

21870

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İLERİ TEKNOLOJİLİ İMALAT SİSTEMLERİ İÇİN
YATIRIM DEĞERLENDİRME MODELİ

DOKTORA TEZİ

Y. Müh. Tufan Vehbi KOÇ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12 Ağustos 1992

Tezin Savunulduğu Tarih : 13 Ekim 1992

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Gönül Yenersoy

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Murat Dinçmen
Prof. Dr. Gündüz Ulusoy

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

EKİM 1992

ÖNSÖZ

Günümüzde 8-9 bin yıl önceleri Anadolu'da başladığı sanılan neolitik çağın en belirgin araçlarından biri cıllalı taş idi. Cıllalı taştan yapılmış baltalar körlendiği zaman yontulacağına bilenebiliyor ve sap takılarak vurucu gücü artırılabilirdi. Bu gelişme, daha önceleri kullanılan yontma taş aletlerin kullanım etkinliğini artırma arayışlarından ortaya çıktı.

Günümüzden 8-9 yüzyıl önceleri ise örneğin bir ayakkabı imalatçısı çok amaçlı imalat araçlarına sahipti. Bunlar, boyut ve çeşitleri değişik ayakkabılarda kullanılan basit keski, dikme ve çakma araçları idi. Ayakkabıcı tüm bilgiyi kafasında tutarak kitlesel üretim yerine siparişe göre üretim yapmaktaydı. Ayakkabı özelliklerinde bir değişiklik istendiğinde, bu imalatçının bilgi ve araç esneklik yeteneğine bağlı olarak mümkün olabilse bile ekonomik olmuyordu. Diğer bir deyişle, imalatçı müşterinin isteklerini karşılamaya çalışıyor, ancak yetersiz kalıyordu.

Günümüzde ise eski Yunanca'da sorunları çözümleyen, mucizeler yaratan insan yapısı varlık anlamında kullanılan Makinadaki Tanrı, fonksiyonunu yerine getirmeye başladı. Artık, otomasyonu ile düşük birim maliyetli sağlarken, esnekliği ile mamul çeşidini artırarak kendisini doğuran ihtiyaca cevap verebiliyor.

Biz de bu çalışmamızda Makinadaki Tanrı'dan daha etkin faydalanmanın yollarını aradık. Bu arayış içerisinde gerektiği yerde müdahale ederek çalışma hedefinden sapmamamı sağlayan, özgür çalışma ortamı sağlayarak yaratıcılığımı kullanmamı teşvik eden, konu ve kişi olarak doktora sorumluluğumu üzerine alan hocam Prof.Dr. Gönül Yenersoy'a teşekkür ederim.

Ayrıca akademik ve kişilik gelişmemde katkıları bulunan tüm hocalarıma, aileme ve değerli akademisyenler Y.Müh. Agah Koçer, Dr. Eti Öz, Y.Müh. Faruk Öz, Dr. Alpaslan Fıçlalı, Prof.Dr. Klamens Wroblewski, Doç.Dr. Bülent Durmuşoğlu'na teşekkürlerimi sunarım.

Ağustos 1992

TUFAN V. KOÇ

İÇİNDEKİLER

ÖZET	x
SUMMARY	xi
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. İLERİ TEKNOLOJİLİ İMALAT SİSTEMLERİNİN YATIRIM DEĞERLENDİRME PROBLEMİ	3
2.1. Firma Stratejisinde İmalatın Rolü	3
2.1.1. Mamulde Farklılaşma	7
2.2. Klasik İmalat Teknolojisinden İleri Teknolojiye Geçiş	9
2.2.1. İleri Teknoloji	10
2.2.1.1. Bilgisayar Yardımıyla Dizayn (CAD) ve İmalat (CAM)	11
2.2.1.2. Sayısal Kontrollü Takım Tezgahları	13
2.2.1.3. Esnek İmalat Sistemleri	16
2.3. Yatırım Kavramı	25
2.3.1. İmalat Sistemi Yatırımı	26
2.3.1.1. İmalat Sistemi Yatırımının Yapısal Analizi	27
2.3.1.2. İmalat Sistemi Yatırım Probleminin Kaynakları	29
2.3.1.2.1. Teknoloji Kaynaklı Yaklaşımlar	30
2.3.1.2.2. Pazar Kaynaklı Yaklaşımlar	31
2.3.1.2.3. Yönetim Kaynaklı Yaklaşımlar	31
2.3.1.2.4. Finansman Kaynaklı Yaklaşımlar	33
2.3.1.3. Geleneksel Yatırım Değerlendirme Tekniklerinin İleri Teknoloji Açısından Değerlendirilmesi	36
2.3.1.4. Geleneksel Muhasebe Sisteminin İleri Teknoloji Açısından Değerlendirilmesi	38
BÖLÜM 3. İMALAT SİSTEMİ YATIRIM DEĞERLENDİRİLMESİ KONUSUNDA YAPILAN ÇALIŞMALAR	41
3.1. Çalışmaların Tanıtımı	42
3.2. Çalışmaların Genel Değerlendirmesi	48

