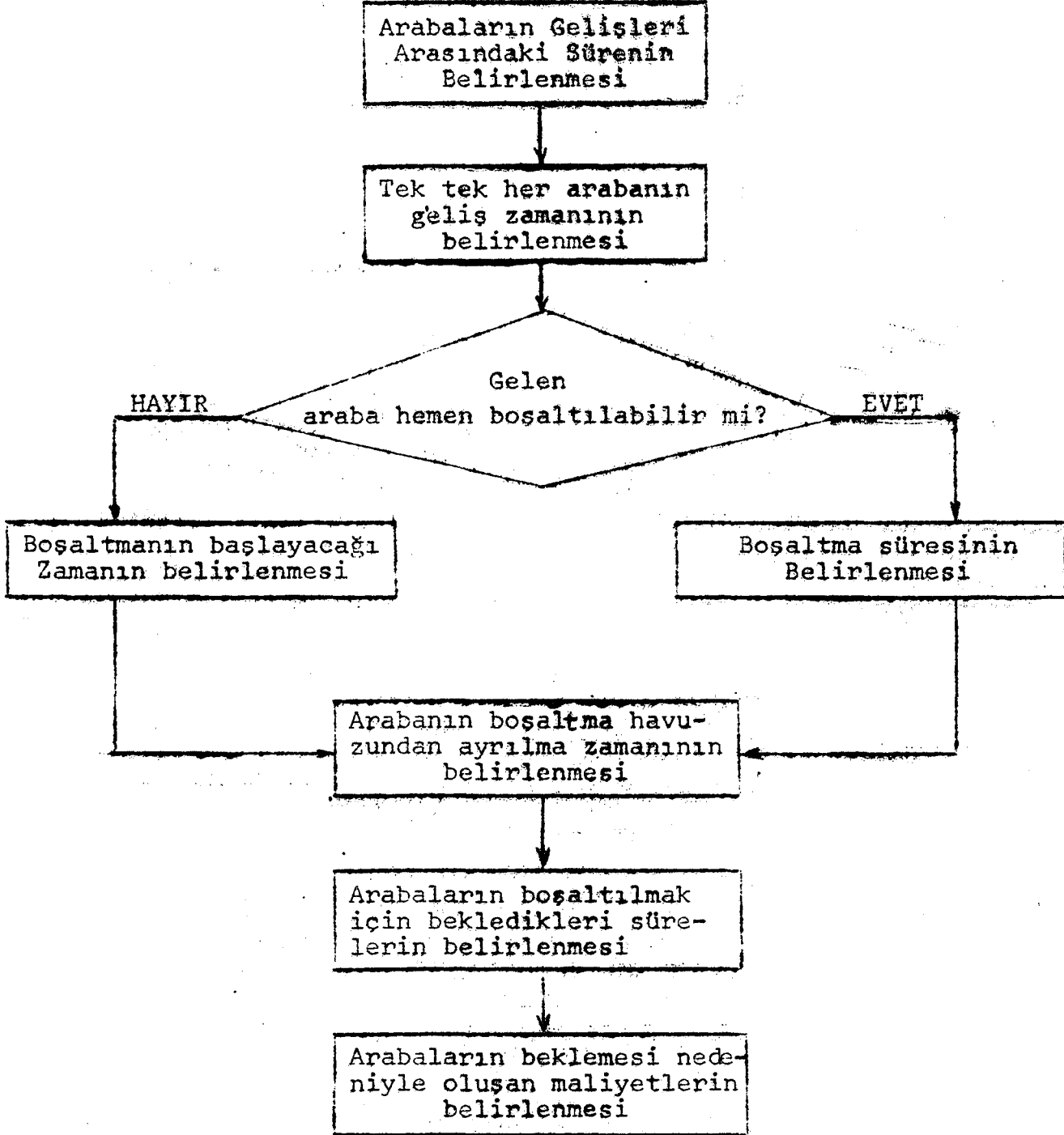
VI.3.1. Doğal Durumlara İlişkin Verilerin Toplanması

Kontrol edilemeyen değişkenlerin oluşturduğu doğal durumlara (state of nature) ilişkin veriler geçmişte tutulan kayıtlar-

(206) A.g.k., s.53.

(207) Hillier ve Lieberman, s.624.

(208) Starr, Management: A Modern..., s.53.



(Şekil-10) Rafineri Sisteminin Akış Şeması

dan veya karar süreci içinde yapılan gözlemlerden elde edilir(209).

Rafinerinin kiraladığı arabaların maliyeti 180 TL./saattir. Üretim yöneticisi, boşaltılmak için sıranın kendisine gelmesini bekleyen arabaların, bu bekleme maliyetinden sorumlu olsun (kolaylık sağlamak için, yönetici, arabalar boşaltılırken geçen süreden sorumlu tutulmayacaktır). Arabalar aynı boyutta ve taşıdıkları yükler birbirine eşittir. Geçmiş tecrübelerine göre, her bir arabanın boşaltılması 1 adam/saat'lik süreyi gerektirmektedir. Bu işlem için gerekli işgücü maliyeti 45 TL./saattir.

Diğer taraftan, söz konusu örneğin akış diagramı incelenirse, kuyruğun iki temel etken altında olduğu kolayca görülebilir (210). Bu etkenler, arabaların rafineriye geliş sürelerini gösteren dağılım ile arabaların ne kadar sürede boşaltıldığını gösteren dağılımdır (211).

100 arabadan oluşan bir örnekte, araba gelişleri arasındaki süre, (Tablo-5)'de gösterilmiştir. Üretim yöneticisinin arabalar boşaltılırken geçen süreden sorumlu olmadığı varsayıldığı için, arabaların ne kadar sürede boşaltıldığını gösteren dağılımı vermekte bir yarar yoktur.

Araba gelişleri arasındaki süre	Araba sayısı
12	20
15	50
20	30

(Tablo-5) Gözlemlenen Araba Gelişleri

- (209) Elias M.Awad, Business Data Processing (Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J. 1971), s.70.
(210) Barry Shore, Operations Management (McGraw-Hill Inc., New York, 1973), s.498.
(211) Bu iki dağılım, teorik karar matrisinin "Doğal Durum" kavramına tekabül eder.

VI.3.2. Stratejilere İlişkin Verilerin Toplanması

Kontrol edilebilir değişkenlerden oluşan stratejilere (veya planlara) ilişkin veriler, beşinci karar ögesi olan "karar kriteri"nin ışığında belirlenir.

Örnek alınan sistemin amacı, işgücü maliyeti ile araba kirası maliyetleri arasındaki dengeyi sağlayacak işgören miktarını bulmaktır. Araba boşaltıcı işgören miktarını arttırma rafinerinin işgücü maliyetlerini arttırır. Ancak, bu artan maliyet, boşaltma sürecini hızlandırarak ve arabaların bekleme sürelerini kısaltarak rafinerinin araba kirası maliyetlerini azaltır (212).

İlk bakışta, bu rafineri için, başabaş noktasını sağlayacak miktarın, mümkün bütün işgören sayısını tek tek denemekle bulunacağı düşünülebilir. Başka bir deyişle, bu örnek için üretim yöneticisi, sonsuza yakın strateji geliştirebilir. Ancak, araba gelişleri arasındaki süreyi gösteren tablo daha yakından incelenirse, karar için sadece iki stratejinin denenmesinin yeterli olduğu görülür (213).

Arabalar 12, 15, ve 20 dakikalık aralarla gelmektedirler. Başka bir deyişle, bir saatte 3, 4 veya 5 araba gelmektedir. Her bir arabanın boşaltılması, 1 adam/saatlik işgücünü gerektirdiği için, belirli bir saatte, kabul etme havuzunda 3, 4 veya 5 adam/saatlik işgücüne ihtiyaç olacaktır. Belirli bir saatteki maksimum işgücü ihtiyacı 5 adam/saat olduğu için, 5 işgören, araba bekleme süresi oluşturmaksızın arabaları boşaltabilecektir. Bu

(212) Berry ve Claywhybark, s.3.

(213) A.g.k., s.4.

duruma göre, araba bekleme maliyetinde bir azalma yapmadığı halde işgücü maliyetini arttıracacağı için, 5 işgöreni aşan alternatiflerin denenmesi gereksizdir.

Diğer taraftan, 1, 2 ve 3 işgörenden oluşan alternatiflerin denenmesi de gereksiz olacaktır. Gerçekten de, bir saatte ortalama olarak 3,9 araba gelmektedir (214). 0 halde, bir saatte 3 adam/saatlik işten daha fazla bir iş olacaktır. Bu nedenle, 1, 2 ve 3 işgörenden oluşan alternatifleri denemek, bir bakıma gereksiz bir çaba olacaktır. Başka bir deyişle, 4'den daha az bir işgören miktarı, hergeçen saat gittikçe daha artan bir oranda araba kuyruğu oluşmasına neden olacaktır. Bir saatte 3,9 araba geldiği ve 3,9 arabanın 3,9 adam saat'te boşaltılabileceği halde, elde en çok 3 işgören bulunacaktır.

Buraya kadar yapılan inceleme sonuçlarına göre, 4 veya 5 işgörenden oluşan iki stratejinin denenmesi ve sonuçlarının karşılaştırılması, sorunu çözecektir (215). Ancak biraz daha dikkat edilirse, 5 işgörenden oluşan stratejinin, hiçbir kuyruk oluşturmayacağı görülür. Şu halde, bu alternatifi doğrudan doğruya değerlendirme olanağı vardır. 5 işgörenin işgücü maliyeti, 225 TL./saat olacaktır. Kuyrukta bekleme maliyeti (boş geçen zaman) sıfır olacağı için, 225 TL.'sı 5 işgören alternatifinin bir saatlik toplam maliyeti olacaktır. Şu halde, sadece 4 işgörenlik alternatifi deneyerek, 1 saatlik toplam maliyetini görmek ve bunu 225 TL.'sı

<u>(214) Bir saatte gelecek araba sayısı</u>		<u>Bekleme ihtimali</u>		<u>Beklenen değer</u>
5	x	0,20	=	1,0
4	x	0,50	=	2,0
3	x	0,30	=	0,9
Toplam beklenen değer				3,9

(215) Berry ve Claywhýbark, s.5.

ile karşılaştırmak verilecek karar için yeterli olacaktır. Eğer, denenecek alternatifin işgücü maliyeti ile kuyruk maliyeti toplamı 225 TL.'dan az ise, bu alternatif seçileceği için, 4 işgören-den oluşan stratejinin uygulanması gerekecektir.

VI.4. Doğal Durumlara İlişkin Olasılık Dağılımlarının Bulunması

İkinci bölümde, "Karar Matrisi"nin "Doğal Durum" satırını oluşturabilmek için, sözkonusu doğal duruma ilişkin tahminlerin yapılması gerektiğine değinilmişti. Adındanda anlaşılacağı gibi, Olasılıklı Simulasyon Analizinde, durumun ne olacağı kesinlikle bilinemeyeceğinden, doğal durum 1 değeri ile ifade edilemez. Bunun yerine, doğal durum, toplamları 1 olacak biçimde olasılık dağılımları ile belirtilir.

Simulasyon analizindeki dağılımların, kuramsal veya matematiksel dağılımlarla çok kesin bir ilişkisi yoktur. Sözkonusu dağılımlar, sadece "tecrübi dağılım" adı verilen gerçek gözlemlere dayanır (216).

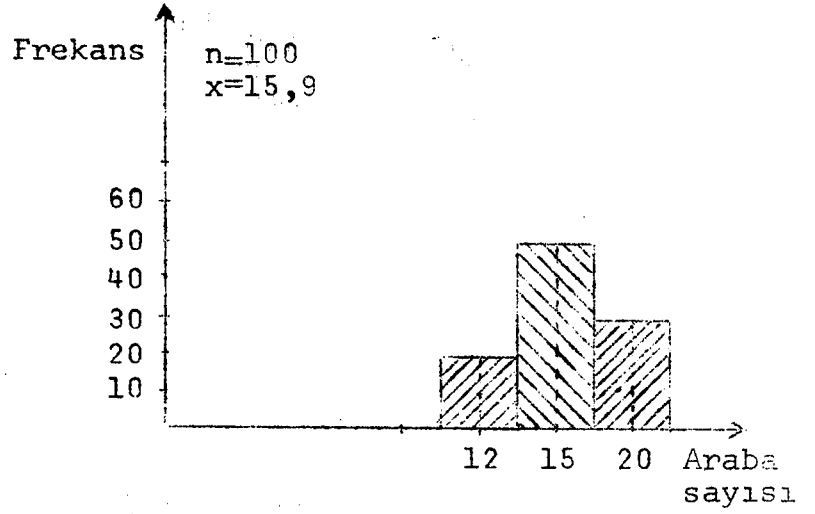
Arabaların rafineriye geliş sürelerini gösteren dağılımın, 100 arabadan oluşan bir örneğin gözlemlenmesiyle elde edildiği belirtilmişti. (Tablo-5)'de verilen bu dağılıma dayanarak, dağılım yüzdeleri kolayca bulunabilir. (Tablo-6) ve (Şekil-11)'de, söz konusu olasılıklar, hem tablo hem de grafik (217) olarak gösterilmiştir.

(216) Maisel ve Gnugnoli, s.41-42.

(217) Simulasyon analizindeki dağılım yüzdelerinin grafiklerle gösterilmesi konusunda bkz.: Elwood S. Buffa, Operation Management: Problems and Models (John Wiley and Sons, Inc New York, 1972), s.522-537.

Süre (dakika)	Olasılık
12	0,20
15	0,50
20	0,30

(Tablo-6) Araba gelişleri arasındaki süre olasılığı



(Şekil-11) Araba gelişleri arasındaki süre olasılığı

VI.5. Olasılık Dağılımlarının Kümüle Edilmesi

Geliştirilen stratejileri, değişik doğal durumlar altında deneyebilmek için, bir sonraki aşamada incelenecek olan tesadüfi sayıların gözlemsel değerlere dönüştürülmesi gerekir (218).

Bu dönüşüm, bir önceki aşamada bulunan olasılık dağılımlarını, kümülatif olasılık dağılımlarına çevirmekle elde edilir (219):

(Tablo-7) ve Şekil-12)' de, gelişler arasındaki sürelerle ilişkin kümülatif olasılık dağılımları gösterilmiştir. Grafiğin ordinatındaki kümülatif frekanslar, maksimum değere 100 sayısı verilerek sağ tarafta kümülatif yüzdelere dönüştürülür (220).

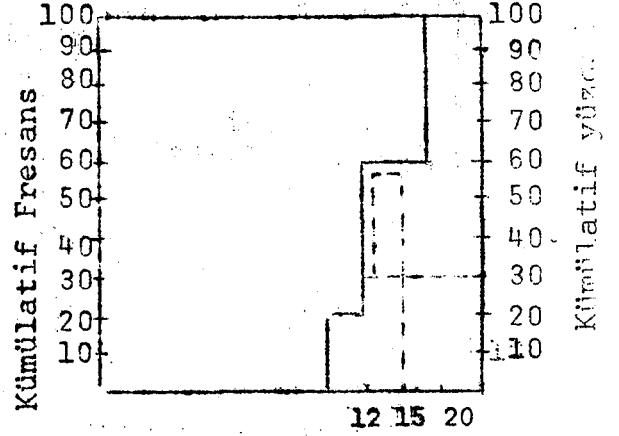
(218) G.Arthur Mihram, Simulation: Statistical Foundation and Methodology (Academic Press, Inc., New York, 1972), s.102.

(219) Hillier ve Lieberman, s.625.

(220) Buffa, Operations Management ..., s.522.

Süre (dakika)	Olasılık	Kümülatif Olasılık
12	0,20	0,20
15	0,50	0,70
20	0,30	1,00

(Tablo-7) Gelişler Arasındaki Sürelerin Kümülatif Olasılığı



(Şekil-12) Gelişler Arasındaki Sürelerin Kümülatif Olasılığı

VI.6. Tesadüfi Sayıların Oluşturulması

Bir simulasyon modelinin işlerlik kazanması, kümülatif olasılık dağılımından tesadüfi gözlemler elde etmeye bağlıdır. Bu tesadüfi gözlemler, tesadüfi sayılar tablosu yardımı ile elde edilir (221).

Bir tesadüfi sayılar tablosu yapabilmek için en kolay yol sudur (222): 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 rakamları ayrı ayrı kartlara yazılır ve kartlar bir torbaya konur. Karıştırılan torbadan bir kart çekilir ve üzerindeki rakam kaydedilir. Çekilen kart tekrar torbaya konur ve tekrar bir kart çekilir, üzerindeki rakam hazırlanan tablonun ikinci rakamı olur. Aynı işlem çok sayıda tekrarlanarak tablo meydana getirilir. Elektronik makinalar (computer) kullanılarak bu işlem çok daha süratle yapılabilir(223).

(221) Hillier ve Lieberman, s.625.

(222) Tesadüfi sayılar tablosu hazırlama yöntemleri konusunda bkz.: G.Arthur Mihram, s.44-56.

(223) İlhan Cemalcılar, Pazarlama Araştırması (Başnur Matbaası, Ankara, 1969), s.62.

(Tablo-8), elektronik rulet çarkı ile hazırlanmış bir tesadüfi sayılar tablosunun ilk beş satır ve sütunluk kısmını göstermektedir (224). (Tablo-8)'in orijinali olan "RAND Corporation's tables (1955)" (225); birçok yazar tarafından tesadüfi sayılar tablolarının en iyilerinden biri olarak kabul edilmektedir (226).

14541	36678	54343	94932	25238
88626	98899	01337	48085	83315
31466	87268	62975	19310	28192
53738	52893	51373	43430	95885
17444	35560	35348	75467	26026

(Tablo-8) Tesadüfi sayılar tablosu

VI.7. Kümülatif Olasılık Dağılımlarından Tesadüfi Gözlemlerin Elde Edilmesi

Simulasyon genyönteminin bu aşamasında, simulasyonun işlemesine temel teşkil edecek olan tesadüfi gözlemler elde edilir. Bu gözlemleri elde etmek için, sıfır ile yüz arasındaki sayıların tesadüfi olarak seçilmesi gerekir. Tesadüfi sayılar, herhangi bir tesadüfi süreçle seçilebilirse de, en kolay yol, tesadüfi sayılar tablosu kullanmaktır (227).

(224) Tablonun Tamamı için bkz.: W.J.Fabrycky-P.M.Ghare ve P.E. Torgersen, Industrial Operations Research (Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 1972), s.538-539.

(225) Bkz.: RAND Corporation, A Million Random Digits with 100.000 Normal Deviates (The Free Press, New York, 1955), s.130-131.

(226) Mihram, s.55.

(227) Buffa, Operations..., s.523.

Seçilen tesadüfi sayılar ile kümülatif ihtimal dağılımı arasında ilişki kurularak tesadüfi gözlemler elde edilir (228). Örneğin, (Tablo-9)'da böyle bir ilişki kurulmuştur.

Süre (dakika)	Olasılık	Kümülatif Olasılık	Tesadüfi Sayılar
12	0,20	0,20	00-19
15	0,50	0,70	20-69
20	0,30	1,00	70-99

(Tablo-9) Araba Gelişleri Arasındaki Süreyi Bulmak İçin Uygulanacak Tesadüfi Sayılar.

Bu durumda, 00 ile 19 arasındaki tesadüfi sayıların gelme olasılığı % 20 ve bunlardan herhangi biri çekilirse, araba gelişleri arasındaki süre 12 dakikadır. Aynı şekilde, 20-69 sayılarının çekilme olasılığı % 50 ve bu sayılardan biri çekilirse, gelişler arasındaki süre 15 dakikadır, 70-99 sayılarının çekilme olasılığı ise %30 ve bu sayılardan biri çekilirse, gelişler arasındaki süre 20 dakikadır.

Tesadüfi sayılar tablosundaki rakamlar tek tek, ikişer ikişer, üçer üçer, vb... bir sıra izlenerek alınabilir (229). Bu rakamların çekilme olasılıkları eşittir (230). Yeterki ilk başta izlenen sıra ve usul, sürecin sonuna kadar aynı şekilde devam ettirilsin.

(228) Berry ve Whybark, s.6.

(229) Tesadüfi Sayılar Tablosunun kullanılması konusunda bkz.: Cemalcılar, s.64-65.

(230) Bkz.: Mihram, s.32-56.