BÖLÜM 4. İLERİ TEKNOLOJİLİ İMALAT SİSTEMLERİ İÇİN YATIRIM DEĞERLENDİRME MODELİ	50
4.1. Giriş.....	50
4.2. Probleme Yeni Bir Yaklaşım	50
4.3. Firma Performansı.....	52
4.4. Modelin İç Yapısı	54
4.4.1. Operasyonel Performans Modeli.....	56
4.4.1.1. Neden Simülasyon.....	56
4.4.1.2. Geliştirilen Simülasyon Modeli	58
4.4.1.3. Operasyonel Performans Ölçütleri	64
4.4.2. Ekonomik Performans Modeli	68
4.4.2.1. İmalat Teknolojisindeki Gelişmenin Mamul Maliyetine Etkisi	69
4.4.2.2. İmalat Maliyeti	70
4.4.2.3. Ekonomik Performans Ölçütleri	84
4.4.3. Stratejik Performans Modülü	89
4.4.4. Karar Modeli.....	90
4.4.4.1. Mamul Ömrü	90
4.4.4.2. Teknolojik Gelişmişlik	93
4.4.4.3. Karar Modelinin Yapısı	95
4.4.4.4. Uygulanacak Yöntemin Seçimi	96
BÖLÜM 5. GELİŞTİRİLEN MODELİN BİR FABRİKA İÇİN UYGULANMASI	103
5.1. Fabrikanın Tanıtılması	103
5.1.1. Modelin Uygulanması.....	112
5.1.2. Modelin Geçerliliği	114
5.1.3. Operasyonel Performans Değerleri.....	116
5.1.4. Ekonomik Performans Değerleri.....	122
5.1.5. Stratejik Performans Değerleri.....	127
5.1.6. Karar Modeli.....	132
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	135
KAYNAKLAR.....	139
EKLER	149
ÖZGEÇMİŞ.....	208

NOTASYON LİSTESİ

$KİS$	: Klasik imalat sistemi
$YİS$	: Yarı otomatik imalat sistemi
$EİS$	: Esnek imalat sistemi
C_U	: Birim imalat maliyeti
$C_{a,t}(p)$	: Parça başına tezgah amortisman maliyeti
$C_{a,MTS}(p)$	: Parça başına malzeme taşıma sistemi amortisman maliyeti
$C_{a,DNC}(p)$	: Parça başına merkezî bilgisayar amortisman maliyeti
$C_i(p)$	: Parça başına işgücü maliyeti
$C_t(p)$	: Parça başına taşıma maliyeti
$C_{tak}(p)$	: Parça başına takım maliyeti
$C_{ter}(p)$	: Parça başına tertibat maliyeti
$C_m(p)$	: Parça başına malzeme maliyeti
$C_a(p)$	: Parça başına alan maliyeti
$C_p(p)$	: Parça başına program maliyeti
$C_b(p)$	: Parça başına bakım maliyeti
$C_h(p)$	: Parça başına hazırlık maliyeti
$C_k(p)$	: Parça başına kontrol maliyeti
$C_{üİE}(p)$	: Parça başına üretim içi envanter maliyeti
$C_d(p)$	: Parça başına diğer (enerji, ısı, ışık, temizlik, eğitim, vd.) maliyetler
N_{adam}	: İşgücü miktarı
C_{adam}	: İşgücü maliyeti
$Talep(p)$	: Parça başına talep miktarı
$C_{malzeme}(p)$	: Parçanın hammadde maliyeti
TA	: Toplam alan miktarı
C_{alan}	: Birim alan maliyeti
$C_t, C_{MTS}, C_{DNC}, C_{tak}, C_{ter}$	: Tezgah, MTS, DNC, takım, tertibat ilk yatırım maliyeti
$H_t, H_{MTS}, H_{DNC}, H_{tak}, H_{ter}$	: Tezgah, MTS, DNC, takım, tertibat hurda değeri
$\bar{O}_t, \bar{O}_{MTS}, \bar{O}_{DNC}, \bar{O}_{tak}, \bar{O}_{ter}$	: Tezgah, MTS, DNC, takım, tertibat ömür değeri
$C_{bakım}$	: Birim zamandaki bakım maliyeti, $C_{bakım1} = \text{Tezgah, DNC}$, $C_{bakım2} = \text{MTS}$
$C_{kontrol}$	: Birim zamandaki parça kontrol maliyeti
C_p	: Programlama maliyeti

I	: Sermaye maliyeti
İZ	: İmalat zamanı
OZ (p,t)	: Parçanın tezgahdaki operasyon zamanı
TTZ (p)	: Parçanın toplam taşıma zamanı
TY/BZ (p)	: Parçanın toplam yükleme boşaltma zamanı
Y/BZ (p,t)	: Parçanın tezgahdaki yükleme boşaltma zamanı
TZ (p)	: Parçanın taşıma zamanı
TKZ (p)	: Parçanın toplam kontrol zamanı
YİZ (p,t)	: Parçanın tezgahta yeniden işlenme zamanı
İZ (p,t)	: Parçanın tezgahta iskarta miktarı kadar harcadığı zaman
HZ (p,t)	: Parçanın tezgahdaki hazırlık zamanı
K (p,t)	: Parçanın tezgahta işleme sonucu yapılan kontrol zamanı
I (p)	: Iskarta miktarı



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2-1	Teknoloji ve Pazarlamada Yenilik İlişkisi.....	4
Şekil 2-2	Mamul ve Prosesteki Yeniliklerin Zamana Bağlı Değişimi.....	5
Şekil 2-3	Rekabet Avantajındaki Gelişme İle Kaynak Sarfıyatı İlişkisi.....	6
Şekil 2-4	İleri Teknolojiye Bağlı Olarak Mamul Ömründeki Değişim.....	7
Şekil 2-5	Bilgisayarla Bütünleşik İmalat	13
Şekil 2-6	Sayısal Kontrollü Tezgahlar	14
Şekil 2-7	CNC Tezgahları Bilgi Akış Şeması	15
Şekil 2-8	EİS'de Üretilen İş Parçası Spektrumu	18
Şekil 2-9	İkame Edici EİS	19
Şekil 2-10	Tamamlayıcı EİS	20
Şekil 2-11	EİS Kontrol Sistemi Yapısı	22
Şekil 2-12	Parça Çeşit ve Sayısına Uygun Teknoloji	24
Şekil 2-13	Yönetim, Otomasyon ve Karar Hiyerarşisi	26
Şekil 2-14	İmalat Sistemi Yatırımında Etkili Olan Faktörler	28
Şekil 3-1	Yatırım Değerlendirmesinde Kullanılan Teknikler	41
Şekil 4-1	İleri Teknolojili İmalat Sistemi Yatırım Değerlendirme Modeli	55
Şekil 4-2	Klasik ve Yarı Otomatik İmalat Sistemi Akış Şeması	59
Şekil 4-3	Esnek İmalat Sistemi Akış Şeması	60
Şekil 4-4	Toplam İmalat Zamanının Faaliyetlerine Göre Dağıtımı	64
Şekil 4-5	Operasyonel Performans Modeli.....	67
Şekil 4-6	Maliyetin İmalat Teknolojisine Bağlı Değişimi	69
Şekil 4-7	Maliyetin Mamul Performansına Bağlı Değişimi	70
Şekil 4-8	ÜİE'nin Çıktı Miktarı ve İmalat Zamanına Bağlı Değişimi	81
Şekil 4-9	Ekonomik Performans Modeli.....	86
Şekil 4-10	Esnekliğin Stratejik Kazanç Üzerindeki Etkisi	87
Şekil 4-11	Stratejik Performans Modülü	89
Şekil 4-12	Mamul Ömrü Eğrisi	90
Şekil 4-13	Büyüyen Pazar.....	91
Şekil 4-14	Doğru Pazar	92
Şekil 4-15	Teknoloji Liderinin Pazar Payı Değişimi	93
Şekil 4-16	Teknoloji Takipçisinin Pazar Payı Değişimi.....	94
Şekil 4-17	Teknoloji Duyarsız Firmaların Pazar Payı Değişimi.....	95
Şekil 4-18	Karar Modeli.....	98
Şekil 5-1	KİS Tezgah Performans Değerleri	117
Şekil 5-2	YİS Tezgah Performans Değerleri	117
Şekil 5-3	EİS Tezgah Performans Değerleri	118

Şekil 5-4	KİS Ortalama Performans Değerleri	119
Şekil 5-5	YİS Ortalama Performans Değerleri	119
Şekil 5-6	EİS Ortalama Performans Değerleri	120
Şekil 5-7	Sisteme Alt Toplam İmalat Maliyeti Değerleri	125
Şekil 5-8	Sistemlerin Tezgah Sayıları ve Yatırım Maliyetleri	126
Şekil 5-9	Sistem Yatırımlarının Geri Dönüş Oranları	127
Şekil 5-10	Üretim Zamanlarının Ürün Çeşidine Göre Değişimi	128
Şekil 5-11	Toplam Maliyetin Ürün Çeşidine Göre Değişimi	129
Şekil 5-12	Yatırımın Geri Dönüş Oranının Ürün Çeşidine Göre Değişimi	130
Şekil 5-13	Karar Modeli.....	133



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2-1	Pazarlama ve Teknolojide Yenilik İlişkisi.....	5
Tablo 2-2	Entegre Sistemin Elemanları	11
Tablo 2-3	Muhasebe Sistemi Üzerinde Değişen Talepler.....	38
Tablo 4-1	Esneklik Yeteneği Yapısı.....	89
Tablo 4-2	Öncelik Matrisi.....	99
Tablo 4-3	Önem Derecesi Matrisi.....	99
Tablo 4-4	Tesadüfî İndeks Değerleri.....	100
Tablo 5-1	Dişli ve Volan İmalat Bölümündeki Tezgahlar	104
Tablo 5-2	Partilerin Tezgahlardaki İşlem Sıraları, İşleme ve Hazırlık Süreleri	105
Tablo 5-3	Yarı Otomatik Sistem İçin Partilerin Tezgahlardaki İşlem Sıraları, İşlem ve Hazırlık Süreleri.....	107
Tablo 5-4	Esnek İmalat Sistemi İçin Partilerin Tezgahlardaki İşlem Sıraları, İşlem ve Yükleme - Boşaltma Süreleri	109
Tablo 5-5	Tezgahlara Ait Ömür, Maliyet, Iskarta ve Yeniden İşleme Değerleri	110
Tablo 5-6	Parça Çeşidine Bağlı Parti, Talep, GAS ve Hammadde Değerleri	111
Tablo 5-7	Sistemlere Ait Maliyet Değerleri	111
Tablo 5-8	Deney Sonuçları	115
Tablo 5-9	Model ve Gerçek Sistemde Parti Tamamlanma Oranları	116
Tablo 5-10	Sistemlerin KKO ve KZO Değerleri	120
Tablo 5-11	KİS İçin İmalat Zaman Değerleri	121
Tablo 5-12	YİS İçin İmalat Zaman Değerleri	121
Tablo 5-13	EİS İçin İmalat Zaman Değerleri	122
Tablo 5-14	KİS İçin Maliyet Değerleri	122
Tablo 5-15	YİS İçin Maliyet Değerleri.....	123
Tablo 5-16	EİS İçin Maliyet Değerleri.....	124
Tablo 5-17	İmalat Zamanının Arıza Değerlerine Bağlı Değişimi	130
Tablo 5-18	Toplam Maliyetin Arıza Değerlerine Bağlı Değişimi.....	131
Tablo 5-19	YGD'nün Arıza Değerlerine Bağlı Değişimi.....	131