Tesadüfi sayılar tablosundan, sıra ile ikişer ikişer ve bir sütun izlenerek 80, 71, 03, 85, 69, 65, 09, 33, 18 ve 97 sayıları seçilmiştir. Buna göre, ilk 10 arabanın arka arkaya gelişleri arasındaki süre, (Tablo-10)'da gösterilmiştir.

(Şekil-12)'deki kümülatif ihtimal grafiği kullanılarak, tesadüfi gözlemler, daha kolay ve hatasız olarak elde edilebilir. Bunun için, çekilen tesadüfi sayı, grafiğin sağ tarafında bulunur. Bulunan bu sayıdan sol tarafa doğru çıkılacak dik doğrunun kümülatif grafiğe çarptığı noktanın bulunduğu sütun aranılan tesadüfi gözlem sütunudur. Örneğin, çekilen tesadüfi sayı 30 ise, buradan sola çıkılacak dik doğru, 15 dakikalık gelişleri gösteren sütuna çarpar.

Araba Sayısı	Tesadüfi Sayı	Araba Gelişleri Aralarındaki Süre
1	80	20
2	71	20
3	03	12
4	85	20
5	69	15
6	65	15
7	09	12
8	33	15
9	18	12
10	97	20

(Tablo-10) Araba Gelişleri Arasındaki Süre

VI.8. Sistemi Simule Ederek En İyi Çözümün Araştırılması

Simulasyon genyönteminin bu aşamasında, gerçek sistemin önceki aşamalarda kurulan modeli, belirlenen tesadüfi gözlem ve

stratejilere göre simule edilir. Başka bir deyişle, gelecekte değişkenlerin ne değer alacağı belirlenmiş uygulanabilecek stratejiler geliştirilmiş, sıra artık belirli stratejilerin uygulanması halinde sonucun ne olacağını bulunmasına gelmiştir. Bunun için, her alternatif ayrı ayrı denenir. Deneme, gerçek üretim sürecindeki işlemler aynen taklit (simule) edilerek yapılır.

Alternatiflerin denenmesi ve dolayısıyla değerlendirilmesi, ya elle hesaplama yaparak ya da bilgisayar kullanarak gerçekleştirilir.

VI.8.1. Elle Hesaplama Yaparak En İyi Çözümün Araştırılması

Bir simulasyon sürecinin esasını ve işleyişini anlamanın en iyi yolu, onu elle yapmaktır (231). El simulasyonu yapabilmek için, bir simulasyon formu hazırlamak gerekir. (Tablo-11), örnek alınan Pancar Rafineri Sistemini simule etmek için hazırlanmış bir simulasyon formudur (232).

(Tablo-11)'de, tek tek her arabanın geliş zamanı, tesadüfi gözlemlerle elde edilen araba gelişleri arasındaki sürelerin birbirine eklenmesiyle elde edilmiştir. Örneğin, ilk iki tesadüfi sayı 80 ve 71 olduğu için iki araba 20'ser dakika ara ile gelecektir. İlk araba sabah saat 8.20'de, ikinci araba ise 8.40'da gelecektir. Dört işgören olduğu için, her bir araba 15 dakikada boşaltılabilecektir. Bu nedenle, ilk iki araba hiç beklemeden

(231) Hare, s.360.

(232) Berry ve Why bark, s.7.

Araba Numarası	Tesadüfi sayı	Araba Ge- lişleri arasındaki süre (dakika)	Arabanın geliş za- manı(da- kika)	Boşaltmanın başlayacağı zaman (dakika)	Boşaltma Süresi (dakika)	Boşalan arabanın ayrılma zamanı (dakika)	Arabanın bekleme süresi (dakika)	Arabanın bekleme maliyeti (TL.)
1	80	20	20	20	15	35	0	0
2	71	20	40	40	15	35	0	0
3	03	13	52	55	15	70	3	9
4	85	20	72	72	15	87	0	0
5	69	15	87	87	15	102	0	0
6	65	15	102	102	15	117	0	0
7	09	12	114	117	15	132	3	9
8	33	15	129	132	15	147	3	9
9	18	12	141	147	15	162	6	18
10	97	20	161	162	15	177	3	9
							<u>16</u>	<u>48</u>

(Tablo-11) Dört-işgören Alternatifinin Simülasyonu

boşaltılmaya alınabilecektir. Üçüncü araba, daha ikinci arabanın boşaltılması bitmeden geldiği için, 3 dakika bekleyecektir.

Dört işgören alternatifine göre, sistemin üç saat işletilmesinin simulasyon sonucu, beş-işgören alternatifi ile karşılaştırılmalıdır.

Beş-işgören alternatifinde, bir saatlik toplam maliyet 225 TL. olarak hesaplanmıştı (233). Oysa, dört-işgören alternatifinde üç saatlik bekleme maliyeti 48 TL. ve dolayısıyla bir saatlik bekleme maliyeti 16 TL.'dir. Buna dört işgörenin bir saatlik işgücü maliyeti eklenirse, bir saatlik toplam maliyet $16+180=196,-$ TL. olur. Bu duruma göre, maliyet açısından en düşük tutarı veren dört-işgören kullanmayı öngören alternatif seçilecektir.

VI.8.2, Bilgisayar Kullanılarak En İyi Çözümün Araştırılması

Bilgisayar Simulasyonu, üretim yöneticisi için tam anlamıyla bir deney laboratuvarı hizmeti görür (234). Gerçekten de, alternatiflerin el simulasyonu yerine, bilgisayar simulasyonu ile denenmesi, çok kısa bir sürede, bütün sonuçları görme olanağı verir (235). Daha açık bir deyişle, simulasyonu bilgisayarla yapmak, bir taraftan elle yapılan işlemlerin sıkıcılığını, zaman alıcılığını, hata olasılığını önlerken, diğer taraftan yöneticileri bu tür karar almaya özendirir (236).

(233) Bkz.: Bu çalışma, s.69.

(234) Buffa, Modern..., s.89.

(235) Awad, s.18.

(236) James B.Boulden, Computer-Assisted Planning Systems: Management Concept, Application, and Implementation (McGraw-Hill, Inc., New York, 1975), s.78 ve 94.

Simulasyonu bilgisayarla gerçekleştirebilmek için, sistemin akış diagramını herhangi bir program diline aktarmak gerekir (237). Bunun için, simülasyon analisti bir simülasyon programını yazmalıdır (238).

Simülasyon programları yazmak için COBOL (Common Business Oriented Language) (239), FORTRAN (FORMula TRANslator) (240) gibi genel bilgisayar dilleri kullanılabilir. Bu arada, sadece simülasyon analizi yapmak için geliştirilmiş özel bilgisayar dilleri de vardır (241). Bunların içinde en çok kullanılanları, GPSS (General Purpose Simulation System) (242) ve SIMSCRIPT (A Simulation Programming Language) (243) dir (244).

Bütün bunların dışında, ayrıca, tek tek her üretim alt sistemi için geliştirilmiş simülasyon paket programları vardır. Özel bir kod numarası ile bilgisayara yüklenen bu programlar, gerektiği zaman bu kod numarası ile bilgisayar hafızasından çağrılır ve kartlara geçirilmiş bilgilerin analiz sonuçları rapor halinde elde edilir.

(237) Gavett, s.105.

(238) Hillier ve Lieberman, s.632.

(239) Ayrıntılı bilgi için bkz.: Awad, s.414-446.

(240) Ayrıntılı bilgi için bkz.: Elliott I.Organick ve Loren P. Meissner, FORTRAN IV (Addison-Wesley Publishing Company, Inc., London, 1974).

(241) Özel diller konusunda ayrıntılı bilgi ve karşılaştırma için bkz.: Howard S.Krasnow ve Reino A.Merikallio, "The Past, Present, and Future of General Simulation Languages" Management Science, November, 1964, 11 (2) : 236-267.

(242) Bkz.: Hare, s.390-393.

(243) Ayrıntılı bilgi için bkz.: H.M.Markowitz, B.Hauser ve H.W. Karr, SIMSCRIPT: A Simulation Programming Language (Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. 1963).

(244) Özel simülasyon programlama dilleri için ayrıca bkz.: Naylor-Balintfy-Burdick ve Chu, a.g.k.; McMillan-Gonzales, a.g.k.; D.N.Chorafas, Systems and Simulation (Academic Press, New York, 1965).

Örnek rafineri sistemini taklit etmek için bilgisayar programlanmak istendiğinde, bilgisayarın hafıza birimine araba gelişleri arasındaki sürelerin kümülatif dağılımı yüklenir. Bilgisayara tesadüfi sayılar çektirtilip, arabaların gelişleri arasındaki süre buldurulur. Daha sonra, elle yapılan işlemler, gerekli aktarma, giriş/çıkış, kontrol ve bildiri deyimleri (245) ile bilgisayara yaptırılır.

VI.9. Etkinliğin Araştırılması

Simulasyon analizinin bu evresinde, yapılan simulasyonun etkinliği araştırılır. Bunun için, simulasyon denemelerinin ayrıntılı bir analizine gidilir. Fazla ayrıntılara girmek iyidir. Ancak, bu durum, hem bütünün gözden kaçmasına, hem de gereksiz zaman kaybına sebep olur. Bu bakımdan, etkinliğin araştırılmasında şu iki etkenin gözönünde bulundurulması yeterlidir (246).

1. Herhangi bir sürecin parametre tahminleri (örneğin araba bekleme süreleri) yapılan simulasyonun uzunluğu tarafından etkilenir. Simulasyonun işleyişi ne kadar uzun olursa, elde edilen sonuçlar da o kadar sağlıklı olur. Uzun simulasyonlar, analiz edilen sistemin gerçek işleyişini daha iyi taklit eder. Örneğin, incelenen Rafineri Sisteminde 10 araba gelişleri ile yetinilemeyip 100, 200, 300,..... arabanın gelişleri denenseydi, daha iyi parametre tahmini yapılmış ve daha güvenilir bir sonuç alınmış olurdu. Ancak, bu durumda, daha fazla hesaplama yapılacağı da açıktır.

(245) Söz konusu programlama deyimleri için bkz.: Awad, s.415-530.

(246) Berry ve Whybark, s.7.

2. Seçilen tesadüfi sayılardaki veya maliyet parametrelerindeki değişmelere göre, sonuçların duyarlılığının (the Sensitivity of the results) hassas olup olmadığının araştırılması gerekir. Eğer, tesadüfi sayılardaki veya maliyet parametrelerindeki çok küçük değişmeler karşısında, analiz sonuçlarında çok büyük farklar oluyorsa, problemin çözümü için öteki bazı tekniklere de başvurmak gerekebilir.

VI.10. Geçerliliğin Araştırılması

Simulasyon analizi genyönteminin son aşaması, analizi yapılan sistem modelinin geçerli olup olmadığını araştırmaktır.

Eğer kurulan model, sistem davranışlarının güvenilir bir tahminini verebiliyorsa, geçerli bir modeldir (247).

Bilindiği gibi, her simulasyon modeli çok sayıda değişken, kural ve mantıksal bağıntıdan meydana gelir. Bireysel ögeler dikkatle test edilmiş olsa bile, gene de, gözden kaçmış önemsiz unsurların kümülatif etkisi, model sonuçlarını bozabilir (248). Başka bir deyişle, simulasyon modeli sonuçları ile uygulamadan alınan sonuçlar arasında büyük sapmalar olabilir. Bu nedenle, niceliksel analiz sonuçları ile niteliksel etkenler arasında denge sağlayabilecek bir hareket tarzı araştırılmalıdır (249).

(247) Taha, s.8.

(248) Hillier ve Lieberman, s.633. Ayrıca bkz.: Cemalcılar, s.61.

(249) Buffa, Modern..., s.73. Ayrıca bkz.: Cemalcılar, s.122-124.

Niceliksel analiz sonuçlarında bir hata olup olmadığı araştırılmak istenirse, çeşitli istatistik testlere (250) başvurulabilir (251). Diğer taraftan, niteliksel etkenlerin olumsuz etkilerini önleyebilmek için "Karar Almada Tecrübi Yaklaşım" yararlı olur. Ayrıca bu konuda "Endüstriyel Psikoloji" (252) bulgularından da geniş ölçüde yararlanılabilir.

-
- (250) "İstatistik Testler" konusunda bkz.: William A. Spurr ve Charles P. Bonini, Statistical Analysis For Business Decisions (Richard D. Irwin, Inc., London, 1973), s.225-282. Kenan Ural, s.136-173.
- (251) Hillier ve Lieberman, s.633.
- (252) "Endüstriyel Psikoloji" bulguları için bkz.: Mustafa Dilber, Yönetmel ve Örgütsel Etkililiğe Davranışsal Yaklaşım (Boğaziçi Üniversitesi Basımevi, İstanbul, 1976).

D Ö R D Ü N C Ü B Ö L Ü M

TÜRKİYE'DEKİ ÜRETİM YÖNETİMİ DÜZEYİ VE BİR BİLGİSAYAR SİMULASYONU

Üretim yönetimi açısından geliştirilen simülasyon modelinin Türkiye'deki işletmeler için irdelemesi, gerçek bir sistem üzerinde yapılacaktır. Ancak, gerçek sistemle ilgili uygulamaya girmeden önce, Türkiye'deki işletmelerin üretim yönetiminde ulaşabildikleri düzeyi belirlemekte yarar vardır. Bu yarar da göz önünde bulundurularak yeni bölüm, "Türkiye'deki Üretim Yönetimi Düzeyi", "ELMS'de Simülasyon Uygulaması" ve "Uygulamanın İrdelenmesi" alt başlıkları ile ortaya konulacaktır.

I. TÜRKİYE'DEKİ ÜRETİM YÖNETİMİ DÜZEYİ

Türkiye'deki üretim yöneticilerinin, üretim yönetimi konusundaki araştırmacı ve bilim adamlarının, değişik vesilelerle dile getirdikleri çok değerli gözlemleri, yakınmaları ve önerileri vardır. Bu gözlem, yakınma ve öneriler, Türkiye'deki üretim yönetimi kararlarının, hangi karar alma yaklaşımı ile alındıklarını -bir ölçüde de olsa- yansıtabilecek niteliktedir. Aşağıda, önce, bu gözlem, yakınma ve önerilerden seçilen bazı ifade ve pasajlar sunulacaktır. Bu ifade ve pasajlar Türkiye'deki durumu yansıtabilecek

bir düzeye ulaştığında ise, Türkiye'deki üretim yönetimi uygulaması, önceki bölümlerde geliştirilen karar alma modeli ışığında irdelenecektir.

I.1. Türkiye'deki Üretim Yönetimi Kararlarının Alınmasına İlişkin Gözlem, Yakınma ve Önerilerden Bazıları

"Devlet Planlama Teşkilatı Uzmanlarının çeşitli işletmelere ait 27.055 yöneticiyi kapsayan bir araştırmasından elde ettiği bulgulara göre, özellikle imalat, madencilik, enerji, ulaştırma, bankacılık ve sigortacılık sektörlerinde modern yönetim teknikleri uygulanmamaktadır." (1).

"Türkiye'deki sanayi kuruluşlarının yapısal güçlüklerini, yatırımların optimal kapasitelerde gerçekleştirilememesi, kalite ve standard sorunları ile rasyonel üretim ve verimli çalışma yetersizlikleri olarak özetleyebiliriz." (2).

"Bilindiği gibi modern yönetim ve işletmecilikte bilgisayarlardan geniş ölçüde yararlanılmaktadır. üretim planlaması ve benzeri birçok konularda bilgisayarlar giderek artan bir hızla kullanılmaya başlanmıştır. kalkınmamıza ve gelişmemize paralel olarak bilgisayarlardan planlı ve programlı olarak yararlanılmadığı da bir gerçektir." (3).

-
- (1) Sevk ve İdareciler Araştırması, DPT 802: SPO-184, T.C. Başbakanlık DPT. Müsteşarlığı, Ankara, 1969, s.24.
 - (2) Ahmet Aslantaş (İstanbul Ticaret Odası), "Küçük ve Orta Sanayi Teşebbüslerinin Donatım, Tedarik ve Pazarlama Sorunları", Küçük ve Orta Sanayi Teşebbüslerinin Semineri, MPM Yayınları, Ankara, 1973, s.165.
 - (3) Subhi Aydın (MPM Yönetim Kurulu Başkanı), Çağdaş İşleme Yönetiminde Bilgi İşlem Sistemleri Semineri, MPM Yayınları:131, Ankara, 1974, s.1.

"Kamu İktisadi Teşebbüslerini yeniden düzenlemenin başarısı, yöneticilerin günümüzde kendileri için var olan sistem tekniklerinden yararlanarak, geliştirme çalışmalarını yürütmelerine bağlıdır. Kamu İktisadi Teşebbüslerinin yönetiminde sistem yaklaşımının gerçekleşmesi, ilk adımda örgütlerin en üst yönetim katlarının bu teknolojinin bilincine ulaşmasını gerektirir. Bunu sağlamak üzere özellikle üst yönetime yöneltilmiş yoğun bir tanıtma projesinin yürütülmesi gerekir. Kamu İktisadi Teşebbüslerinin bu dinamiği kazanmaları için gerekli süreye paralel olarak batı ülkelerinde gelişmiş bulunan bilimsel yönetim tekniklerinin ülkemiz koşullarında uygulanabilmesi için gerekli deneme ve bağdaştırma çalışmalarının merkezi bir yaklaşımla yürütülmesi planlanmalıdır." (4).

"Terminoloji yönünden 'yönetim', ülkemizde yeni bir deyiş değildir. Ancak bir felsefe, bir sanat ve bir bilim olarak yönetimin çok yeni olduğunu söylemekte büyük bir gerçek payı vardır. Kökü yüzyıllara dayanan bir idari mekanizmanın 'idare ve idareciliğin kitabı ve mektebi yoktur' görüşü üzerinde kurulması ve bu düşünüşün adeta değişmez bir slogan halinde zamanımıza intikali bu alanda karşılaşılan önemli bir problem olarak ortadadır. Gerçek olan şudur ki, Türkiye'de herhangi bir organizasyonun herhangi bir pozisyonuna idare edici olarak oturtulmuş olanların çok yüksek bir oranı, yönetimin kendine has prensip ve yöntemlerinden bilgi olarak yoksundur. Dolayısıyla

(4) Önal Örs (Sisag Ltd.Sti.), "Kamu İktisadi Teşebbüslerinin Yeniden Düzenlenmesinde Sistem Analizi ve Teknik Metotlardan Yararlanılması", Verimlilik Açısından Kamu İktisadi Teşebbüslerinin Yeniden Düzenlenmesi ve Geliştirilmesi Semineri, MPM Yayınları: 119, Ankara, 1973, s.168.

idaresine terkedilen insan, para, zaman, malzeme, teçhizat ve yer kaynaklarından eldeki imkan ve şartlarla en yüksek verimi alma yollarını ilmi olarak bilmemektedirler. Bu ise sözü edilen kaynakların rastgele kullanılmasına ve büyük ölçüde israfa yol açmaktadır." (5).

"Bilgisayar çağının kapısını çalmaya yönelen ekonomimizin hızla kalkınıp AET rekabetinde dayanıklı bir güç kazanması, çağdaş teknik ve araçlardan bilinçli ve yeterli bir şekilde yararlanmasına bağlıdır. Bilgisayarlar bunların başında yer almakta ve gerek üretim, yapım ve verimliliğin artırılmasında, gerek yönetim sistemlerinin geliştirilmesinde ve işletmelerin kontrolünde büyük yararlar sağlamaktadırlar." (6).

"Yönetici Kadroların bilinçlendirilmesi ve bilgisayar kullanımı bakımından yönetim sorumluluklarına sahip çıkabilecek düzeye ulaşmaları sağlanmalıdır. Bu konuda Siyasal Bilgiler Fakültesi ile İktisadi ve Ticari İlimler Akademilerine de görevler düşmektedir." (7).

"Yönetici ve işletmecilerimizin modern yönetim tekniklerini ve özellikle bilgisayarlardan yararlanma yollarını öğrenmeleri ve benimseyip uygulayabilmeleri için ye-

(5) Ergun Zoga (Türk Sevk ve İdare Derneği Genel Müdür Yardımcısı), "Kamu İktisadi Teşebbüslerinde Yönetim Verimliliğini Sınırlayan Faktörler ve Çözüm Yolları", Verimlilik Açısından Kamu İktisadi Teşebbüslerinin Yeniden Düzenlenmesi ve Geliştirilmesi Semineri, MPM Yayınları: 119, Ankara, 1973, s.286.