ÖZET

İleri teknoloji, firmanın rekabet gücünü artırmak için önemli bir yol olarak görülmektedir. Buna karşın pek çok yatırım projesi, potansiyel getirilerine rağmen, geleneksel ekonomik değerlendirmelerin yetersiz olmaları sonucu geri çevrilmekte veya firma ve üretim karakteristiklerine uygun olmayan projeler yalnızca ekonomik açıdan karlı olsalar bile kabul edilebilmektedirler.

Bu nedenle bu tez çalışması, değişen çevre koşullarına uyum sağlamak için araç olarak imalat sistemlerinin modernizasyonu yolunu seçmiş firmaların yatırım değerlendirmesinde kullanabilecekleri sistematik bir karar metodolojisi geliştirmek amacıyla yapılmıştır.

Bu amaca yönelik olarak geliştirilen model, sistemleri operasyonel, ekonomik ve stratejik boyutlarıyla analiz ederek değerlendirmektedir. Değerlendirme sırasında simülasyon yöntemi, mühendislik ekonomisi teknikleri ve analitik hiyerarşik proses yönteminden yararlanılmaktadır.

SUMMARY

AN INVESTMENT EVALUATION MODEL FOR ADVANCED MANUFACTURING SYSTEMS

During the last two decades, the consumer market has changed dramatically. The customer started requiring a lower price, higher quality and decreasing the product cycle, as well as assuring, a quick and reliable delivery. In regard to this tendency, a new manufacturing system, which can satisfy the customer and producer needs, and eliminate the classical manufacturing problems, was born.

This new manufacturing system can be described as either a semi-automatic system, with CNC technology, or, a flexible manufacturing system with CNC technology, material handling system and a central computer system. Either of these systems can be called the systems with advanced technology.

Despite the need of advanced technology, same factors related to the characteristic of both market and company play a role either inhibiting or motivating the investment. These factors can be described under the titles of technology, market, management and finance.

Since there is uncertainty in future market needs, advanced manufacturing systems can be beneficial by their flexibility in adoption of new manufacturing conditions. The manufacturing system should have much flexibility as present and future conditions require. Otherwise it pays for excess flexibility, which has no value in the customer's eyes. That brings up the idea of adopting advanced technology by steps which is also advised by Primrose, Leonard(1985,a). Through this, the risk sourced by not having enough information of design, implementation and operation of the system, which operates under different rules, can be eliminated.

The change in position of the company in the market, caused by advanced technology, is also considered in investment justification. Generally, the present justification techniques, aiming to put the direct benefits of the systems to the front, stems from this tendency. On the other

hand, any integrated system doesn't only play a role on cost but other indirect benefits like quick and reliable delivery as well.

Another obstacle in the investment of advanced manufacturing is management based. Since the investment is strategic, the idea is generally born and evaluated by top management who do not have enough information about the proposed technology and operational level needs in the company. On the contrary, the middle and operational level decision makers are limited by the decisions with no or little risk. For a risky project, it is important the ideas are digested by every level of the company.

One of the major problems of the investment is the justification procedures, based on only financial criteria's as were done for classical technologies. For advanced technologies, two main structural differences result in unsound decisions. Firstly, because the systems are flexible they do not get old as quickly as classical systems. Secondly, the system is integrated, therefore the synergy created out of integration enables the company to respond better. To the market needs and new manufacturing conditions in the future.

As can be understood from the strategical conclusion above, it is not suitable to think short sightedly about the justification which is merely based on methods considering monetary values, and so on.

The general criticism of classic justification technique are;

- They consider only feasible alternatives
- Monetary value is regarded a common standard in measuring the results
- The only effect to decision is the justification result differences of the alternatives
- The cost and benefit calculation are made relying on the sensitivity of inputs
- The effect of investments are limited by the close environment of the manufacturing equipment
- The capabilities of the equipment are assumed to be known well and not to change after operation

In addition to traditional justification techniques, the traditional accounting technique has also some shortcomings to meet the requirements of the proper calculation of product cost. The traditional accounting bases itself on direct labor cost. Overhead costs are generally expressed as a percentage of direct labor cost. But in advanced technology, the importance of direct labor has

been taken over by indirect labor. Therefore the calculation has to be activity-based rather than direct labor-based.

The proposed model was built to eliminate the setbacks of the traditional justification procedures of the investment of advanced manufacturing systems. The aim of the model is to help the company, which is operating in batches in the manufacturing industry, and which thinks to modernize its manufacturing system, realize the justification and make the decision.