(6) Bilgisayar Kullanımı Yöneticiler Toplantısı ve Semineri, MPM Yayınları: 118, Ankara 1974, s.8.

(7) Aydın Köksal (Yük.Müh.) ve Bülent Dikmen (Yük.Müh.), "Ülkemizde Bilgisayar Kullanımının Bugünkü Durumu ve Gelecekte Karşılaşılabilecek Sorunlar", Bilgisayar Kullanımı Yöneticiler Toplantısı ve Semineri, MPM Yayınları: 118, Ankara, 1973, s.174.

terince eğitilip yetiştirilmeleri gerekir." (8). "İşletmelerin idaresinde ve bilhassa üretim yönetiminde modern anlayış ve teknikler henüz istenilen seviyede yer etmemiştir. Halen ülkemizde bilhassa imalat işlemlerinin başında yönetim kademelelerinde teknik personel bulunmaktadır. Ancak bu personele yüksek öğrenimleri esnasında üretim yönetim ve tekniklerine ilişkin bilgilerin verilmediği bir gerçektir. Bundan dolayı bu gibi yönetim faaliyetleri tamamen şahsi kabiliyetlerine ve gayretlerine kalmaktadır." (9).

"Küçük ve orta sanayide idareci durumunda olan iş sahipleri genellikle teknik veya idari bir temel eğitimi görmeden pratikten yetişme kişilerdir." (10).

"İlgililerle yapılan görüşme ve ziyaretlerde edinilen izlenimlerin bir tanesi de sistem analizi hizmetlerinin çok zayıf olduğudur. Üst ve orta kademe yöneticiler yönetim bilişim sistemlerinin gelişmesi üzerinde durmamaktadırlar. Bilgisayarın gerektirdiği sistem analizleri entegre bilişim ihtiyaçlarını belirtecek şekilde ele alınmamaktadır. Sistem analizi yapanlar daha fazla programcılık hünerine sahip kişiler olup yönetim, örgüt ve yönetim teknikleri konularında yetiştirilmiş değildir. Bilgisayarlardan tam anlamıyla yararlanmak isteniyorsa, bu yönde yapılacak geliştirmelerin ve eğitim çalışmalarının ne kadar

-
- (8) Ali Orhon (MPM Genel Sekreteri, Dr.Müh.), "Kapanış Konuşması", Bilgisayar Kullanımı Yöneticiler Toplantısı ve Semineri, MPM Yayınları: 118, Ankara, 1973, s.174.
- (9) Erdoğan Fıratlı (Yük.Müh.), "I.Türk İşletmecilik Kongresi Üretim Komisyonu Çalışmalarının Getirdikleri", ESADER, C.X, S.1, Ocak 1974, s.56.
- (10) Halil Ataner Topçuoğlu (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Küçük Sanatlar Dairesi), "Küçük ve Orta Sanayi Teşebbüsleri ile ilgili Uzun Dönemli Planlamanın Esasları", Küçük ve Orta Sanayi Teşebbüslerinin Geliştirilmesi Semineri, MPM Yayınları: 120, Ankara, 1973, s.266.

önemli olacağı ortadadır. Bilgisayarlar geçmişte kullanamadığımız matematiksel modelleri rahatça işleyebildikleri için, geleceğin yöneticilerinin bu gibi kurumları da tanımaları ve uygulama yerlerini bilmeleri gerekecektir." (11).

"Bir kuruluştaki eğer bir yöneylem araştırma grubu yoksa, bir bilgisayarın ya da bir bilgi işlem merkezinin yalnız bısına verim sağlayacağını ummak boştur. Bilgisayar adını verdiğimiz donanımın, yönetime katkı sağlayan, stratejik kararlara ışık tutan bir makine gibi kullanılması gerekmektedir. Genellikle bu ölçütler gelişmiş ülkelerde zaten bilinmektedir. Bu bakımdan bu gerçeklerin tartışılması bizim gibi bilgisayar çağına yeni girmeye çalışan ülkelerde daha fazla önem taşımaktadır." (12).

"Planlamada modern planlama tekniklerinden yararlanılmaması." (13).

"Üretimimizde makro ve mikro seviyede bir plansızlık göze çarpmaktadır. Bunun çeşitli nedenleri vardır. Planın değerinin tam manasıyla anlaşılmayışı, planlama için gerekli verilerin mevcut olmayışı, modern planlama tekniklerinin kullanılmayışı ve bu konuda yetişmiş personel azlığı aksaklıklara başlıca sebep olarak gösterilebilir." (14).

-
- (11) Sadi Gencer (Türk Sevk ve İdare Derneği), "Bilgisayar-İşletme-Yönetim İlişkileri", Çağdaş İşletme Yönetiminde Bilgi İşlem Sistemleri Semineri, MPM Yayınları: 131, Ankara, 1974, s.13.
- (12) Aydın Köksal (Türkiye Bilişim Derneği), Çağdaş İşletme Yönetiminde Bilgi İşlem Sistemleri Semineri, MPM Yayınları:131, Ankara, 1974, s.62-63.
- (13) I.Türk İşletmecilik Kongresi Yönetim-Organizasyon-Personel Komisyonu Raporu, I.Türk İşletmecilik Kongresi: Bildiriler-Raporlar-Tartışmalar, Eskişehir İ.T.İ.A.Basımevi, 1974, s.123.
- (14) I.Türk İşletmecilik Kongresi Üretim Komisyonu Raporu, I.Türk İşletmecilik Kongresi: Bildiriler, Raporlar, Tartışmalar, Eskişehir İ.T.İ.A.Basımevi, 1974, s.123.

"Kısacası, işletmelerin işletmecilik ilkelerine ve tekniklerine uygun şekilde yönetilmesi nedeniyle çeşitli sorunlar ortaya çıkmaktadır. O halde, herşeyden önce, son yıllarda çok geliştirilen işletmecilik bilgileri ve teknikleri işletmelere sokulmalıdır." (15).

"Görüldüğü gibi ülkemizdeki işletmelerde, günün koşullarına uygun olarak yöneticilerin yetiştirilmesi gereğinin anlaşılması çok yenidir. Bu da Türkiye'de çağdaş işletme yöneticiliğine yeni yeni önem verilmeye başlandığını bize kanıtlamaktadır." (16).

"Eğer bugün, endüstri kesimindeki bir kısım işletmelerimiz, Türkiye koşullarında yalnızca teknik bilgiye sahip veya belli bir konuda uzmanlaşmış çağ dışı yönetim kadrolarıyla başarılı gözükebiliyorlarsa bunu, piyasada tam rekabet koşullarının var olmayışına ve ekonomimizdeki yüksek gümrük ve ithal kısıtlamaları şeklinde belirlenen aşırı himayeciliğe borçludurlar. İşletmelerimizin çoğunlukla yalnızca iç tüketime dönük çalışmaları, işletme sahiplerini 'ne yapsak, kaçsatsak gidiyor' düşüncesiyle meslekten yöneticilere gerekli ilgiyi göstermelerine engel olmaktadır. Kuşkusuz bu koşulların değiştiği AET gibi dış bölgesel pazarlara açıldığı zaman, gerçek rekabet ortamına girilince, meslekten yöneticilere olan ihtiyaç, zorunluluk haline gelecektir." (17).

-
- (15) İlhan Cemalcılar, "Kongrenin Kapanış Konuşması", I.Türk İşletmecilik Kongresi: Bildiriler, Raporlar, Tartışmalar, Eskişehir İ.T.İ.A.Basımevi, 1974, s.147.
- (16) Sinan Artan, Endüstri İşletmelerinde Yöneticilerin Yetiştirilmesi ve Türkiye'deki Uygulama, Eskişehir İ.T.İ.A.Basımevi, 1976, s.131.
- (17) Sinan Artan, s.136.

I.2. Türkiye'deki Üretim Yönetiminin İrdelenmesi

Yukarıdaki gözlem, yakınma ve önerilerin ışığında, Türkiye'deki üretim yönetiminin durumunu yansıtacak bazı sonuçlara varılabilir. Çalışmanın amacına hizmet edecek biçimde, bu sonuçları üç nokta etrafında toplamak mümkündür:

1. Türkiye'deki Üretim Yönetimi Kararları, sezgisel karar alma yaklaşımı ile alınmaktadır. Bilindiği gibi, çalışmanın ikinci bölümünde sezgisel karar alma yaklaşımına değinilmmişti. Sezgisel yaklaşım, problemi tanımlamak ve mümkün olan tüm alternatifleri belirlemek için bilinçli bir çabada bulunmaksızın sağlıklı kararların, görmüş-geçirmişliğe dayanan yargı ve sezgi ile alınabileceğini ileri süren bir yaklaşımdır. Oysa, sistem yaklaşımı ya da başka bir deyişle karar almada bilimsel metod, problemi, problemin çözüm yollarını ve bu yolların en iyisini, bilimsel bir yaklaşımla araştırır.

Gözlem, yakınma ve öneriler, sezgisel yaklaşımın bırakılarak, sistem yaklaşımının benimsenmesini savunmaktadırlar.

2. Türkiye'deki Bilgisayarlardan planlı ve bilinçli olarak yararlanılmamaktadır. Bilgisayarlar tek başlarına potansiyeli olmayan birer araçtır. Ancak, yönetim bilgisi, yön-eylem araştırması ve niceliksel işletmecilik tekniklerinin kullanılması bilgisayarları daha yararlı birer araç haline getirebilir. Bilgisayar uygulamaları iki ana gruba ayrılır. Bunlar, bilgi işlem uygulamaları ve karar işlem uygulamalarıdır. Burada da Türkiye'de bir belirsizlik vardır. Genellikle rutin işlerin uygulamaları (ücret bordrolarının hazırlanması gibi) yanlış bir anlayışla karar iş-

lemi uygulamaları gibi gösterilmektedir. Başka bir deyişle, burada da tarihsel olarak işletmecilik eğitiminin verdiği aksaklıklar, öteki ileri ülkelere oranla daha fazla ortaya çıkmaktadır. İleri ülkelerde karar işlemleri önceliği almakta, rutin işlemler karar işlemlerinin bir parçası olarak düşünölmektedir. Gerçekten de, bilgisayar alan kuruluşlarda bir kavram noksanlığı vardır. Bu kavram noksanlığı, az önce de belirtildiği gibi, bilgisayardan yararlanmanın esas olarak karar işlemlerine mi yoksa rutin işlemlere mi dönük olması gerektiği yönünden bir çelişki veya bir bilgisizlikten ileri gelmektedir.

Gerçekten de rutin işlemler yapıldığında çeşitli sonuçlar alınır. Ancak, bu sonuçlar karar verme işlemi için kullanılmazsa, hiçbir anlam ifade etmez. Örneğin, maliyet muhasebesi konusunda bilgisayardan yararlanıldığı varsayılınsın. Bu durumda, geçmiş 5 yıllık, 10 yıllık bilgiler alınıp bunların ortalaması bulunur. "İşçi ücretinin, hammadde ücretinin, dolaysız giderlerin, idari giderlerin yüzdesi bu ortalamaadır" denilip standart maliyet bulunur. İşte çelişki burada ortaya çıkar. Bulunan bu standart maliyet ne işe yarayacaktır? Esas önemli olan, bu standart maliyet üzerine geliştirilen alternatifleri bilgisayarda deneyerek simülasyon sonuçlarını görmek ve buna göre bir karara varmaktır. Bu nedenle, bilgisayar uygulamasında verimi artıracak yol, rutin işlemlerin bilgisayarla yapılması değil, bunun yerine, bir taraftan çok kısa bir zaman isteyen, diğer taraftan kapasite olarak büyük bir donanımı gerektiren karar verme işlemlerinin yapılması gereğidir.

Orta Doğu Teknik Üniversitesi elemanlarından kurulu bir araştırma ekibi tarafından yürütülen "elektronik hesap merkezlerinin bugünkü durumu, sorunları ve geliştirme olanakları" ile ilgili bu araştırmaya göre, Türkiye'deki bilgisayarlarda yapılan işlemlerin % 92'si rutin işlemler (muhasabe işlemleri, envanter işlemleri...), %8'i ise karar işlemleridir (17).

Bilgisayarlardan yararlanarak, işletme kararlarının nasıl alındığı, yarının uygulayıcı adaylarına, bugünün eğitim kurumlarında gösterilmelidir.

3. Araştırma, yakınma ve önerilerin birleştikleri üçüncü ortak nokta, çağdaş karar alma ve çağdaş karar alma yöntemleri konusundaki eğitim yetersizliğidir. Bu eğitim yetersizliğinden en çok yakınanlar ise, teknik öğretim görmüş olan mühendislerdir. Oysa, işletmelerin en yüksek karar organları teknik elemanlardan (çoğunlukla mühendislerden) oluşmaktadır (18). Diğer taraftan, söz konusu mühendislerin, çağdaş karar alma tekniklerinin gerektirdiği matematiksel düşünme eğilimleri kuvvetlidir. Bütün bunlara rağmen, bitirdikleri eğitim kurumları, değişik nedenlerle bu tür bir eğitim verememektedir.

Bu sorunun en kestirme çözüm yolu, işletmecilik eğitimi yapan eğitim kurumlarına ve bu arada da İktisadi ve Ticari İlimler Akademilerine düşmektedir. Bu kurumlardaki işletme kürsülerinin

(17) Çağdaş İşletme Yönetiminde Bilgi İşlem Sistemleri Semineri, MPM Yayınları: 131, Ankara, 1974, s.68.

(18) Örnek olarak, Sinan Artan'ın 17 endüstri işletmesinin yüksek öğrenim görmüş 1827 orta ve üst düzey yöneticilerine uyguladığı anket sonuçları gösterilebilir. Bkz.: Sinan Artan, a.g.k., s.134-135. Ayrıca bkz.: Sevk ve İdareciler Araştırması, DPT Yayınları, Ankara, 1969, s.24.

bağımsız dersleri arasına "karar teorisi", "Yön-eylem araştırması", "işletmelerde Bilgisayar kullanımı" gibi dersler girmelidir.

Bu derslerin eğitim programlarında olması, eğer esaslı bir işletmecilik bilgisi eğitiminden geçmemiş kimseler tarafından okutulursa, yine de önemli bir değişiklik yaratmaz. Çünkü, bütün bu yöntemler, dersi okutanın özel uzmanlık alanına kolayca dönüşüverecek bir esnekliğe sahiptir. Örneğin, bir karar teorisi geneldir. Bu teorinin bulgularından değişik bilim dallarında yararlanılır. Aynı şekilde bir yön-eylem araştırması geneldir. Bu dersi bir matematikçi okutursa, yön-eylem araştırması tekniklerinin dayandığı matematiksel ilke ve teoremlere ağırlık verir. Çünkü, bunun zorunlu olduğuna inanmıştır. Oysa bir işletmeci, her zaman pratik faydayı göz önünde tutar. Uygulamada başarı sağlamayacak konulara, salt bilim açısından düşünerek evet diyemez. İşletmecinin amacı bellidir, matematikçinin amacı bellidir. Matematikçi ne kadar istekli olursa olsun, rakamsal sonuçlara alışık olduğu için işletmeci kadar işletme içi ve işletme dışı etkenleri tanıyamaz. Eğitim amacı ile kurduğu problemler, bir işletmecinin aynı amaçla kurduğu problemlere oranla yavan olur. Çünkü, işletmeci, tüm "yönetim-bilgi" sistemlerini bilmek zorundadır. Matematikçi de ise böyle bir zorunluluk aranmaz.

II. ESKİŞEHİR LOKOMOTİF VE MOTOR SANAYİİ MÜESSESESİ (ELMS)'DE SİMULASYON UYGULAMASI

Hemen yukarıda, Türkiye'deki durumun irdelenmesi sonucunda üç temel nokta belirlenmişti. Bunlar, Türkiye'deki yönetim kararlarının sezgisel karar alma yaklaşımı ile alındığı, Türkiye'deki

bilgisayarlardan bilinçli olarak yararlanılmadığı ve çağdaş karar alma yöntemleri konusundaki eğitim yetersizliği biçimindeydi.

Çalışmanın bu aşamasında, karar almada sistem yaklaşımı ve bilgisayar aracılığı ile karar alma, gerçek bir sistem üzerinde gösterilmeye çalışılacaktır. Böylece, bu tür bir eğitime, ufak da olsa, bir katkıda bulunulmuş olacağı umulmaktadır.

Bilindiği gibi karar almada sistem yaklaşımı, sistemin incelenmesini, sistemin analiz edilmesini, karar modelinin kurulmasını, alternatiflerin geliştirilmesini ve alternatiflerin elle veya bilgisayarla denenip sonuçlarının karşılaştırılmasını öngörür. İşte bunun için, aşağıda, önce Eskişehir Lokomotif ve Motor Sanayii Sistemi, "ELMS'nin Gelişmesine Toplu Bakış" adı altında incelenecektir. Sonra, ELMS'nin Yönetim Şeması ile genel sistem analiz edilerek uygulamanın yapıldığı Tamir-Bakım Alt Sisteminin yeri belirlenecektir. Daha sonra, Tamir-Bakım Politikası konusunda alternatifler geliştirilecektir. Bu alternatifler, genel bir bilgi vermek amacı ile önce elle hesaplama yaparak denenecek, sonra alternatiflerin denenmesini sağlayacak bir bilgisayar programı sonuna stratejik veriler eklenerek, alternatiflerin uygulama sonuçları bilgisayara yazdırılacaktır. Daha sonra bu sonuçlar, yorum ve önerileriyle birlikte baş yöneticiye veya ilgililere sunulacaktır.

II.1. ELMS'nin Gelişmesine Toplu Bakış

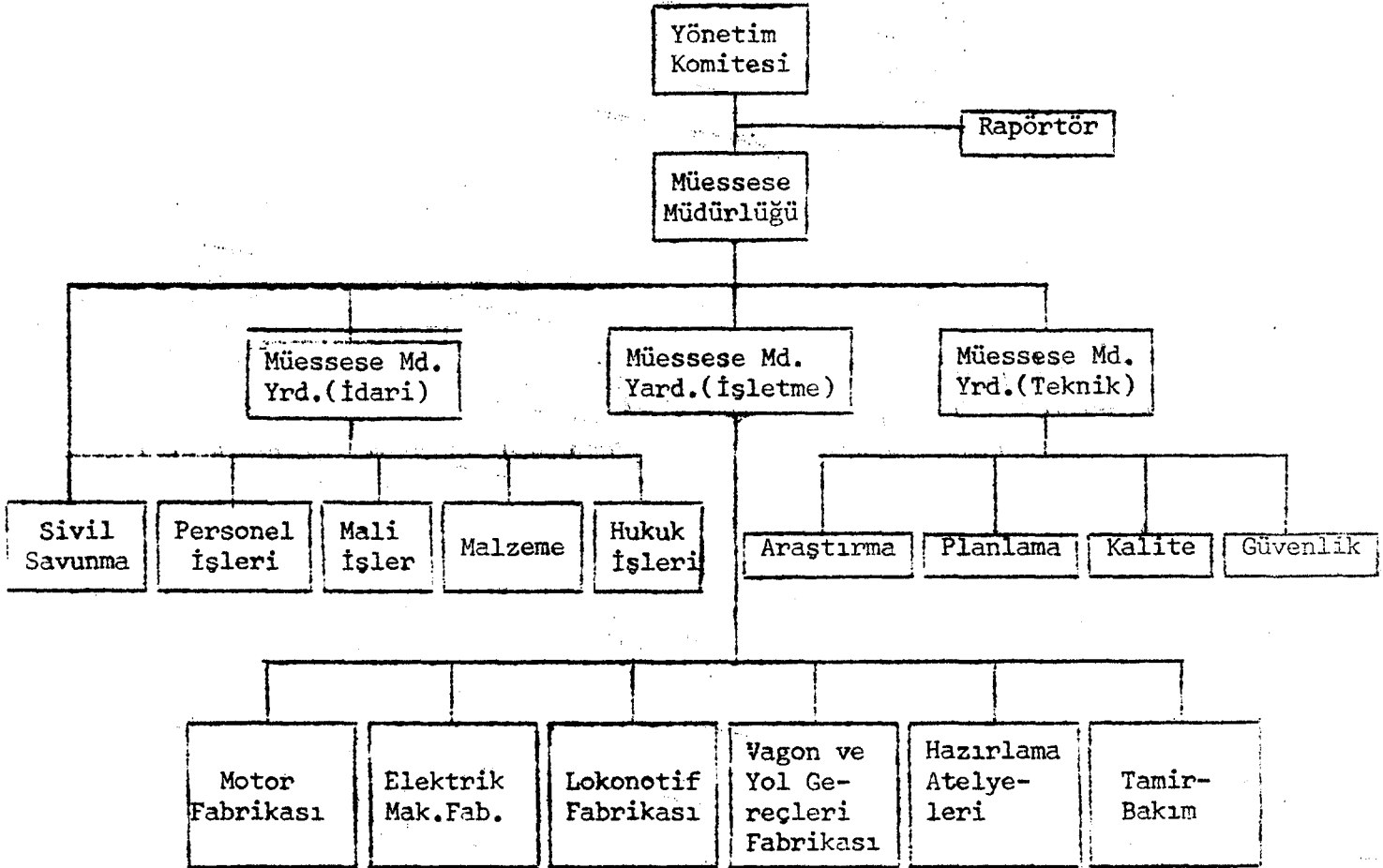
ELMS'nin ilk temel taşları yaklaşık 82 yıl önce 1894 yılında, Anadolu Bağdat Hattı'nın inşaatı sırasında kurulan Bakım ve Revizyon Atelyeleri ile atılmıştır. Demiryol araç ve gereçlerinin

küçük çaptaki bakım işleri tamirhane niteliğindeki bu iş yerlerinde yapılmaktaydı. 1925-1928 yılları arasında köprü, makas, kantar ve yol emniyeti ile ilgili malzemeleri imal edecek atelyelerin kurulması ile tesislerin birden bire genişlediği görülür. 1946 yılında kuvvet santralının hizmete açılması, bazı sosyal konutların yapılması tesislerin sınıai bir nitelik kazanmakta olduğunun ilk belirtileridir. Sonraki yıllarda özellikle 1967 yılından sonra, programlı olarak tesisler tevsii edilmiştir. Bu çalışmalara, gereksinmelerin sürekli artması nedeniyle yenileri katılmaktadır.