In the considered model, three manufacturing systems, which work with different rules, are as alternatives; classical systems, which have classical universal machine tools, semi-automatic systems and flexible manufacturing systems. Here a semi-automatic system is also considered as a passing stage to FMS. This gradual automation level change is advised to spread both high initial cost over time, and to adopt slower and better into the new system.

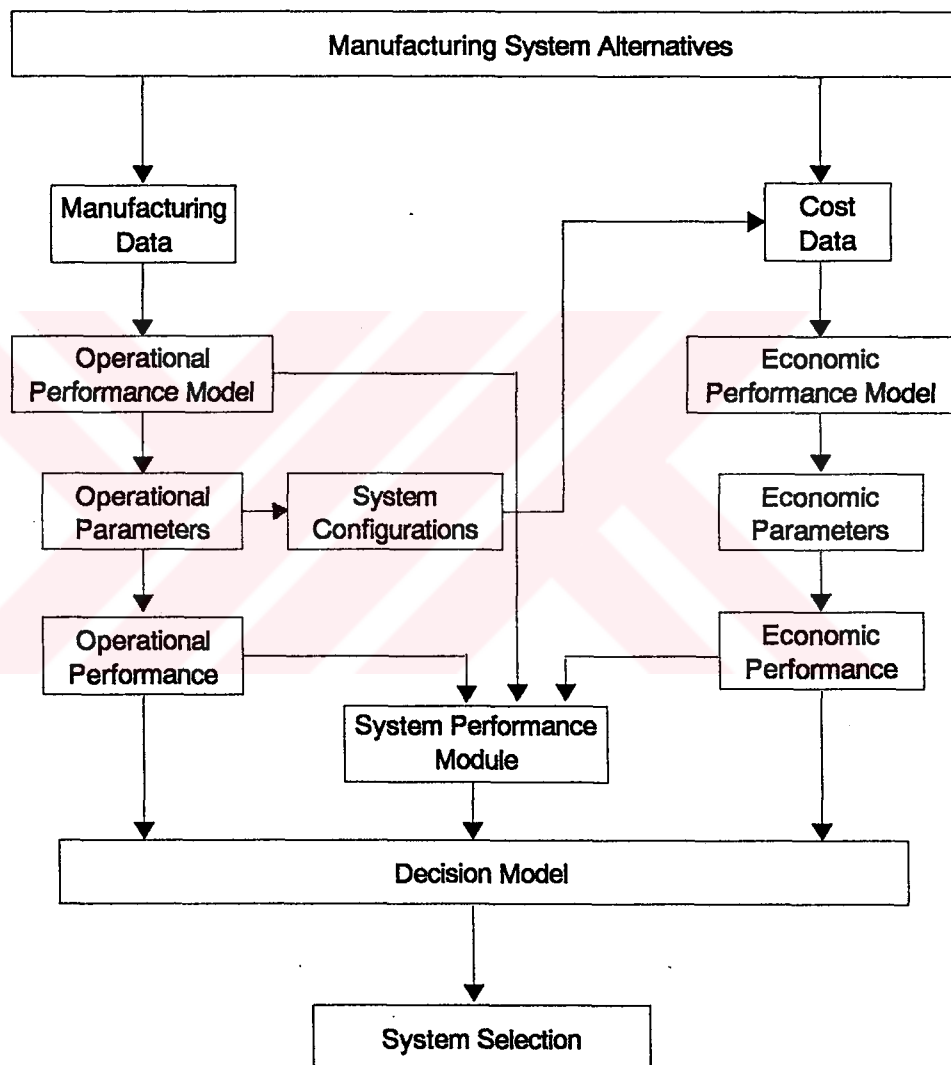
The applicability of the model starts as soon as the company decides the timing of the modernization process. In addition, the physical boundary of the model is limited by the manufacturing area where the equipment operates. So, the model inputs are only required for the factors which are directly related to the system.

The proposed model, as can be seen below, consists of three submodels and one module;

- Operational Performance Model
- Economic Performance Model
- Strategic Performance Module
- Decision Model

Operational Performance Model

The aim of this model is to use the manufacturing data to form the most suitable system configurations for all alternatives which satisfy the operational performance criterion provided by company management, such as, capacity utility ratio, work in process inventory, manufacturing time, maximum queue etc. This model feeds the strategic module, economic performance and decision models, by its outputs. Simulation techniques, which are very useful for detailed analyses of manufacturing systems by proper representation and experimentation capability, was used to set the model.



Economic Performance Model

The aim of this model is to use the configuration information and cost data to evaluate economical performance of all systems and transfer the outputs to a strategic performance module and decision model: In this model, the main criteria; unit cost, was calculated by activity based cost planning. The elements thought to contribute to unit cost are: Depreciation, labor, inspection, scrap and rework, material, space, maintenance, tool, fixtures, computer programming, work in process, inventory, overheads (energy, heating, light, cleaning etc.), and set-up cost. The other criterion are selected by commonality in usage which are return on investment, payback period, net present value and total manufacturing cost.

Strategic Performance Module

This module as works by the outputs of the operational and economic performance models to produce non-monetary information about alternative systems for the decision model. Quick delivery, delivery reliability and adoption into new manufacturing conditions are tested in the module. Another function of the module is sensitivity analyses of the systems.

Decision Model

In the investment decision, the present and the future situation of the market should be taken into consideration. The technology level of the company and product life cycle are used in combination as below,

Saturated Market - Technology Leader

Saturated Market - Technology Follower

Growing Market - Technology Leader

Growing Market - Technology Follower

The model was built on the basis of Analytic Hierarchy Process Method. The output of the model are the priorities of the alternative systems in which the system with the highest priority is elected as an investment candidate.

The model which was developed has the properties stated below.

- The model can also be used to examine the situation of the present system.

- The model is different from others in that it analyses the investment through three dimensions operational, economical and strategical

- In the study it is believed that the investment is made not only for today but tomorrow as well. Therefore future manufacturing conditions are also tested.

- Since the model is modular, it is flexible to expansion by additional modules.

- The model takes account of not only monetary cost or benefits of system alternatives as evaluation, but non-monetary, strategic benefits well.

- By emphasizing three different manufacturing system in the model, the importance of gradual automation was put forward.

- In an investment decision it is extremely important for the health of the decision - maker with as much data as possible. Special attention is given about this issue in the model.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1980 öncesi esneklik ile ilgili makalelere nadiren rastlanırdı daha 10 yıl geçmeden yönetim ve mühendislik dergilerinin bu konu ile ilgili makalelerle doldukları gözlenmektedir. Carlsson (1992)'un bu sözleri bile teknolojinin nedenli hızlı geliştiğinin bir göstergesidir.

Doğal olarak her gelişme bir ihtiyaçtan kaynaklanmaktadır. Son yıllarda tüketici pazarı oldukça büyük yapısal değişim göstermiştir. Artık müşteri çeşidi çok, düşük fiyatlı ve yüksek kalitede mamulü, mamul ömrünü oldukça düşürecek düzeyde istemektedir. Buna ilaveten, iç ve dış rakiplerin durumu, kanuni düzenlemeler, teknolojik gelişmeler ve benzeri faktörler firmaları bu koşullara uyum göstermek için zorlamaktadırlar. Firmalar bu uyumu sağlamak ve yaşamlarını sürdürmek amacıyla ileri teknoloji kullanma eğilimindedirler. Çünkü ileri teknoloji istenen uyum kabiliyetini düşük maliyetli, yüksek kaliteli, hızlı ve güvenilir üretim olarak sunmaktadır.

İmalat sistemleri, 8-10 yıl olarak kabul edilen ekonomik ömürleri boyunca, başlangıç mamul karışımını deterministik olarak bilinen miktarlarda imal etmek üzere kurulmazlar. Yukarıda değinilen çevresel değişimler, firmanın mamul portföyünde zaman içinde değişiklik yapılmasını gerektirir. Bu şekilde, firmanın stratejik pozisyonunu belirleyecek olan imalat sisteminin firma performansı üzerinde oynayacağı rol, başlangıçtaki mamul karışımı ve hacmi ile sınırlı kalmaz.

Bugün ve gelecek için yapılması kaçınılmaz olan yatırımın planlanması oldukça güçtür. Öncelikle uygun teknolojinin seçim kararı, yatırıma önemli miktarda sermaye aktarımı gerektireceğinden ve firmanın kârlılığı ile rekabet gücünü temelden etkileyeceğinden son derece önemlidir. Buna ilaveten başarılı yatırım uygulaması için gerekli ölçülendirmeyi üreten, riskleri gözönünde bulunduran ve yatırım seçeneklerinin finansal ve finansal olmayan etkilerini içeren kapsamlı bir yatırım değerlendirme metodolojisinin olduğu söylenemez. Bu gerçeklerin ışığında bazı firmalar sistematik bir değerlendirmeyi gözardı ederek sezgisel olarak sonuca gitmek istemektedirler. Ancak yatırımın performansının iyi belirlenememesi sonucu kaos yaşama tehlikesi ile karşı karşıya kalmaktadırlar.

Bu çalışmanın konusu, Türkiye açısından da büyük öneme sahiptir. Ülkemizdeki firmalar iç ve dış rekabette başarı kazanmak için klasik imalat teknolojilerini yenileme aşamasındadırlar. Endüstrideki

abalara paralel olarak ileri teknoloji konusu teorik çalışmalarla da incelenmektedir (Yenersoy, 1990, Dinçmen, 1991, Durmuşoğlu, 1991, Soysal, 1991, zok, 1991).

Uzunca bir sreden beri Türkiye ile birlikte diğer ülkelerde de rekabet açısından konuya yaklaşım imalat ve teknolojik kaynaklardan ziyade pazarlama ve finansman üzerinde yoğunlaşmıştı. Bu eğilim, uzun dönemli hedefler ve stratejik planlar yerine, kısa dönemli kr maksimizasyonları üzerinde durulmasına neden olmakta ve bir işletmenin mamul üretim etkinliği üzerinde olumsuz rol oynamaktaydı.

Günümüzde, firma yöneticileri imalatın önemini kavramış gözükmektedirler. Artık ileri teknoloji günümüz endüstriyel çevresinde rekabette başarı için anahtar faktör olarak görülmektedir. Buna karşın ileri teknoloji yatırımlarının sermaye yoğun yatırımlar olduğu, firmanın mevcut kaynakları, üretim koşulları ve gelecekteki üretim koşulları her yönüyle dikkate alınmadan yapılacak yatırımın çoğu zaman gereksiz olduğu bazen de firma açısından kriz dönemi için davetiye çıkardığı unutulmamalıdır.