Cumhuriyetten önce daha çok siyasi koşullar, cumhuriyetten sonra da ülkemizdeki sosyal ve ekonomik gelişmeler tesislerin yönetimini etkilemiştir. Kuruluşunun başlangıcında Anadolu Osmanlı Kumanyası (Société du Chemin de fer Ottoman d'Anotolie) na bağlı olarak işgören çekirdek kuruluş, Birinci Dünya Savaşından sonra kısa bir süre İngilizlerce idare edilmişse de Atatürk'ün Anadolu-Bağdat Hattı'nın alınması ile ilgili 23 Mart 1920 tarihli emri üzerine atelyelerin yönetimi Ordumuzun eline geçmiş, Kurtuluş Savaşı günlerinde ateşli atessiz silah yapımına hizmet etmiştir. Cumhuriyetten sonra tesisler, Demiryol Örgütümüz içinde önce "Eskişehir Cer Atelyesi" 1958 yılından sonra da "Eskişehir Demiryol Fabrikaları" adı altında yönetilmiştir. 440 sayılı İktisadi Devlet Teşekkülleri ve İştirakleri ile ilgili kanun gereğince yönetiminde kısmen bağımsız bir duruma getirilmek üzere TCDD İşletmesi'nin bir müessesesi olmasına karar verilmiştir. Böylece kararın uygulama tarihi olan 1 Ağustos 1970 tarihinden sonra da Eskişehir Lokomotif ve Motor Sanayii Müessesesi veya kısaca ELMS adını almıştır.

II.2. ELMS'nin Yönetim Şeması

440 Sayılı Kanun ve bu Kanuna bağlı Tüzük hükümleri gereğince Müessese, Yönetim Komitesi ve Müessese Müdürü tarafından yönetilir. Örgütün yeniden düzenlenen ve uygulamasına yeni geçirilen ana yapısı (Şekil-1)'de gösterilmiştir.



(Şekil-1) ELMS'nin Yönetim Şeması

Yönetim Komitesi bir Başkan ile içlerinden biri işçi temsilcisi olan dört üyeden oluşur. Müessese Müdürü komiteye başkanlık eder.

II.3. ELMS'nin Üretimi

Eskişehir'in batısında 500.000 m²'lik açık alana ve 80.000 m²'lik de kapalı alana sahip olan ELMS'de yaklaşık olarak 4.000 işgören çalışmaktadır. Bu işgörenlerin gerçekleştirdiği başlıca üretim türlerini şu şekilde sıralayabiliriz:

1. Lokomotif İmalatı,
2. Diesel Motoru İmalatı,
3. Vagon İmalatı,
4. Köprü ve Çelik Konstrüksiyon,
5. Demiryol Makasları İmalatı,
6. Takım ve Dişli İmalatı,
7. Kantar İmalatı,
8. Yardımcı Üretim (buhar oksijen, esetilen, basınçlı hava)
9. Parça İmalatı,

II.4. ELMS'nin Tamir-Bakım Alt Sistemi

Önceki bölümlerde kuramsal boyutları verilen simulasyon analizinin uygulaması, ELMS'nin Tamir-Bakım Alt Sisteminde yapılacaktır. (Şekil-1)'deki ELMS'nin yönetim şemasında görüldüğü gibi, Tamir-Bakım Alt Sistemi, üretimle ilgili Müessese Müdür Yardımcısına bağlıdır. Görevi, makine oranı çok yüksek bir düzeyde olan ELMS'nin bu makinelerini işler durumda tutabilmektedir. Makinelerin bozulma nedeniyle üretim sürecinden bir süre ayrılmalarının çok sayıda işgücü saatinin boş geçmesine sebep olacağı açıktır. Bu nedenle Müessese, tamir-bakım konusuna büyük bir önemle eğilmiş ve bunun için ayrı bir bölüm kurmuştur.

Tamir-bakım eylemleri için her türlü araç ve gerece sahip olan bölümde 120 işgören çalışmaktadır. Bölüm kendi içinde büyük arıza onarımı ve küçük arıza onarımı biçiminde daha alt bir ayırma da gitmiştir.

Genel sistemde, daha önce de değinildiği gibi, 10 değişik türde sınıai üretim yapılmaktadır. Bu nedenle, sistemde yüzlerce makine işlemektedir. Bu makinelerin büyüklükleri, özellikleri, kullanıldığı yerler, satın alındığı ülkeler, markaları vb. çok değişiktir. Tamir-Bakım Alt Sisteminin tam bir simülasyonunu yapmak için, tek tek her makineye ilişkin sağlıklı kayıtların tutulmuş olması gerekir. Eğer bu kayıtlar tutulmuş ise, tek tek her makinanın tamir ve bakımı için değişik alternatifler geliştirilebilir. Bu alternatifler simule edilerek en iyisi, o makine için tamir-bakım politikası olarak kabul edilebilir. Her makina için en iyi tamir-bakım politikasının bulunması, Tamir-Bakım Alt Sisteminin başarılı çalıştığını kanıtlar. En iyi tamir-bakım politikaları ile çalışan Tamir-Bakım Bölümünün tüm ELMS sistemine katkısı ise, genel sistemin bu ögesinin görevini tam yaptığını belirler.

Uygulamada 6203 numaralı rulmanları ihtiva eden makinalar esas alınacaktır. Bu makinaların sadece rulman arızası nedeniyle tamir bakım bölümüne gelmesi durumunda uygulanacak en iyi politikanın simülasyonla bulunması, çalışmanın amacına ulaşmasını sağlayacaktır. Çünkü, bu uygulamanın benzerleri, öteki tür makine için, öteki tür arızalar için, ya da kısaca öteki tür tamir-bakım problemleri için aynen yapılacaktır. Tek değişiklik, kullanılacak verilerde olacaktır.

II.4.1. Mevcut Tamir-Bakım Politikası

ELMS'nin Tamir-Bakım Alt Bölümünde bilinçli bir tamir-bakım uygulandığını söylemek zordur. Değişik üretim bölümlerinden gelen arızalı makineler veya bunların bazı kısımları, sırası geldikçe tamir edilmekte ve geri gönderilmektedir. Tamir-bakım eylemlerinde gözetilen tek amaç, bir an önce arızalı makina veya onun arızalı kısmını işler duruma getirmektir. Arıza ne kadar kısa bir sürede giderilirse, işletme için o kadar yararlı olacağı görüşü kabul edilmektedir. Amaç bu olunca, bütün eylemler işin bir an önce tamamlanmasına yönelik olmaktadır.

Bölümde çok değerli usta, ustabaşı, şef ve yöneticilerin çalışmakta olduğu gözlemlenmiştir. Yöneticiler, işlerin yapılması konusunda gerekli planlamayı zamanında yapmaktadırlar. Yapılacak işlerin sıralanmasında GANT şemalarından yararlanılmaktadır. Kısacası, Tamir-Bakım Alt Sistemi, düzenli olarak çalışmakta, görevini az önce değinilen amacına uygun olarak yerine getirmektedir.

II.4.2. Mevcut Tamir-Bakım Politikasının İrdelenmesi

Yukarıda belirtilen mevcut tamir-bakım politikasını, esas alınan amaç yönünden irdelemek gerekir. Tamir-Bakım Bölümünün, arızayı en kısa zamanda gidermek şeklinde tanımladığı amaç, işletmecilik açısından doğru olarak tesbit edilmiş bir amaç değildir.

Çalışmanın İkinci Bölümünde üretim yönetiminin amaçları fonksiyonel amaçlar ve değer yaratma amaçları olarak iki bölümde toplanmıştı. Burada söz konusu olan değer yaratma amacıdır. O zaman

da belirtildiği gibi, dönüşüm sürecindeki eylemler, yaratılan değeri ençoklayabilirse, üretim yönetimi, değer yaratma amacına ulaşmış olur. Yaratılan değerın ençoklanabilmesi ise, sistem kuramı açısından, en az girdi ile en çok çıktınının oluşturulmasına bağlıdır. Tamir-Bakım Alt Bölümü, girdi-dönüşüm-çıkıtı biçimindeki çağdaş üretim sisteminin girdi tarafı ile ilgili bir bölümdür. En az girdi, maliyet enazlamasının amaç kabul edilmesiyle gerçekleştirilebilir. Bu nedenle, Tamir-Bakım Alt Bölümü'nün amacı arızayı en kısa zamanda gidermek değil, onarımın tüm üretim sürecininin girdi tarafına yapacağı olumlu katkı olmalıdır. Bu katkı da maliyetle ölçülmelidir.

II.4.3. Yeni Tamir-Bakım Politikası Alternatiflerinin

Araştırılması

Tamir-Bakım Alt Bölümü için, maliyet enazlamasının amaç belirlemede esas alınması gerektiğine yukarıda değinilmmişti. Tamir-Bakım Alt Bölümü maliyet enazlamasını amaç olarak kabul edince, bu amacına ulaştıracak en iyi politika veya politikaları belirlemek zorunda kalacaktır. Bunun için de, her makina için değişik türde alternatifler geliştirip, bunların beklenen sonuçlarını birbirleri ile karşılaştıracaktır. Bu karşılaştırma sonunda en az maliyeti veren alternatifi o makina için, amaca ulaştıracak en iyi politika olarak benimseyecektir.

Daha önce de değinildiği gibi, aşağıda, 6203 numaralı rulmanları ihtiva eden makinalar için yeni tamir-bakım politikası alternatifleri geliştirilmeye çalışılacak ve bunlar, önce elle, sonra da bilgisayarla simule edilecektir.

Yeni tamir-bakım politikaları geliştirmek ve bunları simule edip karşılaştırmak için, ELMS ilgililerinden ve Tamir-Bakım Alt Bölümünde tutulan kayıtlardan büyük bir titizlikle derlenen veriler, aşağıda sistemli bir şekilde verilmiştir.

6203 numaralı rulmanları ihtiva eden makinalara ilişkin kayıtlar dikkatli bir incelemeye tabi tutularak, en yaygın arıza sebebinin söz konusu makinalarda bulunan üç rulmandan herhangi birinin bozulması olduğu saptanmıştır. Kayıtlar, söz konusu rulmanların dayanma sürelerinin 1.100 ile 2.200 saat arasında değiştiğini göstermektedir. Son beş yıllık kayıtlar gözden geçirilerek, değiştirilen 1.000 adet rulmanın ayrı ayrı dayanma süreleri saat olarak aşağıya çıkartılmıştır.

1.000 Rulmandan Oluşan Bir Örnekte Rulman Dayanma Süreleri Tablosu

Gözlem Sayısı	Dayanma Süresi (Saat)	Gözlem Sayısı	Dayanma Süresi (Saat)	Gözlem Sayısı	Dayanma Süresi (Saat)	Gözlem Sayısı	Dayanma Süresi (Saat)
1	1800	41	2200	81	1400	121	1900
2	1200	42	1600	82	1600	122	1400
3	1700	43	1500	83	1800	123	1800
4	2000	44	1800	84	1700	124	1600
5	1900	45	1800	85	1200	125	1700
6	1700	46	1400	86	1700	126	1200
7	1300	47	1900	87	1300	127	1600
8	1800	48	1600	88	1400	128	1900
9	1700	49	1400	89	1600	129	2100
10	2000	50	1600	90	1900	130	1400
11	1400	51	1300	91	1800	131	1600
12	1400	52	1800	92	1500	132	1800
13	1900	53	1500	93	1600	133	1500
14	1600	54	1600	94	1400	134	1700
15	1300	55	2100	95	1700	135	1600
16	1800	56	1700	96	2000	136	1900
17	1600	57	1600	97	1600	137	1300
18	1300	58	1800	98	1600	138	1600
19	1900	59	1600	99	1400	139	2000
20	1700	60	2000	100	1600	140	1600
21	1600	61	1800	101	2100	141	1500
22	1500	62	1200	102	1700	142	1900
23	1800	63	1700	103	1200	143	1500
24	1700	64	1700	104	2000	144	1700
25	1600	65	1700	105	1600	145	1500
26	1500	66	1500	106	1300	146	1600
27	1100	67	1800	107	1400	147	1900
28	2000	68	1600	108	1600	148	1900
29	2100	69	2000	109	1900	149	1200
30	1700	70	1400	110	1500	150	1700
31	1600	71	1400	111	1700	151	1500
32	1800	72	1600	112	1500	152	1800
33	1700	73	1800	113	1100	153	1300
34	1600	74	1300	114	1300	154	1600
35	1900	75	1400	115	1700	155	2000
36	1200	76	1700	116	1200	156	1600
37	1800	77	1200	117	1800	157	1400
38	1600	78	1900	118	1900	158	1600
39	1700	79	1600	119	2200	159	1900
40	1400	80	1900	120	1600	160	1700

161	1800	211	1600	261	1300	311	1100
162	1600	212	1600	262	1900	312	2000
163	1400	213	1400	263	1500	313	1700
164	1900	214	1800	264	1400	314	1600
165	1600	215	2000	265	1600	315	1200
166	1600	216	1400	266	1800	316	1800
167	1700	217	1600	267	1300	317	1800
168	1600	218	1600	268	1700	318	1700
169	1400	219	1900	269	1500	319	1600
170	2200	220	1400	270	1200	320	2000
171	1600	221	1600	271	1700	321	1400
172	1200	222	1100	272	2200	322	1600
173	1500	223	1700	273	1900	323	2000
174	2000	224	1600	274	1700	324	2100
175	1600	225	1800	275	1200	325	1800
176	1500	226	1800	276	1400	326	1600
177	1700	227	1600	277	1600	327	1500
178	1500	228	1400	278	1600	328	1900
179	1900	229	1600	279	1900	329	1600
180	1600	230	1700	280	1700	330	1200
181	1500	231	1200	281	1700	331	1800
182	1700	232	2000	282	1500	332	1900
183	1300	233	1600	283	1900	333	1700
184	2100	234	1700	284	1300	334	1700
185	1800	235	1800	285	1700	335	1800
186	1600	236	2000	286	1200	336	1600
187	2000	237	1600	287	1900	337	1600
188	1800	238	1700	288	1500	338	1500
189	1300	239	1400	289	1600	339	1800
190	1900	240	2100	290	1500	340	1900
191	1300	241	2100	291	1800	341	1100
192	1500	242	1800	292	1300	342	2000
193	1700	243	1900	293	1400	343	1600
194	1200	244	1700	294	1500	344	1300
195	1900	225	1700	295	2000	345	1900
196	1800	246	1800	296	1600	346	1500
197	1600	247	1100	297	1300	347	1600
198	1700	248	1600	298	1700	348	2000
199	1900	249	1800	299	1600	349	1800
200	1700	250	1600	300	2100	350	1600
201	1800	251	1500	301	1700	351	1700
202	1600	252	2000	302	1200	352	1300
203	1300	253	1800	303	1800	353	2000
204	1800	254	1900	304	1600	354	1900
205	1300	255	1600	305	1400	355	1400
206	1600	256	1700	306	1700	356	1300
207	1500	257	2000	307	1600	357	1200
208	1800	258	1700	308	1800	358	1800
209	1500	259	1500	309	2000	359	1500
210	1700	260	1600	310	1600	360	2000

361	2000	411	1300	461	1800	511	1200
362	1800	412	2000	462	1500	512	1600
363	1400	413	1600	464	1900	513	1900
364	1900	414	2000	465	1900	514	1400
365	1700	415	1600	466	1200	515	1400
366	1500	416	1500	467	1700	516	1400
367	1800	417	1800	468	2000	517	1700
368	1200	418	1300	469	1500	518	1600
369	1900	419	1500	470	1800	519	1500
370	1600	420	2000	471	1300	520	1800
371	2000	421	1400	472	1400	521	1600
372	1600	422	1600	473	1600	522	1800
373	1400	423	1700	474	1800	523	1600
374	1800	424	2100	475	1300	524	1400
375	1500	425	1500	476	1700	525	1600
376	1300	426	1700	477	1600	526	1300
377	1900	427	2000	478	2000	527	1900
378	1500	428	1400	479	1900	528	1200
379	1700	429	1700	480	1800	529	1500
380	1800	430	1600	481	1400	530	1400
381	1200	431	2000	482	2000	531	1700
382	1700	432	1600	483	1800	532	1600
383	2100	433	1700	484	1700	533	1800
384	1500	434	1400	485	1400	534	1800
385	2000	435	1300	486	1700	535	1700
386	1700	436	1600	487	2000	536	1400
387	1400	437	2000	488	2000	537	1700
388	1600	438	1600	489	1600	538	2000
389	1900	439	1500	490	1400	539	1600
390	1100	440	1800	491	1500	540	1600
391	1800	441	1600	492	1100	541	1400
392	1500	442	1900	493	1600	542	1700
393	1600	443	1600	494	1300	543	1500
394	2000	444	1400	495	1600	544	1500
395	1400	445	1700	496	1900	545	1800
396	1600	446	1400	497	1500	546	2000
397	1700	447	1800	498	1400	547	1700
398	1700	448	2000	499	1600	548	1300
399	1400	449	1600	500	1500	549	1800
400	1400	450	1700	501	1900	550	1900
401	1700	451	2100	502	1700	551	1500
402	2000	452	1600	503	1500	552	1700
403	1800	453	1400	504	1400	553	1500
404	1700	454	1600	505	1600	554	1800
405	1400	455	1900	506	1400	555	1200
406	1600	456	1500	507	1500	556	1700
407	1300	457	1300	508	1800	557	1500
408	1800	458	1800	509	1300	558	2100
409	1500	459	1500	510	1700	559	1600
410	1700	460	1500	511	2100	560	1900

561	1500	611	1200	661	1700	711	1400
562	1900	612	1900	662	1500	712	1900
563	1600	613	1600	663	1300	713	1600
564	2000	614	1800	664	1500	714	1700
565	1700	615	1200	665	1800	715	1600
566	1600	616	1700	666	1400	716	1700
567	1600	617	2000	667	1700	717	1400
568	2000	618	1500	668	1600	718	2000
569	1600	619	1700	669	2100	719	1100
570	1400	620	1500	670	1400	720	1800
571	1300	621	2200	671	1600	721	1700
572	1800	622	1500	672	1400	722	1800
573	1800	623	1400	673	1600	723	1500
574	1500	624	1800	674	1800	724	2000
575	1500	625	1800	675	1600	725	1500
576	1900	626	1500	676	1900	726	1400
577	1500	627	1700	677	1600	727	1700
578	1200	628	1100	678	1700	728	1300
579	1800	629	1600	679	1600	729	1800
580	1400	630	1400	680	1400	730	1700
581	2100	631	1600	681	1900	731	2000
582	1700	632	2000	682	1800	732	1200
583	1800	633	1600	683	1600	733	1800
584	1400	634	1500	684	1400	734	1600
585	2000	635	1700	685	1600	735	2100
586	1200	636	1600	686	1900	736	1700
587	1700	637	1900	687	1200	737	1900
588	1600	638	1400	688	1900	738	1600
589	1900	639	1800	689	1300	739	1700
590	1600	640	1200	690	1500	740	1400
591	1600	641	1800	691	1400	741	1600
592	1600	642	1400	692	1700	742	1200
593	1800	643	1400	693	1300	743	1800
594	1600	644	1900	694	2100	744	1500
595	1400	645	1600	695	1800	745	1700
596	1500	646	1700	696	1400	746	1900
597	1600	647	1200	697	1700	747	1600
598	1800	648	1900	698	1300	748	1600
599	2000	649	1400	699	1800	749	1600
600	1500	650	2000	700	1500	750	1800
601	1400	651	1800	701	1600	751	1500
602	1500	652	1300	702	1900	752	1700
603	1700	653	1700	703	1800	753	1500
604	1600	654	1500	704	1700	754	1700
605	1900	655	1900	705	1500	755	1200
606	1800	656	1600	706	1700	756	1800
607	1700	657	1300	707	1200	757	1600
608	1500	658	1800	708	2000	758	1600
609	1300	659	1200	709	1100	759	2000
610	1700	660	1700	710	1400	760	1900

761	1700	811	1600	861	1100	911	1500
762	1200	812	1300	862	1900	912	1700
763	1900	813	1800	863	1500	913	2000
764	1900	814	1400	864	1800	914	1900
765	1800	815	1600	865	1300	915	1300
766	1600	816	1700	866	1400	916	1700
767	1500	817	1500	867	1700	917	1500
768	1700	818	1700	868	1300	918	1700
769	1500	819	1300	869	1900	919	1500
770	2000	820	1700	870	1500	920	1500
771	1500	821	1500	871	1800	921	1700
772	1700	822	1800	872	1200	922	1500
773	1900	823	1500	873	1700	923	1400
774	1600	824	1700	874	1600	924	1700
775	1500	825	2000	875	2000	925	1700
776	1700	826	1700	876	1800	926	2000
777	1500	827	1900	877	1600	927	1800
778	1200	828	1500	878	1400	928	1500
779	1800	829	1700	879	1700	929	1700
780	1800	830	1100	880	1900	930	1500
781	1400	831	1700	881	1800	931	1400
782	1600	832	1500	882	1600	932	1500
783	1700	833	1800	883	1900	933	1700
784	1400	834	1800	884	1500	934	1500
785	1600	835	1200	885	1700	935	1700
786	1300	836	1600	886	1500	936	1200
787	2000	837	1700	887	1900	937	2000
788	2000	838	1400	888	1600	938	1600
789	1300	839	1900	889	2000	939	1900
790	1400	840	1400	890	1600	940	1400
791	1500	841	1400	891	1500	941	1500
792	1800	842	2000	892	1800	942	1800
793	1200	843	1700	893	1900	943	1600
794	1600	844	1900	894	1600	944	1400
795	1500	845	1700	895	1400	945	1500
796	1600	846	1500	896	1400	946	1800
797	1800	847	1600	897	1600	947	1500
798	1300	848	1800	898	2100	948	1600
799	1700	849	1600	899	2000	949	1400
800	1400	850	1600	900	1700	950	1300
801	1900	851	1900	901	1500	951	1800
802	1600	852	1200	902	1500	952	1500
803	1600	853	1600	903	1700	953	1300
804	1800	854	2000	904	1300	954	1900
805	1600	855	1600	905	1700	955	1200
806	1500	856	1700	906	1300	956	1900
807	1400	857	2000	907	1800	957	1600
808	1500	858	1700	908	1800	958	1400
809	2000	859	1500	909	1800	959	1800
810	1900	860	1800	910	1600	960	1500

961	1500	971	1500	981	1200	991	1800
962	1200	972	1500	982	1700	992	1900
963	1700	973	1500	983	1700	993	1100
964	1900	974	1500	984	1900	994	1400
965	1400	975	1200	985	2000	995	1200
966	1800	976	1700	986	1300	996	1800
967	2000	977	1300	987	2000	997	2000
968	1600	978	2000	988	1500	998	1500
969	1300	979	1500	989	2100	999	1300
970	1100	980	1500	990	1400	1000	1600

1.000 rulmandan oluşan yukarıdaki örnek, dayanma sürelerine göre tasnif edilirse, rulman dayanma sürelerinin kesin dağılımı aşağıdaki (Tablo-1)deki gibi olacaktır.

<u>Rulman Dayanma Süresi (Saat)</u>	<u>Geçmişteki Bozulma Sayısı</u>
1.000	0
1.100	15
1.200	50
1.300	60
1.400	100
1.500	135
1.600	175
1.700	150
1.800	125
1.900	90
2.000	75
2.100	20
2.200	5
2.300	0
	<u>1.000</u>

(Tablo-1) Rulman Dayanma Süreleri Dağılımı

Görüldüğü gibi, rulman dayanma süreleri dağılımına göre, 1.000 rulmanın 175'i 1.600 saat, 5'i 2.200 saat vb. dayanmıştır. Ömrü 1.100 saatten az rulman olmadığı gibi, 2.200 saatten fazla dayanan bir rulmana da rastlanmamıştır (1).

Tamir-bakım politikası konusunda yeni alternatifler geliştirebilmek için, ek bazı bilgilere daha ihtiyaç vardır. İlgililerden,

(1) Kolaylık sağlamak için, kayıtlardaki gerçek rakamların 100'ün katları şeklinde olması sağlanmıştır. Bunun için gerçek rakamların son iki haneleri 50'den az ise bir alt sınıfa, 50'den çok ise bir üst sınıfa dahil edilmiştir.

Tamir-Bakım Alt Bölümünde tutulan kayıtlardan ve muhasebe kayıtlarından alınan öteki karar verileri aşağıda düzenlenmiştir:

Mekanik Tamir-Bakım Süresi

Sadece bir rulman değiştirme	8 saat
iki rulmanı birden değiştirme	10 saat
Her üç rulmanı birden değiştirme	12 saat

Maliyet Verileri

Mekanik tamir-bakım ücreti	10 TL./Saat
Rulman fiyatı	20 TL./Adet
Boş geçen zaman maliyeti	150 TL./Saat

Bu bilgiler, arızalanan herhangi bir rulmanın değiştirilmesiyle oluşacak toplam maliyeti hesaplama olanağı sağlar:

Sadece Bir Rulman Değiştirmenin Toplam Maliyeti

Mekanik tamir-bakım ücreti(8 saatx10 TL./saat)	80 TL.
Rulman maliyeti (1 rulmanx20 TL.)	20 TL.
Boş geçen zaman maliyeti (8 saatx150 TL./saat)	1.200 TL.
Toplam Maliyet	1.300 TL.

Görüldüğü gibi, bozulan herhangi bir rulmanın değiştirilmesi 1.300 TL.'ye mal olmaktadır. Aynı anda iki rulman birden bozulursa, bu iki rulmanı değiştirme maliyetini bulmak için, 1.300 TL.'ye ikinci rulmanın fiyatı olan 20 TL.'yi, 2 saatlik (1) ek tamir-bakım ücreti olan 20 TL.'yi ve 2 saatlik ek boş geçen zaman maliyeti olan 300 TL.'yi eklemek gerekir. Bu durumda iki rulmanı birden de-

(1) Sadece bir tek rulman değiştirme 8 saat sürmektedir. İki rulman birden değiştirme ise 10 saat sürmektedir. $10 - 8 = 2$ saat ek süre demektir.

ğıştırirmenin toplam maliyeti 1.640 TL. olacaktır. Aynı hesaplama, her üç rulmanı birden değıştirme için yapılırsa, maliyetin 1980 TL. olacağı açıktır! Üç rulmanı birden değıştirmenin toplam maliyeti daha açık bir şekilde aşağıdaki gibi bulunabilir:

Mekanik tamir-bakım ücreti (12 saatx10 TL./saat)	120 TL.
Rulman maliyeti (3 rulmanx20 TL.)	60 TL.
Boş geçen zaman maliyeti (12 saatx150 TL./saat)	1.800 TL.
Toplam Maliyet	<u>1.980 TL.</u>

Görüldüğü gibi, sadece bir rulman değıştirilmesi 1.300 TL.'ye malolduğu halde, iki rulmanın veya üç rulmanın birden değıştirilmesi sadece 340 TL.'lik ek maliyetler gerektirmektedir. İşte bu stratejik faktörden yararlanılarak çok sayıda tamir-bakım alternatifini geliştirilebilir. Geliştirilebilecek alternatiflerden en önemli görülen üç tanesi aşağıya sıralanmıştır:

1. ELMS'de halen yapılmakta olduğu gibi, herhangi bir rulmanın bozulması durumunda, sadece onu değıştirmek,
2. Herhangi bir rulman bozulduğu zaman, makinadaki her üç rulmanı birden değıştirmek,
3. Herhangi bir rulman bozulduğu zaman, bozulan rulman ile birlikte belirli bir saat (örneğin 1700 saat) kullanılmış olan rulman veya rulmanları da değıştirmek.

Yukarıdaki her üç alternatif önce elle, sonra da bilgisayarla simüle edilecektir. Söz konusu simülasyonlar, sistemin 10.000 saat, 20.000 saat, 30.000 saat veya daha fazla saat işletilmesi suretiyle yapılabilir. İdeal olan, sistemin sonsuza yakın bir saat işletilmesi suretiyle yapılan simülasyondur. Ancak bu, hem hesap-

lama güçlüğü, hem de zaman sorunu yaratır. Yukarıdaki alternatifler, sistem 20.000 saat işletilerek değerlendirilecektir.

II.4.4. Geliştirilen Alternatiflerin Elle Simulasyonu

Yukarıda geliştirilen her üç alternatif, ayrı ayrı elle simule edilerek, maliyet açısından rakamsal değerleri bulunacaktır.

II.4.4.1. Alternatif I ve Simulasyonu

Alternatif I, herhangi bir rulman bozulduğu zaman, sadece onu değiştirmek şeklinde belirlenmişti. Şimdi "Stokastik Simulasyon" ya da öteki adı olan "Monte Carlo Yöntemi" ile bu alternatif simule edilecektir.

(Tablo-1)'deki Rulman Dayanma Süreleri Dağılımından yararlanarak, gelecekte değiştirilecek her bir rulmanın kaç saat sonra bozulacağı kestirilebilir. Bunun için, geçmişteki bozulma sayılarının kümüle edilmesi gerekir. Aşağıdaki (Tablo-2), geçmişteki bozulma sayılarının kümüle edilmesini ve bu kümülasyona ilişkin tesadüfi sayı sınırlarını göstermektedir:

<u>Rulman dayanma süresi (Saat)</u>	<u>kümülatif olasılık</u>	<u>Tesadüfi sayı sınırları</u>
1.100	015	000 - 014
1.200	065	015 - 064
1.300	125	065 - 124
1.400	225	125 - 224
1.500	360	225 - 359
1.600	535	360 - 534
1.700	685	535 - 684
1.800	810	685 - 809
1.900	900	810 - 899
2.000	975	900 - 974
2.100	995	975 - 994
2.200	1.000	995 - 999

(Tablo-2) Rulman Dayanma Sürelerinin Kümülatif Dağılımı ve Bunlara Tekabül Eden Tesadüfi Sayılar

(Tablo-2)'ye göre, tesadüfi sayılar tablosundan üçer üçer çekilecek tesadüfi sayıların 000 ile 014 arasında olması olasılığı binde 15'tir ve bu durumda rulmanın ömrü, örnekte binde 15 ile temsil edilmekte olan 1.100 saat olacaktır. Aynı şekilde, üçer üçer çekilecek tesadüfi sayıların 015 ile 064 arasında olması olasılığı binde 50'dir ve bu durumda rulmanın ömrü 1.200 saat olacaktır.

Gelecekteki rulman dayanma sürelerini kestirebilmeyi daha açık bir şekilde açıklamak için, tesadüfi sayılar tablosundan, tesadüfi olarak 574,047 ve 283 sayıları çekilmiştir. Buna göre Rulman 1, Rulman 2 ve Rulman 3'ün (1) ömrü aşağıdaki gibi olacaktır:

(1) Bundan sonra, makinalarda bulunan aynı nitelikteki rulmanları birbirinden ayırmak için, Rulman 1, Rulman 2 ve Rulman 3 denilecektir.

	<u>Tesadüfi sayı</u>	<u>Rulman Ömrü(saat)</u>
Rulman 1	574	1.700
Rulman 2	047	1.200
Rulman 3	283	1.500

Gerçekten de çekilen 574 sayısı, (Tablo-2)'deki 535-684 tesadüfi sayı sınırları içinde kalmakta ve bu sınırlara tekabül eden kümülatif olasılık da, Rulman 1'in ömrünün 1.700 saat olacağını gösterir. İkinci tesadüfi sayı olan 047, rulman 2'nin 1.200 saat, üçüncü tesadüfi sayı olan 283 de Rulman 3'ün 1.500 saat sonra bozulacağına işaret eder. Bu duruma göre, önce 1.200 saat sonra Rulman 2 arızalanacak, bunu 1.500 saat sonra Rulman 3 izleyecek ve 1.700 saat dolunca her üç rulman da değiştirilmiş olacaktır. 1.700 saatin sonunda, her üç rulmanın ayrı ayrı değiştirilmesinin oluşturacağı toplam maliyet şöyle hesaplanacaktır:

1.300 TL.	bir tek rulmanın değiştirilme maliyeti.
x 3	değiştirilen rulman sayısı.
<hr/>	
3.900 TL.	1.700 saat içinde oluşan toplam değiştirme maliyeti

Yukarıda hesaplanan 3.900 TL.'lik toplam maliyet, sistemin 1.700 saat işletilmesi sonunda oluşan maliyettir. Tablo-3'deki simulasyon formunda, sistem 20.000 saat işletilerek, bu 20.000 saatin sonunda maliyetin ne olacağı araştırılacaktır.

Rulman değiş- tirme sayısı	Tesa- düfi Sayı	Beklenen dayanma süresi Rulman 1	Değiş- tirme Saati	Tesa- düfi Sayı	Beklenen dayanma süresi Rulman 2	Değiş- tirme Saati	Tesa- düfi Sayı	Beklenen dayanma süresi Rulman 3	Değiş- tirme Saati
1	428	1.600	1.600	099	1.300	1.300	337	1.500	1.500
2	937	2.000	3.600	154	1.400	2.700	375	1.600	3.100
3	115	1.300	4.900	770	1.800	4.500	450	1.600	4.700
4	973	2.000	6.900	721	1.800	6.300	540	1.700	6.400
5	515	1.600	8.500	406	1.600	7.900	744	1.800	8.200
6	551	1.700	10.200	947	2.000	9.900	857	1.900	10.100
7	490	1.600	11.800	550	1.700	11.600	205	1.400	11.500
8	019	1.200	13.000	197	1.400	13.000	678	1.700	13.200
9	929	2.000	15.000	245	1.500	14.500	063	1.200	14.400
10	399	1.600	16.600	972	2.000	16.500	631	1.700	16.100
11	379	1.600	18.200	082	1.300	17.800	437	1.600	17.700
12	625	1.700	19.900	320	1.500	19.300	913	2.000	19.700
13	902	2.000	21.900	685	1.800	21.100	769	1.800	21.500
14	563	1.700	23.600	125	1.400	22.500	562	1.700	23.200

(Tablo-3) Alternatif I'in 20.000 Saatlik Simulasyonu

(Tablo-3)de görüldüğü gibi, sistem 20.000 saat işlerse, Rulman 1 ve Rulman 3, 12'şer defa, Rulman 2 ise 13 defa değiştirilecektir. Böylece, 20.000 saat içinde değiştirilen rulman sayısı 37 olacaktır. Alternatif I'in rakamsal sonucu ise, 48.100 TL. olacaktır. 48.100 TL.'lık rakamsal sonuç aşağıdaki gibi hesaplanacaktır:

1.300 TL. bir tek rulmanın değiştirme maliyeti.
x 37 20.000 saat içinde değiştirilen rulman sayısı.
48.100 TL. Alternatif I'in 20.000 saat içinde oluşan toplam maliyeti.

II.4.4.2. Alternatif II ve Simulasyonu

Alternatif II, herhangi bir rulman arızalandığı zaman, makinadaki her üç rulmanı birden değiştirmek şeklinde tanımlanmıştır. (Tablo-4), bu alternatifin simulasyonunu göstermektedir.

Üçlü deği- tirme sayısı	Tesadüfi sayı	Beklenen dayanma süresi Rulman 1	Tesadüfi sayı	Beklenen dayanma süresi Rulman 2	Tesadüfi sayı	Beklenen dayanma süresi Rulman 3	Üçlü değiştirme yapılacağı saat
1	945	2.000	953	2.000	365	1.600	1.600
2	674	1.700	989	2.100	876	1.900	3.300
3	113	1.300	784	1.800	358	1.500	4.600
4	476	1.600	976	2.100	212	1.400	6.000
5	654	1.200	597	1.700	311	1.500	7.200
6	583	1.700	197	1.400	905	2.000	8.600
7	453	1.600	198	1.400	813	1.900	10.000
8	097	1.300	261	1.500	894	1.900	11.300
9	853	1.900	002	1.100	473	1.600	12.400
10	402	1.600	466	1.600	881	1.900	14.000
11	112	1.300	126	1.400	639	1.700	15.300
12	809	1.800	291	1.500	952	2.000	16.800
13	772	1.800	643	1.700	543	1.700	18.500
14	520	1.600	076	1.300	442	1.600	19.800
15	059	1.200	512	1.600	714	1.800	21.000
16	575	1.700	358	1.500	410	1.600	22.700

(Tablo-4) Alternatif II'nin 20.000 saatlik Simulasyonu

(Tablo-4) incelenirse, birinci üçlü değiştirme, Rulman 3'ün 1.600 saat sonra arızalanması sonucunda yapılacaktır. İkinci üçlü değiştirme ise, Rulman 1, 1.700 saat sonra bozulacağı için, başlangıçtan 3.300 saat sonra yapılacaktır. Öteki değiştirmelerin yapılacağı saati bulmak için, hangi rulmanın, en erken kaç saat

sonra bozulacağına bakmak gerekir. (Tablo-4) de, bu saatlerin altı çizilmiştir. (Tablo-4)'ün en sağındaki sütun ise, sistemin sıfır saatten 22.700 saate kadar çalışmasını ve üçlü değiştirmelerin yapılacağı saatleri göstermektedir.

(Tablo-4)'e göre, Alternatif II'deki üçlü değiştirmelerin sayısı 14 olmaktadır. Buna göre, Alternatif II'nin rakamsal sonucu 27.720 TL. olacaktır (1). Alternatif II'nin rakamsal sonucu aşağıdaki yoldan da hesaplanabilir:

Üçlü rulman değiştirme sayısı 14 (bkz.: Tablo-4)

Değiştirilen rulmanların sayısı 42 (14 x 3 adet)

Boş geçen zaman (saat) 168 (14 x 12 saat)

MALİYET

Mekanik tamir-bakım ücreti 1.680 (168x10TL./saat)

Rulman maliyeti 840 (42x20 TL./adet)

Boş geçen zaman maliyeti 25.200 (168x150 TL./saat)

Toplam maliyet 27.720 TL.

Görüldüğü gibi, Alternatif I'in rakamsal sonucu 48.100 TL. olduğu halde, Alternatif II'nin rakamsal sonucu 27.720 TL. olmaktadır.

II.4.4.3. Alternatif III ve Simülasyonu

Alternatif III, herhangi bir rulman bozulduğu zaman, bozulan rulman ile birlikte belirli bir saat veya daha fazla (örneğin

(1) Daha önce sayfa 110'da hesaplandığı gibi, üç rulmanı birden değiştirmenin toplam maliyeti 1.980 TL. olarak hesaplanmıştı. Bu duruma göre, Alternatif II'nin 20.000 saatlik toplam maliyeti:
1.980 x 14 = 27.720 TL. olacaktır.