BÖLÜM 2. İLERİ TEKNOLOJİLİ İMALAT SİSTEMLERİNİN YATIRIM DEĞERLENDİRME PROBLEMİ

Muramatsu ve diğerleri (1985)'ne göre bir endüstriyel kuruluş kendini çevreye temel iki boyutta sunar. Bunlardan birincisi değişen müşteri ihtiyaçlarına cevap verebilecek yeni mamullerin sunulduğu, yeni pazarların oluşturulduğu, pazar bölünmelerinden dolayı mamul özelliklerinin arttığı, değişen mamul çeşitliliğinden dolayı talep dalgalanmalarının yaratıldığı ve mamul ömürlerinin kısaltıldığı pazarlama boyutudur. İkinci boyut ise imalat sistemi içerisinde mamul hattı ve özelliklerinin değiştiği, parça konfigürasyonlarının oluştuğu, üretim ekipmanı hassasiyet, hız ve diğer parametrelerin teknolojik değişime paralel olarak değiştiği üretim boyutudur.

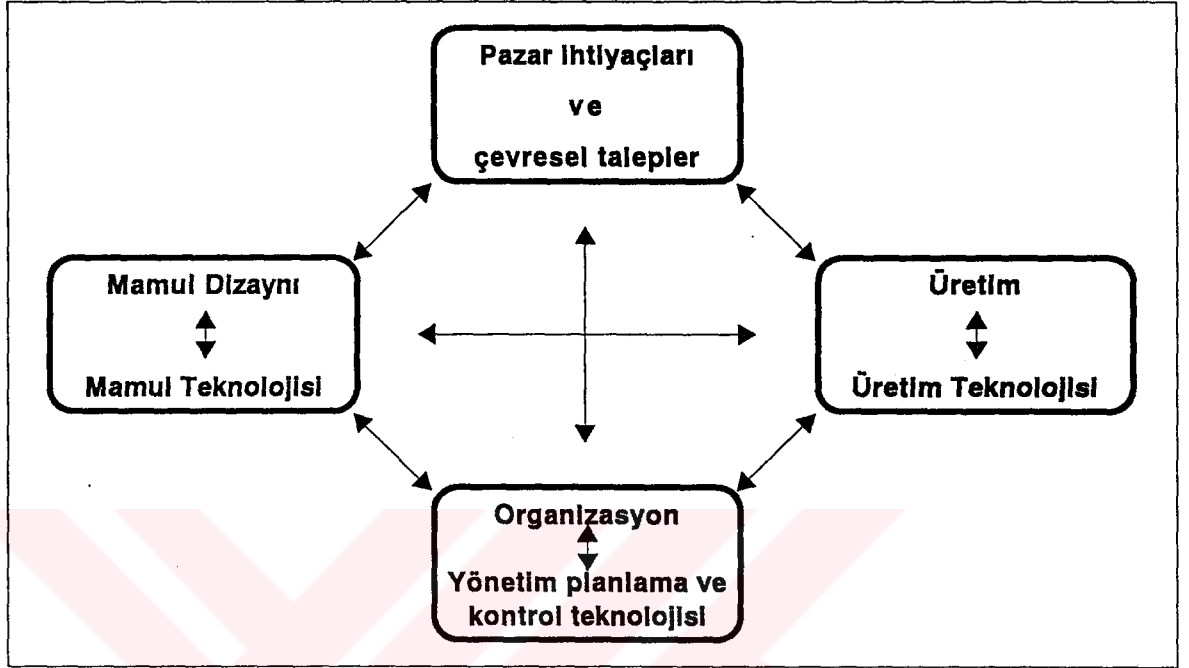
Bu gerçeğin ışığında endüstriyel kuruluşun kuruluş amacına ulaşması için pazar içerisindeki çevre elemanlarının ve iç yapısındaki imalat elemanlarının birbirleriyle etkileşiminin iyi anlaşılması gerekmektedir. Bu nedenle, çalışmanın bu bölümünde sözü geçen etkileşimlerin anlaşılması amacıyla pazar ve imalat sistemi elemanları ile bu elemanların yapısal ve davranışsal özellikleri incelenmektedir.

Bu incelemenin ardından, teorik çalışmalar ve gerçek sistemlerdeki uygulamalardan oluşan, imalat sistemleri yatırımı, karşılaşılan problemler ve çözümleri için geliştirilen yaklaşımlar üzerindeki bilgi birikimi sunulmaktadır.

2.1. Firma Stratejisinde İmalatın Rolü

Bir endüstriyel firmanın değişik kesimleri arasındaki karşılıklı etkileşim aşağıdaki şekilde görülmektedir.

Bu etkileşim içerisinde firma dışarıdan gelen çevre etkileri, kendi üretim sisteminden kaynaklanan kısıtları da göz önünde tutarak değerlendirir ve üretim için amaçlarını belirler (Gudnason, Riis, 1984). Bu amaçlar içerisinde pazar talepleri ile teknolojik olanakların çok hızlı gelişmesi endüstriyel firmaları stratejilerini hazırlarken yenilik (innovation) kavramı üzerinde durmaya zorlamaktadır.