1700 saat veya daha fazla) kullanılmış olan rulman veya rulmanları da değiştirmek şeklinde tanımlanmıştı. Bu alternatifini simule edebilmek için, bozulan herhangi bir rulman ile birlikte 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600, 1700, 1800, 1900, 2000, 2100 ve 2200 saat kullanılmış olan rulman veya rulmanları, ayrı ayrı sisteme dahil ederek, her birinin tek tek simulasyonunu yapmak gerekir. Başka bir deyişle, bu alternatifinin simulasyonu için 12 tane ayrı simulasyon formu hazırlamak ve 12 ayrı rakamsal sonuç bulmak gerekir..

Aynı alternatifler, ileride bilgisayarla da simule edileceği için, burada 12 ayrı simulasyon yapmanın gereği yoktur. Yeri geldiği zaman, bilgisayar, Alternatif III'ün 12 ayrı durumunu simule edecek biçimde programlanacaktır. Ancak, Alternatif III'ün elle nasıl simule edileceğini göstermek için, bozulan herhangi bir rulman ile birlikte, önce 1400 veya daha fazla saat, sonra 1700 veya daha fazla saat kullanılmış rulmanları da değiştirme sıklarnın simulasyonu yapılacaktır. (Tablo-5), Alternatif III'ün 1400 saatlik kesim noktasına göre 20.000 saatlik simulasyonunu göstermektedir.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tesadüfî sayı	Beklenen dayanma süresi Rulman 1	Tesadüfî sayı	Beklenen dayanma süresi Rulman 2	Tesadüfî sayı	Beklenen dayanma süresi Rulman 3	Tek değiştirme sayısı	Çift değiştirme sayısı	Öçü değiştirme sayısı	Rulman 1 değiştirmelerinin kaç saat ara ile yapılacağı	Rulman 2 değiştirmelerinin kaç saat ara ile yapılacağı	Rulman 3 değiştirmelerinin kaç saat ara ile yapılacağı	Rulman 1 değiştirme saatleri	Rulman 2 değiştirme saatleri	Rulman 3 değiştirme saatleri
101	1.300	839	1.900	732	1.800	1	1	--	1.300	1.800	1.800	1.300	1.800	1.800
056	1.200	908	2.000	070	1.300	3	--	--	1.200	2.000	1.300	2.500	3.800	3.100
066	1.300	897	1.900	030	2.000	1	1	--	1.300	1.900	1.900	3.800	5.700	5.000
085	1.300	831	1.900	057	1.200	3	--	--	1.300	1.900	1.200	5.100	7.600	6.200
825	1.900	057	1.200	854	1.900	1	1	--	1.900	1.200	1.900	7.000	8.800	8.100
245	1.500	058	1.200	601	1.700	1	1	--	1.500	1.200	1.500	8.500	10.000	9.600
021	2.000	938	2.100	845	1.900	--	--	1	1.900	1.900	1.900	10.400	11.900	11.100
511	1.600	173	1.400	687	1.800	--	--	1	1.400	1.400	1.400	11.800	13.300	12.900
891	1.900	036	1.700	146	1.400	--	--	1	1.400	1.400	1.400	13.200	14.700	14.300
912	2.000	756	1.800	027	1.200	1	1	--	1.800	1.800	1.200	15.000	16.500	15.000
522	1.600	715	1.800	476	1.600	--	--	1	1.600	1.600	1.600	16.600	18.100	17.100
678	1.700	841	1.900	706	1.800	--	--	1	1.700	1.700	1.700	18.300	19.800	18.800
014	1.100	806	1.800	253	1.500	1	1	--	1.100	1.800	1.500	19.400	21.600	20.300
825	1.900					1		--	1.900			21.300		
						13	6	5	21.300	21.600	20.300			

(Tablo-5) Alternatif III'ün 1400 Saatlik Kesim Notkasına Göre 20.000 Saatlik Simulasyonu

(Tablo-5)'e göre, sıfır saatte işlemeye başlayan sistemin ilk 1300 saatinde Rulman 1 arızalanacaktır. Ancak, öteki iki rulman, henüz, kesim noktası olan 1400 saati doldurmadığı için, Rulman 1 tek başına değiştirilecektir. 1800 saate gelindiğinde, Rulman 3 arızalanacaktır. Aynı anda Rulman 2, kesim noktası olan 1400 saati doldurmuş (1900 olarak tabloda altı çizilmiştir) durumdadır. O halde, şartlar mevcut olduğu için, 1800 saatte hem rulman 3, hem de Rulman 2 değiştirilecektir.

(Tablo-5)'in öteki satırları da aynı şekilde açıklanabilir. Örneğin, ikinci satır göz önüne getirilmiş olsun. İlk değiştirmeden 1200 saat sonra Rulman 1 arızalanacaktır. Aynı anda öteki iki rulman henüz kesim noktasına ulaşmadıkları için, Rulman 1 tek başına değiştirilecektir. Daha sonra, ilk değiştirilmesinden 1200 saat geçince Rulman 3 arızalanacaktır. Aynı anda Rulman 2 henüz kesim noktasına ulaşmamış olacağı için, Rulman 3 de tek başına değiştirilecektir. En sonunda, ilk değiştirmeden 2000 saat sonra Rulman 2 arızalanacak ve o da tek başına değiştirilecektir.

Her üç rulmanın birden değiştirilmesini açıklamak için, yedinci satır göz önüne getirilmiş olsun. 11.100'üncü saatte (15'inci sütunun 7'inci satırındaki rakam) ya da başka bir değişle, altıncı değiştirmeden 1900 saat sonra, Rulman 3 arızalanacaktır. Aynı anda, öteki iki rulman, kesim noktası olan 1400 saati doldurmuş bulunacakları için, her üç rulman birden değiştirilecektir.

(Tablo-5)'de 7, 8 ve 9'uncü sütunlar rulmanların tek, çift veya üçlü değiştirme sayılarını tesbit etmektedir. 7, 8 ve 9 sütunlarının en sonundaki rakamlar ise, tek, çift veya üçlü değiştirme sayılarının toplamını vermektedir.

(Tablo-5)'in 10, 11 ve 12'inci sütunları ise, Rulman 1, Rulman 2 ve Rulman 3'e ilişkin değiştirmelerin kaç saatlik aralarla yapılacağını göstermektedir. Tablonun 13, 14 ve 15'inci sütunları ise, 10, 11 ve 12'inci sütunların kümüle edilmiş seklidir.

1400 saatlik kesim noktasına göre, Alternatif III'ün rakamsal sonucunu bulmak için, (Tablo-5)'deki tek, çift ve üçlü değiştirme sayılarından yararlanılır:

Tek değiştirmelerin sayısı	13
Çift değiştirmelerin sayısı	6
Üçlü değiştirmelerin sayısı	5
Değiştirilen toplam rulman	40 [13+(6x2) + (5x3)]
Boş geçen zaman (saat)	224 [(13x8) + (6x10) + (5x12)]

MALİYET

Tamir-bakım ücreti	2.240	(224x10 TL./Saat)
Rulman maliyeti	800	(40x20 TL./Adet)
Boş geçen zaman maliyeti	33.600	(224x150 TL./Saat)

Toplam Maliyet 36.640 TL.

Yukarıda hesaplanan 36.640 TL.'lık sonuç, aşağıdaki yoldan giderek de hesaplanabilir:

Tek tek değiştirme maliyeti	(13 x 1300)	16.900 TL.
Çift değiştirme maliyeti	(6 x 1640)	9.840 TL.
Üçlü değiştirme maliyeti	(5 x 1940)	9.900 TL.

Toplam Maliyet 36.640 TL.

Alternatif III'ün 1700 saatlik kesim noktasına göre 20.000 saatlik simulasyonu da (Tablo-6)'da görülmektedir:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tesadüfl sayı	Beklenen dayanma süresi Rulman 1	Tesadüfl sayı	Beklenen dayanma süresi Rulman 2	Tesadüfl sayı	Beklenen dayanma süresi Rulman 3	Tek değiştirme sayısı	Çift değiştirme sayısı	Üçlü değiştirme sayısı	Rulman 1 değiştirmelerinin kaç saat ara ile yapılacağı	Rulman 2 değiştirmelerinin kaç saat ara ile yapılacağı	Rulman 3 değiştirmelerinin kaç saat ara ile yapılacağı	Rulman 1 değiştirme saatleri	Rulman 2 değiştirme saatleri	Rulman 3 değiştirme saatleri
838	1.900	039	1.200	374	1.500	3	--	--	1.900	1.200	1.600	1.900	1.200	1.600
177	1.400	844	<u>1.900</u>	811	<u>1.900</u>	1	1	--	1.400	1.900	1.900	3.300	3.100	3.500
158	1.400	068	1.300	742	1.800	3	--	--	1.400	1.300	1.800	4.700	4.400	5.300
742	<u>1.800</u>	479	1.600	826	<u>1.900</u>	1	1	--	1.800	1.600	1.800	6.500	6.000	7.100
752	<u>1.800</u>	878	<u>1.900</u>	481	1.600	1	1	--	1.800	1.800	1.600	8.300	7.800	8.700
369	1.600	010	1.100	981	2.100	3	--	--	1.600	1.100	2.100	9.900	8.900	10.800
091	1.300	990	2.100	404	1.600	3	--	--	1.300	2.100	1.600	11.200	11.000	12.400
421	1.600	922	2.000	472	1.600	3	--	--	1.600	2.000	1.600	12.300	13.000	14.000
232	1.500	677	<u>1.700</u>	927	<u>2.000</u>	1	1	--	1.500	1.700	1.700	14.300	14.700	15.700
408	1.600	777	1.800	432	1.600	3	--	--	1.600	1.800	1.600	15.900	16.500	17.300
969	<u>2.000</u>	961	<u>2.000</u>	095	1.300	1	1	--	2.000	2.000	1.300	17.900	18.500	18.600
901	<u>2.000</u>	607	<u>1.700</u>	320	1.500	1	1	--	1.700	1.700	1.500	19.600	20.200	20.100
290	1.500					1			1.500					
						25	6	0	21.100	20.200	20.100			

(Table-6) Alternatif III'ün 1700 saatlik Kesim Noktasına Göre 20.000 Saatlik Simulasyonu

1.700 saatlik kesim noktasına göre, Alternatif III'ün rakamsal sonucu en kısa yoldan şöyle hesaplanabilir:

Tek değiştirme maliyeti (25 x 1.300)	32.500 TL.
Çift değiştirme maliyeti (6 x 1.640)	9.840 TL.
Toplam maliyet	42.340 TL.

Yukarıda, Alternatif 1, Alternatif 2 ve Alternatif 3, sistem 20.000 saat işletilerek simule edilmiştir. (Tablo-7), her üç alternatifin simulasyon sonuçlarını özet halinde vermektedir.

	<u>Alternatif 1</u>	<u>Alternatif 2</u>	<u>A l t e r n a t i f 3</u>	
		Bozulan herhangi bir rulmanı ve ötekileri değiştirme	Bozulan rulmanla birlikte en az 1.400 saat işlemiş rulmanı da değiştirme	Bozulan rulmanla birlikte en az 1.700 saat işlemiş rulmanı da değiştirme
Tek değiştirme sayısı	37	-	13	25
Çift değiştirme sayısı	-	-	6	6
Üçlü değiştirme sayısı	-	14	5	-
Değiştirilen toplam rulman	37	42	40	37
Boş geçen toplam zaman(saatt)	296	168	224	260
MALİYET				
Tamir-bakım ücreti	2.960	1.680	2.240	2.600
Rulman maliyeti	740	840	800	740
Boş geçen zaman maliyeti	44.400	25.200	33.600	39.000
TOPLAM MALİYET	48.100 TL.	27.720 TL.	36.640 TL.	42.340 TL.

(Tablo-7) Alternatiflerin Toplu Simulasyon Sonuçları

Tüm alternatiflerin simulasyon sonuçlarını özet halinde veren (Tablo-7), dikkatle incelenirse, ilginç sonuçlar bulunabilir:

1. Maliyet enazlaması amacına göre, en elverişli alternatif, 27.720 TL. ile Alternatif II'dir.

2. Alternatif III'de kesim noktası yükseldikçe maliyet artmaktadır.
3. Tablonun ortaya koyduğu en önemli sonuç, zamanın değerini açıkça göstermesidir. Boş yere zaman geçirmenin bir maliyeti olduğuna Türkiye'de pek dikkat edilmez. Oysa, alternatiflerin toplam maliyetini etkileyen en önemli faktör, boş geçen zaman maliyetidir.
4. ELMS'nin halen yürütmekte olduğu tamir-bakım politikası Alternatif I'dir. Oysa, Alternatif II'yi benimserse, her 20.000 saat için 20.380 TL. (48.100 - 27.720) tasarruf etmiş olacaktır. Tüm tamir-bakım eylemi için benzer hesaplamalar yaparak en elverişli alternatifi belirlemesi durumunda ise, Müessese'nin elde edeceği kazancın büyüklüğü tartışma götürmeyecektir.

II.4.5. Alternatiflerin Bilgisayarla Simulasyonu

Aynı alternatifler, daha kısa zamanda ve daha derli toplu bir biçimde, bilgisayarla simule edilebilir. Bunun için, önce bir bilgisayar programı yazmak gerekir. Her üç alternatifi, el simulasyonunda izlenen kurallar içinde simule edebilecek nitelikte bir bilgisayar programı (EK-1)'de sunulmuştur. (EK-1)'deki programın sonuna, Alternatif 1 ve 2'ye ait veri kartları ile Alternatif 3'ün tüm kesim noktalarını içeren veri kartları konularak, program, Eskişehir İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi'ndeki bilgisayardan geçirilmiştir. Bilgisayar çıktıları, bilgisayarın düzenlediği sıra ile, aşağıda verilmiştir.

Söz konusu bilgisayar çıktılarının açıklanması, çıktıların sonunda yapılacaktır.

EİTİA

BİLGİ İŞLEM MERKEZİ

ESKİŞEHİR

TAMİR-BAKIM PROGRAMI EİMS PLAN 1

*

*

İLK 20 DEĞİSTİRME SÖYLEDİR

RULMAN BÖZÜLDÜĞÜ SAAT DEĞİŞEN RULMANLAR

1	1500.	1 0 0
2	1600.	0 1 0
3	1900.	0 0 1
1	3100.	1 0 0
2	3300.	0 1 0
3	3900.	0 0 1
1	4700.	1 0 0
2	4900.	0 1 0
3	5300.	0 0 1
1	6500.	1 0 0
3	6600.	0 1 1
3	8200.	0 0 1
2	8300.	0 1 0
1	8400.	1 0 0
3	9500.	0 0 1
1	10000.	1 0 0
2	10300.	0 1 0
3	10900.	0 0 1
1	11200.	1 0 0
2	11800.	0 1 0
3	12300.	0 0 1

SONUCLAR - 20200. SAAT SONRA PLAN 1 3000

	SAYISI	MALİYETİ
TEK DEĞİSTİRME SAYISI	35	80.00
CİFT DEĞİSTİRME SAYISI	1	100.00
UÇLU DEĞİSTİRME SAYISI	0	120.00
DEĞİŞEN RULMAN TOPLAMI	35	20.00
BOS ZAMAN SAAT	274.	150.00
MALİYET ÖZETİ		TOPLAM
MEKANİK BAKIM		2740.00
RULMAN		700.00
BOS ZAMAN		41100.00
TOPLAM MALİYET		44540.00

EİTİA

BİLGİ İŞLEM MERKEZİ

ESKİŞEHİR

TAMİR-BAKIM PROGRAMI ELMS PLAN 2

*

*

İLK 20 DEĞİSTİRME SÖZLEŞİDİR

RULMAN BOZULDUĞU SAAT DEĞİŞEN RULMANLAR

1	1500.	1	1	1
1	3100.	1	1	1
3	4500.	1	1	1
3	5800.	1	1	1
3	7400.	1	1	1
3	8700.	1	1	1
1	9900.	1	1	1
3	11300.	1	1	1
2	12800.	1	1	1
3	14400.	1	1	1
3	16000.	1	1	1
3	17700.	1	1	1
3	19100.	1	1	1
2	20600.	1	1	1

SONUCLAR - 20600. SAAT SONRA PLAN 2 0

	SAYISI	MALİYETİ
TEK DEĞİSTİRME SAYISI	0	80.00
CİFT DEĞİSTİRME SAYISI	0	100.00
UÇLU DEĞİSTİRME SAYISI	14	120.00
DEĞİŞEN RULMAN TOPLAMI	42	20.00
BOS ZAMAN SAAT	168.	150.00
MALİYET ÖZETİ		TOPLAM
MEKANİK BAKIM		1680.00
RULMAN		840.00
BOS ZAMAN		25200.00
TOPLAM MALİYET		27720.00

EİTİA

BİLGİ İŞLEM MERKEZİ

ESKİŞEHİR

TAMİR-BAKIM PROGRAMI EİLMS PLAN 3

*

*

İLK 20 DEĞİSTİRME SOYLEDİR

RULMAN ROZULDUĞU SAAT DEĞİSEN RULMANLAR

1	1500.	1	1	1
1	3100.	1	1	1
3	4500.	1	1	1
3	5800.	1	1	1
3	7400.	1	1	1
3	8700.	1	1	1
1	9900.	1	1	1
3	11300.	1	1	1
2	12800.	1	1	1
3	14400.	1	1	1
3	16000.	1	1	1
3	17700.	1	1	1
3	19100.	1	1	1
2	20600.	1	1	1

SONUCLAR - 20600. SAAT SONRA PLAN 3 1100

	SAYISI	MALİYETİ
TEK DEĞİSTİRME SAYISI	0	80.00
CİFT DEĞİSTİRME SAYISI	0	100.00
UÇLU DEĞİSTİRME SAYISI	14	120.00
DEĞİSEN RULMAN TOPLAMI	42	20.00
BOS ZAMAN SAAT	168.	150.00
MALİYET ÖZETİ		TOPLAM
MEKANİK BAKIM		1680.00
RULMAN		840.00
BOS ZAMAN		25200.00
TOPLAM MALİYET		27720.00

EİTİA

BİLGİ İŞLEM MERKEZİ

ESKİŞEHİR

TAMİR-BAKIM PROGRAMI EİLS PLAN 3

*
*

İLK 20 DEĞİSTİRME SÖYLEDİR

RULMAN BOZULDUĞU SAAT	DEĞİSEN RULMANLAR
1 1500.	1 1 1
1 3100.	1 1 1
3 4500.	1 1 1
3 5800.	1 1 1
3 7400.	1 1 1
3 8700.	1 1 1
1 9900.	1 1 1
3 11300.	1 1 1
2 12800.	1 1 1
3 14400.	1 1 1
3 16000.	1 1 1
3 17700.	1 1 1
3 19100.	1 1 1
2 20600.	1 1 1

SONUÇLAR - 20600. SAAT SONRA PLAN 3 1200

	SAYISI	MALİYETİ
TEK DEĞİSTİRME SAYISI	0	80.00
CİFT DEĞİSTİRME SAYISI	0	100.00
UÇLU DEĞİSTİRME SAYISI	14	120.00
DEĞİSEN RULMAN TOPLAMI	42	20.00
BOS ZAMAN/SAAT	168.	150.00
MALİYET ÖZETİ		TOPLAM
MEKANİK BAKIM		1680.00
RULMAN		840.00
BOS ZAMAN		25200.00
TOPLAM MALİYET		27720.00

EİTİA

BİLGİ İŞLEM MERKEZİ

ESKİŞEHİR

TAMİR-BAKIM PROGRAMI EİMS PLAN 3

*
*

İLK 20 DEĞİSTİRME SÖYLEDİR

RULMAN BOZULDUĞU SAAT	DEĞİSEN RULMANLAR
1 1500.	1 1 1
1 3100.	1 1 1
3 4500.	1 1 1
3 5800.	1 1 1
3 7400.	1 1 1
3 8700.	1 1 1
1 9900.	1 0 0
3 10100.	0 1 1
3 11500.	1 1 1
2 13000.	1 1 1
3 14600.	1 1 1
3 16200.	1 1 1
3 17900.	1 1 1
3 19300.	1 1 1
2 20800.	1 1 1

SONUCLAR - 20800. SAAT SONRA, PLAN 3	1300	
	SAYISI	MALİYETİ
TEK DEĞİSTİRME SAYISI	1	80.00
CİFT DEĞİSTİRME SAYISI	1	100.00
UÇLU DEĞİSTİRME SAYISI	13	120.00
DEĞİSEN RULMAN TOPLAMI	42	20.00
BOS ZAMAN, SAAT	174.	150.00
MALİYET ÖZETİ		TOPLAM
MEKANİK BAKIM		1740.00
RULMAN		840.00
BOS ZAMAN		26100.00
TOPLAM MALİYET		28680.00

EİTİA

BİLGİ İŞLEM MERKEZİ

ESKİŞEHİR

TAMİR-BAKIM PROGRAMI EİMS PLAN 3

*

*

İLK 20 DEĞİSTİRME SÖYLEDİR

RULMAN BOZULDUĞU SAAT	DEĞİSEN RULMANLAR
1 1500.	1 1 1
1 3100.	1 1 1
3 4500.	1 1 1
3 5800.	0 0 1
2 6200.	1 1 0
3 7400.	0 0 1
2 7900.	1 1 0
3 8700.	0 0 1
1 9500.	1 1 0
3 10100.	0 0 1
1 10700.	1 0 0
2 11000.	0 1 0
3 11500.	0 0 1
2 12400.	1 1 0
3 13200.	0 0 1
2 13900.	1 1 0
3 14800.	0 0 1
1 15500.	1 1 0
3 16400.	0 0 1
2 17500.	1 1 0
3 18100.	0 0 1

SONUCLAR - 21000. SAAT SONRA, PLAN 3 1400
SAYISI MALİYETİ

TEK DEĞİSTİRME SAYISI	12	80.00
CİFT DEĞİSTİRME SAYISI	8	100.00
UÇLU DEĞİSTİRME SAYISI	4	120.00
DEĞİSEN RULMAN TOPLAMI	40	20.00
BOS ZAMAN, SAAT	224.	150.00
MALİYET ÖZETİ		TOPLAM
MEKANİK BAKIM		2240.00
RULMAN		800.00
BOS ZAMAN		33600.00
TOPLAM MALİYET		36640.00

EİTİA

BİLGİ İŞLEM MERKEZİ

ESKİŞEHİR

TAMİR-BAKIM PROGRAMI EİMS PLAN 3

*

*

İLK 20 DEĞİSTİRME SOYLEDİR

RULMAN BOZULDUĞU SAAT DEĞİSEN RULMANLAR

1	1500.	1 1 1
1	3100.	1 1 1
3	4500.	0 0 1
2	4700.	1 1 0
3	5800.	0 0 1
2	6400.	1 1 0
3	7400.	0 0 1
2	8100.	1 1 0
3	8700.	0 0 1
1	9700.	1 1 0
3	10100.	0 0 1
1	10900.	1 0 0
2	11200.	0 1 0
3	11500.	0 0 1
2	12600.	1 1 0
3	13200.	0 0 1
2	14100.	1 1 0
3	14800.	0 0 1
1	15700.	1 1 0
3	16400.	0 0 1
2	17700.	1 1 0

SONUCLAR - 21200. SAAT SONRA, PLAN 3 1500
SAYISI MALİYETİ

TEK DEĞİSTİRME SAYISI	12	80.00
CİFT DEĞİSTİRME SAYISI	8	100.00
UÇLU DEĞİSTİRME SAYISI	4	120.00
DEĞİSEN RULMAN TOPLAMI	40	20.00
BOS ZAMAN/SAAT	224.	150.00
MALİYET ÖZETİ		TOPLAM
MEKANİK BAKIM		2240.00
RULMAN		800.00
BOS ZAMAN		33600.00
TOPLAM MALİYET		36640.00

EİTİA

BİLGİ İŞLEM MERKEZİ

ESKİŞEHİR

TAMİR-BAKIM PROGRAMI EİMS PLAN 3

*

*

İLK 20 DEĞİSTİRME SÖZLEŞİDİR

RULMAN BOZULDUĞU SAAT DEĞİŞEN RULMANLAR

1	1500.	1 0 0
2	1600.	0 1 1
1	3100.	1 0 0
2	3300.	0 1 1
3	4700.	1 0 1
2	4900.	0 1 0
3	6000.	0 0 1
1	6500.	1 1 0
3	7600.	0 0 1
2	8200.	1 1 0
3	8900.	0 0 1
1	9800.	1 1 0
3	10300.	0 0 1
1	11000.	1 0 0
2	11300.	0 1 0
3	11700.	0 0 1
2	12700.	1 1 0
3	13400.	0 0 1
2	14200.	0 1 0
1	14600.	1 0 0
3	15000.	0 0 1

SONUÇLAR - 21400. SAAT SONPA, PLAN 3 1600

	SAYISI	MALİYETİ
TEK DEĞİSTİRME SAYISI	18	80.00
CİFT DEĞİSTİRME SAYISI	8	100.00
UÇLU DEĞİSTİRME SAYISI	2	120.00
DEĞİŞEN RULMAN TOPLAMI	40	20.00
BOS ZAMAN, SAAT	248.	150.00
MALİYET ÖZETİ		TOPLAM
MEKANİK BAKIM		2480.00
RULMAN		800.00
BOS ZAMAN		37200.00
TOPLAM MALİYET		40480.00

EİTİA

BİLGİ İŞLEM MERKEZİ

ESKİŞEHİR

TAMİR-BAKIM PROGRAMI ELMS PLAN 3

*

*

İLK 20 DEĞİSTİRME SÖYLEDİR

RULMAN BOZULDUĞU SAAT DEĞİŞEN RULMANLAR

1	1500.	1 0 0
2	1600.	0 1 0
3	1900.	0 0 1
1	3100.	1 0 0
2	3300.	0 1 0
3	3400.	0 0 1
1	4700.	1 0 0
2	4900.	0 1 0
3	5300.	0 0 1
1	6500.	1 0 0
3	6600.	0 1 1
3	8200.	1 0 1
2	8300.	0 1 0
3	9500.	0 0 1
1	9800.	1 0 0
2	10300.	0 1 0
3	10900.	0 0 1
1	11000.	1 0 0
2	11800.	0 1 0
3	12300.	0 0 1
1	12700.	1 0 0

SONUCLAR - 20000. SAAT SONRA, PLAN 3 1700

	SAYISI	MALİYETİ
TEK DEĞİSTİRME SAYISI	31	80.00
CİFT DEĞİSTİRME SAYISI	2	100.00
UÇLU DEĞİSTİRME SAYISI	0	120.00
DEĞİŞEN RULMAN TOPLAMI	35	20.00
BOS ZAMAN, SAAT	268.	150.00
MALİYET ÖZETİ		TOPLAM
MEKANİK BAKIM		2680.00
RULMAN		700.00
BOS ZAMAN		40200.00
TOPLAM MALİYET		43580.00

EİTİA

BİLGİ İŞLEM MERKEZİ

ESKİŞEHİR

TAMİR-BAKIM PROGRAMI ELMS PLAN 3

*
*

İLK 20 DEĞİSTİRME SÖYLEDİR

RULMAN BOZULDUĞU SAAT	DEĞİSEN RULMANLAR
1 1500.	1 0 0
2 1600.	0 1 0
3 1900.	0 0 1
1 3100.	1 0 0
2 3300.	0 1 0
3 3900.	0 0 1
1 4700.	1 0 0
2 4900.	0 1 0
3 5300.	0 0 1
1 6500.	1 0 0
3 6600.	0 1 1
3 8200.	0 0 1
2 8300.	1 1 0
3 9500.	0 0 1
1 9900.	1 0 0
2 10300.	0 1 0
3 10900.	0 0 1
1 11100.	1 0 0
2 11800.	0 1 0
3 12300.	0 0 1
1 12800.	1 0 0

SONUCLAR - 2010G. SAAT SONRA, PLAN 3 1800

	SAYISI	MALİYETİ
TEK DEĞİSTİRME SAYISI	29	80.00
CİFT DEĞİSTİRME SAYISI	3	100.00
UÇLU DEĞİSTİRME SAYISI	0	120.00
DEĞİSEN RULMAN TOPLAMI	35	20.00
BOS ZAMAN, SAAT	262.	150.00
MALİYET ÖZETİ		TOPLAM
MEKANİK BAKIM		2620.00
RULMAN		700.00
BOS ZAMAN		39300.00
TOPLAM MALİYET		42620.00

EİTİA

BİLGİ İŞLEM MERKEZİ

ESKİŞEHİR

TAMİR-BAKIM PROGRAMI ELMS PLAN 3

*

*

İLK 20 DEĞİSTİRME SÖZLEŞİDİR

PULMAN BOZULDUĞU SAAT DEĞİŞEN RULMANLAR

1	1500.	1 0 0
2	1600.	0 1 0
3	1900.	0 0 1
1	3100.	1 0 0
2	3300.	0 1 0
3	3900.	0 0 1
1	4700.	1 0 0
2	4900.	0 1 0
3	5300.	0 0 1
1	6500.	1 0 0
3	6600.	0 1 1
3	8200.	0 0 1
2	8300.	0 1 0
1	8400.	1 0 0
3	9500.	0 0 1
1	10000.	1 0 0
2	10300.	0 1 0
3	10900.	0 0 1
1	11200.	1 0 0
2	11800.	0 1 0
3	12300.	0 0 1

SONUÇLAR - 20200. SAAT SONRA, PLAN 3 1900

	SAYISI	MALİYETİ
TEK DEĞİSTİRME SAYISI	33	80.00
CİFT DEĞİSTİRME SAYISI	1	100.00
UÇLU DEĞİSTİRME SAYISI	0	120.00
DEĞİŞEN RULMAN TOPLAMI	35	20.00
BOS ZAMAN/SAAT	274.	150.00
MALİYET ÖZETİ		TOPLAM
MEKANİK BAKIM		2740.00
RULMAN		700.00
BOS ZAMAN		41100.00
TOPLAM MALİYET		44540.00

EİTİA

BİLGİ İŞLEM MERKEZİ

ESKİŞEHİR

TAMİR-BAKIM PROGRAMI EİMS PLAN 3

*

*

İLK 20 DEĞİSTİRME SOYLEDİR

RULMAN BOZULDUĞU SAAT	DEĞİSEN RULMANLAR
1 1500.	1 0 0
2 1600.	0 1 0
3 1900.	0 0 1
1 3100.	1 0 0
2 3300.	0 1 0
3 3900.	0 0 1
1 4700.	1 0 0
2 4900.	0 1 0
3 5300.	0 0 1
1 6500.	1 0 0
3 6600.	0 1 1
3 8200.	0 0 1
2 8300.	0 1 0
1 8400.	1 0 0
3 9500.	0 0 1
1 10000.	1 0 0
2 10300.	0 1 0
3 10900.	0 0 1
1 11200.	1 0 0
2 11800.	0 1 0
3 12300.	0 0 1

SONUÇLAR - 20200. SAAT SONRA, PLAN 3 2000

	SAYISI	MALİYETİ
TEK DEĞİSTİRME SAYISI	33	80.00
CİFT DEĞİSTİRME SAYISI	1	100.00
UÇLU DEĞİSTİRME SAYISI	0	120.00
DEĞİSEN RULMAN TOPLAMI	35	20.00
BOS ZAMAN, SAAT	274.	150.00
MALİYET ÖZETİ		TOPLAM
MEKANİK BAKIM		2740.00
RULMAN		700.00
BOS ZAMAN		41100.00
TOPLAM MALİYET		44540.00

EİTİA

BİLGİ İŞLEM MERKEZİ

ESKİŞEHİR

TAMİR-BAKIM PROGRAMI EİLMS PLAN 3

*
*

İLK 20 DEĞİSTİRME SOYLEDİR

RULMAN BOZULDUĞU SAAT DEĞİSEN RULMANLAR

1	1500.	1 0 0
2	1600.	0 1 0
3	1900.	0 0 1
1	3100.	1 0 0
2	3300.	0 1 0
3	3900.	0 0 1
1	4700.	1 0 0
2	4900.	0 1 0
3	5300.	0 0 1
1	6500.	1 0 0
3	6600.	0 1 1
3	8200.	0 0 1
2	8300.	0 1 0
1	8400.	1 0 0
3	9500.	0 0 1
1	10000.	1 0 0
2	10300.	0 1 0
3	10900.	0 0 1
1	11200.	1 0 0
2	11800.	0 1 0
3	12300.	0 0 1

SONUCLAR - 20200. SAAT SONPA, PLAN 3 2100

	SAYISI	MALİYETİ
TEK DEĞİSTİRME SAYISI	33	80.00
CİFT DEĞİSTİRME SAYISI	1	100.00
UÇLU DEĞİSTİRME SAYISI	0	120.00
DEĞİSEN RULMAN TOPLAMI	35	20.00
BOS ZAMAN, SAAT	274.	150.00
MALİYET ÖZETİ		TOPLAM
MEKANİK BAKIM		2740.00
RULMAN		700.00
BOS ZAMAN		41100.00
TOPLAM MALİYET		44540.00

EİTİA

BİLGİ İŞLEM MERKEZİ

ESKİŞEHİR

TAMİR-BAKIM PROGRAMI EİMS PLAN 3

*

*

İLK 20 DEĞİSTİRME SOYLEDİR

RULMAN	BOZULDUĞU SAAT	DEĞİSEN	RULMANLAR
1	1500.	1	0 0
2	1600.	0	1 0
3	1900.	0	0 1
1	3100.	1	0 0
2	3300.	0	1 0
3	3900.	0	0 1
1	4700.	1	0 0
2	4900.	0	1 0
3	5300.	0	0 1
1	6500.	1	0 0
3	6600.	0	1 1
3	8200.	0	0 1
2	8300.	0	1 0
1	8400.	1	0 0
3	9500.	0	0 1
1	10000.	1	0 0
2	10300.	0	1 0
3	10900.	0	0 1
1	11200.	1	0 0
2	11800.	0	1 0
3	12300.	0	0 1

SONUCLAR - 20200. SAAT SONRA, PLAN 3 2200

	SAYISI	MALİYETİ
TEK DEĞİSTİRME SAYISI	33	80.00
CİFT DEĞİSTİRME SAYISI	1	100.00
UÇLU DEĞİSTİRME SAYISI	0	120.00
DEĞİSEN RULMAN TOPLAMI	35	20.00
BOS ZAMAN, SAAT	274.	150.00
MALİYET ÖZETİ		TOPLAM
MEKANİK BAKIM		2740.00
RULMAN		700.00
BOS ZAMAN		41100.00
TOPLAM MALİYET		44540.00

Yukarıdaki bilgisayar çıktılarının anlaşılmasını kolaylaştırmak için, biraz açıklanması gerekir.

"TAMİR-BAKIM PROGRAMI ELMS PLAN 1" başlığını taşıyan ilk bilgisayar çıktısı, Alternatif 1'in simulasyon sonuçlarını vermektedir. Buna göre, ilk sütun, bozulan rulmanların numarasını; ikinci sütun, tesadüfi örnekleme ile elde edilen ve kümülatif olarak hesaplanan bozulma saatini; üçüncü sütun da, hangi rulmanların değiştiğini göstermektedir. Örneğin, sistem sıfır saatte işlemeye başlamıştır. Aradan 1500 saat geçince, 2 numaralı rulman bozulmuştur. Birinci satırın son sütunundaki "1 0 0" değerleri, 1 numaralı rulmanın değiştiğini, 2 ve 3 numaralı rulmanların değişmediğini göstermektedir. 1600 saat sonra, 2 numaralı rulman bozulmuştur. İkinci satırın son sütunundaki " 0 1 0" değerleri, 1600 saatte, 2 numaralı rulmanın değiştiğini, 1 ve 3 numaralı rulmanların değişmediğini göstermektedir. Öteki satır ve sütunların yorumu da benzer biçimde yapılır.

"SONUÇLAR - 20200. SAAT SONRA, PLAN 1 3000" ifadesi, simulasyonun 20200 saat sürdüğünü, buna göre elde edilen sonuçların aşağıda tablo biçiminde verileceğini belirtmektedir. En sağdaki 3000 değeri ise, kesim noktasını göstermektedir. Aslında, kesim noktasının 1 ve 2 numaralı alternatifler için bir önemi yoktur. Plan 3'deki 1100 ile 2200 saatler arasındaki kesim noktalarını gösterebilmek için, zorunlu olarak, bilgisayar programında Plan 1 için 3000 ve Plan 2 için sıfır değerleri hesaplatılmıştır. Kesim noktasının belirtilmesi, 3 numaralı alternatif için bir anlam taşır. Daha sonraki çıktılarda 3000 değerinin olduğu yerde, 1100 ile 2200 arasındaki kesim noktaları yer almıştır.

"TEK DEĞİŞTİRME SAYISI 33 80.00" ifadesi, 33 kez tek değiştirme olduğunu ve mekanik tamir-bakım ücreti maliyetinin 80 TL.'sı (1) olduğunu göstermektedir.

"ÇİFT DEĞİŞTİRME SAYISI 1 100.00" ifadesi, 1 kez çift değiştirme olduğunu ve mekanik tamir-bakım ücreti maliyetinin 100 TL.'sı (2) olduğunu belirtmektedir.

"ÜÇLÜ DEĞİŞTİRME SAYISI 0 120.000" ifadesi, hiç üçlü değiştirme olmadığını, ancak üçlü değiştirme olsaydı, mekanik tamir-bakım ücreti maliyetinin 120 TL.'sı (3) olacağını değinmektedir.

"DEĞİŞEN RULMAN TOPLAMI 35 20.000" ifadesi, 20200 saat içinde değişen tüm rulmanların 35 adet olduğunu ve bir rulmanın maliyetinin 20 TL.'sı olduğunu belirtmektedir.

"BOŞ ZAMAN, SAAT 274. 150.000" ifadesi, tüm rulmanları değiştirmek için 274 saat (4) geçtiğini ve makinanın 1 saat üretimden çekilmesinin maliyetinin 150 TL./Saat olduğunu göstermektedir.

Daha sonra bilgisayar, Alternatif 1(= Plan 1) için bir maliyet özeti yapmıştır. Buna göre, toplam mekanik bakım ücreti 2.740 TL. (5) tutmaktadır. Değişen toplam 35 rulmanın 20 TL.'sından tutarı 700 TL.'dir Makinanın rulman değiştirme nedeniyle üretimden 274 saat çekilmesinin oluşturduğu toplam maliyet ise 41.100 TL.'sı (6) tutmaktadır. Nihayet, Alternatif 14'in 20200 saatlik

-
- (1) 8 saat x 10 TL./Saat= 80 TL.
 - (2) 10 saat x 10 TL./Saat= 100 TL.
 - (3) 12 saat x 10 TL./Saat= 120 TL.
 - (4) 33x8 saat+10 saat = 274 saat
 - (5) 274 saat x 10 TL./Saat=2740 TL.
 - (6) 274 saat x150 TL./Saat=41100 TL.

simulasyonunun toplam maliyeti 44540 TL.'si olmaktadır.

Plan 2 (= Alternatif 2)'nin bilgisayar çıktısı da aynı biçimde yorumlanabilir. Yalnız, sağdaki "DEĞİŞEN RULMANLAR" sütunundaki tüm değerler "1 1 1" biçimindedir. Aslında, bunun doğal olarak da böyle olması gerekmektedir. Bilindiği gibi, Plan 2'de bir rulman değiştirilirken öteki tüm rulmanların da değiştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, "1 1 1" ifadesi, her üç rulmanın aynı anda değiştiğini göstermektedir. Baştaki "RULMAN" sütununu, hangi rulmanların bozulması nedeniyle tüm öteki iki rulmanın da değiştiğini belirtmektedir. Ortadaki sütun ise, hangi saatlarda her üç rulmanın değiştiğini ortaya koymaktadır. Öteki hesaplamalar, Plan 1'de açıklanan ilkelere göre yorumlanır. Buna göre Plan 2'nin rakamsal sonucu 27.720 TL.'si tutmaktadır. Anımsanacağı gibi, el simulasyonunda da Plan 2 için aynı sonuç bulunmuştu.

Plan 3'ün 1100 saatlik kesim noktasına göre bilgisayar simulasyon çıktısı, Plan 2 ile aynıdır. Bunun da doğal olarak böyle olması gerekmektedir. Çünkü, doğal duruma ilişkin dağılımın en alt sınırı zaten 1100 saat idi. Plan 3'ün 1200 saatlik kesim noktasına göre de aynı sonucu vermesi ise, 20600 saat içinde herhangi bir rulman değiştirildiği zaman, öteki iki rulmanın da 1200 saati doldurmuş olmasındandır.

Plan 3'ün 1300 saatlik kesim noktasına göre bilgisayar çıktısında ise durum değişmektedir. Sağdaki "DEĞİŞEN RULMANLAR" sütununa bakılırsa alt alta "1 0 0" ve "0 1 1" ifadeleri görülür. Bu ifadelerden ilki, 9900 saatte Rulman 1 değiştiği zaman, henüz öteki iki rulmanın 1300 saat çalışmamış olduğunu belirtmektedir. "0 1 1" biçimindeki ikinci ifade ise, 10100 saatte Rulman 3 değiştirilirken Rulman 1'in 1300 saati doldurmadığı, ama Rulman 2'nin söz konusu kesim noktasını doldurduğu ve Rulman 3 ile bir-

likte değiştirildiğini göstermektedir. Bu nedenle, sonuçlar bölümünde birer adet tek değiştirme ve çift değiştirme sayısı yer almıştır.

Plan 3'ün öteki bütün kesim noktalarına göre bilgisayar çıktıları, değinilen aynı ilkelerle açıklanır.

III. UYGULAMANIN İRDELENMESİ

Simulasyon analizi konusunda yeterli bir fikir verebilmek için uygulama hem elle hem de bilgisayarla yapılmıştır. Aşağıda, el simulasyonu sonuçları ile bilgisayar simulasyonu sonuçları karşılaştırılmıştır.

PLAN 1	Simüle edilen Saat	Toplam Maliyet	Bir saatlik Simulasyon sonundaki maliyet
El Simulasyonu	21.100	48.100	$48.100/21.300 = 2,25$ TL./Saat
Bilgisayar Sim.	20.200	44.540	$44.540/20.200 = 2,20$ TL./Saat
PLAN 2			
El Simulasyonu	21.000	27.720	$27.720/21.000 = 1,32$ TL./Saat
Bilgisayar Sim.	20.600	27.720	$27.720/20.600 = 1,34$ TL./Saat
PLAN 3 (Kesim Nok.:1400)			
El Simulasyonu	21.300	36.640	$36.640/21.300 = 1,72$ TL./Saat
Bilgisayar Sim.	21.000	36.640	$36.640/21.000 = 1,74$ TL./Saat
PLAN 3 (Kesim Nok.:1700)			
El Simulasyonu	19.600	42.340	$42.340/19.600 = 2,16$ TL./Saat
Bilgisayar Sim.	20.000	43.580	$43.580/20.000 = 2,18$ TL./Saat

Görüldüğü gibi, el simulasyonu sonuçları ile, bilgisayar simulasyonu sonuçları arasında belirgin sapmalar yoktur. Her iki

simulasyon türünde de Plan 2 en düşük maliyeti vermektedir. Daha sonra Plan 3 en elverişli alternatif olarak görülmektedir. 1900 ve daha sonraki kesim noktaları için Alternatif 3 duyarlılığını kaybetmekte ve 44.540 TL.'lık bir maliyette karar kılmaktadır.

ELMS'nin bugün uygulamakta olduğu Plan 1 ise her bakımdan yüksek maliyetli bir alternatiftir. Bu nedenle, yukarıdaki uygulama, simulasyonun üretim yönetimi kararlarında kolayca kullanılabileceğini ve bu durumda oldukça büyük yararlar sağlayabileceğini ortaya koyması bakımından bizce yararlı olmuştur.

SONUÇ

Günümüzde, kapsam ve karmaşıklık bakımından devleşen işletme problemlerini sistem analizi açısından ele alma zorunlu duruma gelmiştir. Model kurma, sistem analizinin önemli bir aşamasıdır. Simulasyon, problemin matematik formüllerle temsil edilemediği ya da edilse bile matematiksel olarak çözme olanağı bulunmayan durumlarda baş vurulan bir model kurma yöntemi olmaktadır.

Üretim eylemlerinin ölçülebilir niteliklerinin, bir ölçüde, fazla olması, simulasyonun üretim yönetiminde daha fazla uygulama olanağı bulmasına yol açmıştır.

Simulasyon modelleri ile çok sayıda alternatifi değerlendirme olanağı vardır. Yönetici için, geliştirilen alternatiflerin karşılaştırılmasını sağlayan yöntemler, karar verme bakımından önem taşırlar. Yönetici, simulasyon yöntemi ile, tecrübe ve enerjisini yalnızca karar verme aşamasına yöneltebilir. Diğer taraftan, işletmenin dinamik yapısı içinde hızla değişen koşullar altında, daha önce verilen kararların gözden geçirilip en kısa zamanda düzeltici kararların alınması mümkün olur.

Simulasyonun zayıf tarafı, verdiği çözümün optimal olup olmadığına veya optimale yakınlık derecesinin kesinlikle bilinmemesidir. Bu eksiklik ise, duyarlık ve yeterlik testleri ile giderilebilir. Duyarlık testi, simulasyonda yapılan varsayımların veya kullanılan verilerin sonucu ne derecede etkilediğini veya optimal çözümün etrafında ne derece oynamaya neden olduğunu ortaya çıkarır.

Simulasyon modellerine giren bilgiler, genellikle olasılıklı değerlerdir. Bunlar da üretim eylemlerinin düzgün ve sistemli bir biçimde kayıt edilmesini gerektirmektedir. Ölçme ve kayıt paralel sistemlerinin kurulması ve yaşatılmasına yöneticilerin özel bir önem göstermeleri zorunludur. Kullanılan araştırma yöntemi ne olursa olsun ölçmenin temel olduğu unutulmamalıdır.

K A Y N A K L A R

- ABELSON, Robert P. : "Simulation of Social Behavior," derleyenler: G. Lindzey ve E. Aronson, The Handbook of Social Psychology, (Addison-Wesley Publishers, 1968).
- ACKOFF, Russell L. : Progress In Operations Research, (John Wiley and Sons, Inc., New York, Cilt I, 1961).
- ADELMAN, Irma : "Economic System Simulations," derleyen: David L. Sills, International Encyclopedia of The Social Sciences, (Crowell Collier and Macmillan Inc., Cilt xiv, 1968).
- ARCUS, Albert L. : "COMSOAL: A Computer Method of Sequencing Operations For Assembly Lines", derleyen: Elwood S. Buffa, Readings in Production and Operations Management, (John Wiley and Sons, Inc., New York, 1966).
- ARMOUR, Gordon C./
VALLMAN Thomas E./
BUFFA Elwood S. : "Allocation Facilities With 'CRAFT'," derleyen: Elwood S. Buffa, Readings in Production and Operations Management, (John Wiley and Sons, Inc., New York, 1966).
- ARONOPSKY, Julius S. : Progress In Operations Research: Relationship Between Operations Research and The Computer, (John Wiley and Sons, Inc., New York, Cilt III, 1969).

- ARTAN, Sinan : Endüstri İşletmelerinde Yöneticilerin Yetiştirilmesi ve Türkiye'deki Uygulama, (Eskişehir İ.T.İ.A. Basımevi, 1976).
- AWAD, Elias M. : Business Data Processing, (Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1971).
- BENTON, William K. : The Use of The Computer In Planning, (Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1971).
- BERRY, William L./
WHYBARK, D. Clay : Computer Augmented Cases In Operations and Logistics Management, (South-Western Publishing, Inc., Cincinnati, Ohio, 1972).
- BORTON, Richard F. : A Primer On Simulation and Gaming, (Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, Inc., 1970).
- BOULDEN, James B. : Computer-Assisted Planning Systems: Management Concept, Application, and Implementation, (McGraw-Hill, Inc., New York, 1975).
- BRAWNINIG, Rufus P. : "The Interaction of Personality and Political System in Decisions to Run for Office: Some Data and a Simulation Technique," Journal of Social Issues, Cilt. xxiv, No.3, 1968.
- BROWMAN, Edward H./
FETTER, Robert B. : Analysis for Production and Operations, (Richard D. Irwin, Inc., Homewood, Illinois, 1967).
- BUFFA, Elwood S. : Operations Management: Problems And Models, (John Wiley and Sons, Inc., New York, 1968).

- BUFFA, Elwood S. : Modern Production Management, (John Wiley And Sons, Inc., New York, 1973).
- BUFFA, Elwood S. : Models for Production and Operations Management, (John Wiley and Sons, Inc., New York, 1963).
- BUFFA, Elwood S. : Operations Management: Problems and Models, (John Wiley and Sons, Inc., New York, 1972).
- BURCH, John G./
STRATER, Felix R. : Information Systems: Theory and Practice, (John Wiley and Sons, Inc., 1974).
-
- _____ : Bilgisayar Kullanımı Yöneticiler Toplantısı ve Semineri, (MPM Yayınları:118, Ankara,1974).
-
- _____ : Çağdaş İşletme Yönetiminde Bilgi İşlem Sistemleri Semineri, (MPM Yayınları: 131, Ankara,1974).
- CEMALCILAR, İlhan : Pazarlama Araştırması, (Başnur Matbaası, Ankara,1969).
- CHACKO, George K. : Computer-Aided Decision-Making, (American Elsevier Publishing Company, Inc., New York, 1972)
- CHORAFAS, D. N. : Systems and Simulation, (Academic Press, New York, 1965).
- CHURUCMAN, C. West : "An Analysis of the Concept of Simulation," derleyenler: Austin C. Hoggatt and Frederick E. Balderston, Symposium on Simulation Models, (South-Western Publishing Co., Inc., Cincinnati, Ohio, 1963).
- CRECINE, John P. : Governmental Problem Solving: A Computer Simulation of Municipal Budgeting, (Rand McNally and Co., Chicago, 1967).

- DAVIS, Gord B./
AMBILJ, Howard/
WHITECRAFT, Herbert : "Simulation of Finance Company Operations for Decision Making," Management Technology (December, 1962).
- DAWSON, Richard E. : "Simulation in the Social Sciences," derleyen: Harold Guetzkow, Simulation in Social Science: Readings, (Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1962).
- DILBER, Mustafa : Yönetmel ve Örgütsel Etkilliliğe Davranışsal Yaklaşım, (Boğaziçi Üniversitesi Basımevi, İstanbul, 1976).
- DRIEBEEK, Norman J. : "What is Operations Research?", Systems and Procedures Journal (November-December, 1965).
- DRUCKER, Peter : "How To Make A Business Decision," derleyen: William T. Greenwood, Decision Theory And Information Systems: An Information to Management Decision Making, (South-Western Publishing Co., Cincinnati, Ohio, 1969).
- EMSHOFF, James R./
SISSON, Roger L. : Design and Use of Computer Simulation Models, (The Macmillan Company, New York, 1970).
- FAHRYCKY, W. J./
GHARE, P.M./
TORGERSEN, P.E. : Industrial Operations Research, (Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1972).
- FORKNER, Irvine/
McLEOD, Raymond : Computerized Business Systems: An Introduction to Data Processing, (John Wiley and Sons, Inc., New York, 1973).
- FIRATLI, Erdoğan : "I. Türk İşletmecilik Kongresi Üretim Komisyonu Çalışmalarının Getirdikleri," ESADER, C.x, s:1, Ocak 1974.

- GAVETT, J. William : Production And Operations Management, (Harcourt, Brace and World , Inc., New York, 1968).
- GARRETT, Leonard J./ SILVER, Milton : Production Management Analysis, (Harcourt Brace Jovanovich, Inc., New York, 1973).
- GOETZ, Billy E. : Quantative Methods: a survey and guide for managers, (McGraw-Hill, Inc., New York, 1965).
- GUETZKOW, Harold/ KOTLER, Philip/ SCHULTZ, Randall L. : Simulation In Social And Administrative Science: Overviews and Case-Examples, (Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.,1972).
- GÜLÇÜR, Fazıl : İşletmelerde Faaliyet Araştırmaları: Programlama-Organizasyon ve Karar Metodları, (Berksoy Matbaası, İstanbul, 1966).
- HALL, A. D./ FAGEN R. E. : "Definition of System" derleyenler: Ludwig Von Bertalanffy ve A. Raport, (General Systems, Ann Arbor, Michigan: The Society for the Advancement of General Systems Theory, 1956).
- HANER, F. T./ FORD, James C. : Contemporary Management, (Bell and Howell Company, Columbus, Ohio, 1973).
- HARE, Van Court : Systems Analysis : A Diagnostic Approach, (Harcourt, Brace And World, Inc., New York, 1967).
- HILLIER, Firederick S./ LIEBERMAN, Gerald J. : Operations Research, (Holden-Day, Inc., California,1974).
- HOPEMAN, Richard J. : Production: Concepts, Analysis, Control, (Charles E. Merrill Books, Inc., Columbus, Ohio, 1965).

- JEIEN, F. C. : Cost and Optimuzation Engineering, (McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1970).
- KARA, İmdat : Servis Sistemleri ve Gelişler Zamana Bağlı Olduğunda Kapasite Sorununa Matematiksel Yaklaşım: Boğaziçi Köprüsü Uygulama Denemesi, (Eskişehir İ.T.İ.A.Yayımları,1976).
- KOTLER, Philip/
SCHULTZ, Randall L. : "Marketing System Simulations," The Journal of Business, 43 (Julay 1970).
- KRASNOW, Howard S./
MERIKALLIO Reino A. : "The Past, Present, and Future of General Simulation Languages," Management Science, November, 1964, 11(2).
-
- : Küçük ve Orta Sanayi Teşebbüslerinin Geliştirilmesi Semineri, MPM Yayınları:120, Ankara,1973.
- LAWLES, D. J. : Effective Management: Social Psychological Approach, (Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.,1972).
- LEVİN, Richard I./
McLAUGHLIN, Curtis P./
IAMONE, Rudolf P./
KOTLAS, John F. : Production/Operations Management: Contemporary Policy for Managing Operating Systems, (McGraw-Hill, Inc., New York, 1972).
- MAISEL, Herbert/
GNUGNOLI, Giuliano : Simulation of Discrete Stochastic Systems, (Science Research Associates, Inc., Chicago, 1972).
- MAISEL, Herbert : Introduction to Electronic Digital Computers, (McGraw-Hill Book Co., New York, 1969).
- MAO, James C. T. : Quantitative Analysis of Financial Decisions, (The Macmillan Co., New York, 1969).
- MARKOWITZ, H. M./
HAUSER, B./
KARR, H. W. : SIMSCRIPT : A Simulation Programming Language, (Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.,1963).

- MAYER, Raymond R. : Production Management, (McGraw-Hill, Inc., New York, 1968).
- MAYER, Raymond R. : Production and Operations Management, (McGraw-Hill, Inc., New York, 1975).
- McMILLAN, Claude/
GONZALES, Richard F. : Systems Analysis : A Computer Approach to Decision Models, (Illinois : Richard D. Irwin, Inc., 1968).
- MEIER, Robert C./
NEWELL, T./
PAZER, Harold L. : Simulation in Business and Economics, (Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1969).
- MIHRAM, G. Arthur : Simulation : Statistical Foundation and Methodology, (Academic Press, Inc., New York, 1972).
- MILLER, David W./
STARR, Martin K. : Executive Decisions and Operations Research, (Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1965).
- MOORE, Franklin G. : Manufacturing Management, (Richard D. Irwin, Inc., Homewood, Illinois, 1969).
- MORGENTHAUER, George W. : "The Theory And Application of Simulation in Operations Research," derleyen: Russell L. Ackoff, Progress In Operations Research, (John Wiley and Sons, Inc., New York, 1961).
- MORRIS, W. T. : "On The Art of Modeling," Management Science, 13 (August, 1967).
- NAYLOR, Thomas H./
BALINTFY, Joseph L./
BURDICK, Donald S./
CHU, Konk : Computer Simulation Techniques, (John Wiley and Sons, Inc., New York, 1966)

- NEUSCHEL, Richard F. : Management by System, (McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, 1960).
- NILAND, Powell : Production Planning, Scheduling, And Inventory Control: A Text and Cases, (The Macmillan Company, Collier-Macmillan Limited, London, 1970).
- OLSEN, Robert A. : Manufacturing Management: A Quantitative Approach, (International Textbook Company, 1968).
- ORGANICK, Elliott I./
MEISNER, Loren P. : Fortran IV, (Addison-Wesley Publishing Company, 1974).
- POLYA, G. : How to Solve It, (Doubleday and Company, Inc., New York, 1957).
- RASER, John R. : Simulation and Society, (Allyn and Bacon, Inc., Boston, 1969).
- RIGGS, James L. : Economic Decision Models for Engineers and Managers, (McGraw-Hill, Inc., New York, 1968).
- ROCCAFERRERA, di Giuseppe
M. Ferrero : Operations Research Models For Business And Industry, (South-Western Publishing Company, Cincinnati, Ohio, 1964).
- ROSS, Joel E. : Management By Information System, (Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1970).
- SEZGIN, Attila : İşletmelerde Malzeme Akış Sistemi: Analiz ve Simulasyon Uygulaması, (Basılmamış Doçentlik Tezi, 1976, A.İ.T.İ.A.).
-
- : Sevk ve İdareciler Araştırması, DPT 802: SPO-184,
T.C. Başbakanlık D.P.T. Müsteşarlığı, Ankara, 1969.

- SHIGLEY, J. E. : Simulation of Mechanical Systems, (McGraw-Hill Book Company, New York, 1967).
- SHORE, Barry : Operations Management, (McGraw-Hill, Inc., New York, 1973).
- SIEMENS, Nicoloi/
MARTING, C. H./
GREENWOOD, Frank : Operations Research: Planning, Operating, And Information Systems, (The Free Press, New York, 1973).
- SISSON, Robert L. : "Simulation:Uses" derleyen: Julius S. Aronofsky, Progress In Operations Research: Relationship Between Operations Research And The Computer, Cilt III, (John Wiley and Sons, Inc., New York, 1969).
- SMITH, V. Kerry : Monte Carlo Methods: Their Role for Econometrics, (D.C. Heath and Company, Lexington Books, 1973).
- SMOKER, Paul : "International Relations Simulations," derleyen: Pat Tansey, Aspects of Simulations in Education, (McGraw-Hill, Inc., 1970).
- SPAULDING, A. T. : "Is the Total System Concept Practical", Systems and Procedures Journal, (Ocak-Şubat, 1964).
- SPURR, William A./
BONINI, Charles P. : Statistical Analysis For Business Decisions, (Richard D. Irwin, Inc., Homewood, Illinois, 1973).
- STARR, K. Martin : Production Management: Systems And Synthesis, (Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1972).
- STARR, K. Martin : Systems Management of Operations, (Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1971).
- STARR, K. Martin : Management: A Modern Approach, (Harcourt Brace Jovanovich, Inc., New York, 1971).

- TAHA, Hamdy A. : Operations Research: An Introduction, (Macmillan Publishing Co., Inc., New York, 1971).
- THIERAUF, Robert J./ : Decision Making Through Operations Research, (John Wiley and Sons, Inc., New York, 1970).
- TILLES, Seymaus : "The Manager's Job: A Systems Approach," Harvard Business Review, (Ocak-Şubat, 1963).
- TOCHER, K. D. : "Simulation: Languages," derleyen: Julius S. Aronofsky, Progress In Operations Research: Relationship Between Operations Research And the Computer, Cilt III, (John Wiley and Sons, Inc., New York, 1969).
- TONGE, Fred M. : "The Use of Heuristic Programming in Management Science," Management Science, (Nisan, 1961).
- _____ : I. Türk İşletmecilik Kongresi, Eskişehir İ.T.İ. Akademisi Yayını, Eskişehir, 1974.
- URAL, Kenan : İstatistik ve Karar Alma, (Sermet Matbaası, İstanbul, 1973).
- _____ : Verimlilik Açısından Kamu İktisadi Teşebbüslerinin Yeniden Düzenlenmesi ve Geliştirilmesi Semineri, MPM Yayınları:119, Ankara, 1973.
- WILSON, Charles Z./ : "Basic Frameworks For Decisions," Journal of the ALEXIS, Marcus Academy of Management, Vol.5 (Ağustos, 1962).
- YARIMAĞAN, A. Ünal : Portran IV Programlama Dili, (Kalite Matbaası, Ankara, 1975).

EK - 1

SİMULASYON ÇIKTILARININ ELDE EDİLMESİNDE KULLANILAN
BİLGİSAYAR PROGRAMI