Şekil 2-1. Bir Endüstriyel Firmada Dört Ana Üretim Faktörünün Etkileşimi
(Gudnason, Riis, 1984)

Rekabetteki başarıda teknolojik yenilik ve pazarlamada yenilik kavramları arasındaki ilişki Ansoff (1965)'in büyüme vektör modelinde incelenmiştir. Bu model, teknolojik yenilikler ile pazarlamadaki yeniliklerin firma gelişmesi açısından incelendiği Hart, Harrison (1987) tarafından hazırlanan tablo ile özetlenmiştir.

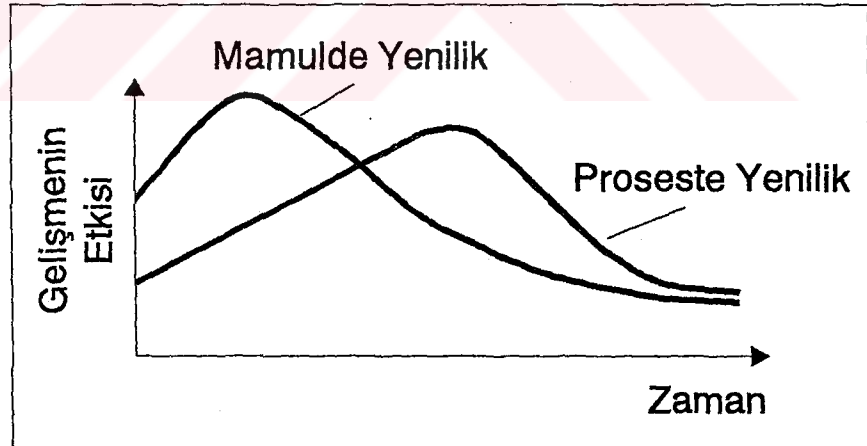
Aşağıdaki tablodan görüleceği gibi teknolojik yenilik boyutunda iki durum söz konusudur. Birinci durumda mevcut mamulün üretimine devam edilirken üretim prosesinin geliştirilmesi, ikinci durumda ise üretim prosesinin yenilenmesi yoluyla mamul üzerinde istenen yeniliklerin veya yeni mamul üretiminin gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır. Pazarlamada yenilik boyutunda ise mevcut mamul ile mevcut pazarın korunduğu birinci stratejide proseste yenilik yoluna gidilir. Buradaki temel amaç üretim maliyetinin düşürülmesi yoluyla düşük fiyat ve yüksek kalite ile rekabet gücünü artırmaktır.

Mevcut mamulün yeni pazarlarda sunulması amacının güdüldüğü ikinci davranış şekli ise proseste yenilik stratejisinin bir devamı sayılabildiği gibi, pazarlama fonksiyonunun daha ön plana çıktığı bir strateji olarak düşünülebilir. Yeni mamulün yeni pazar için üretildiği yeniden yapılanma şekli imalatçının pazarda aktif rol oynadığı, genellikle ileri teknolojiye dayalı üretimin yapıldığı bir davranış türü olarak kendini göstermektedir.

Tablo 2-1. Teknoloji ve Pazarlamada Yenilik İlişkisi
(Hart, Harrison, 1987)

Teknolojik Yenilikler	Pazarlamada Yenilikler	
	Mevcut Pazarlar	Yeni Pazarlar
	Mevcut Mamuller	Yeni Mamuller
	Proses Geliştirme	Pazar Geliştirme
	Mamul Geliştirme	Yeniden Yapılanma

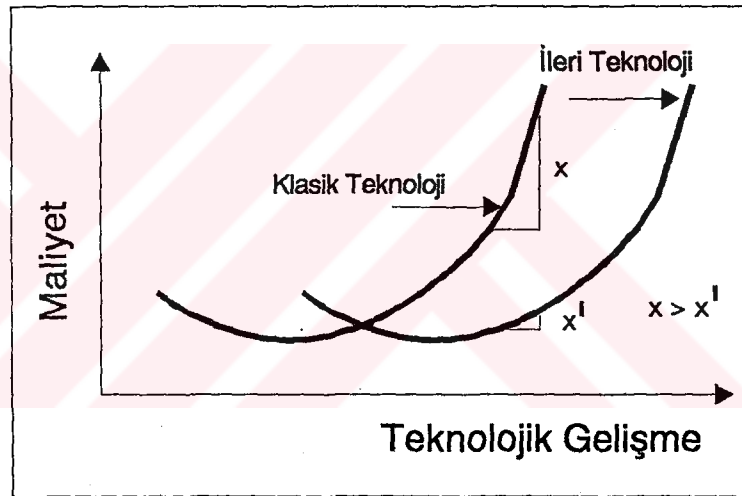
Mamul ve proses üzerinde yapılan yenilikler zamana bağlı olarak değişim göstermektedir.



Şekil 2-2. Mamul ve Proseste Yeniliklerin Zamana Bağlı Değişimi
(Steele, 1987)

Mamulün zamana bağlı davranışı bir endüstrideki üreticilerin farklı mamul özellikleri ile ortaya çıkışı ve daha sonraki aşamada da baskın özelliklere sahip olan mamullerin piyasada kalışı sürecinde değişir. Mamul üzerindeki değişikliklerin sonlanmasıyla endüstri daha dengeli bir yapıya ulaşır. Proses ise mamuldeki değişim hızının düşmesi ile birlikte üretkenliği artırmaya yönelik olarak devreye girer ve bir süre sonra değişim hızını kaybeder. (Steele, 1987)

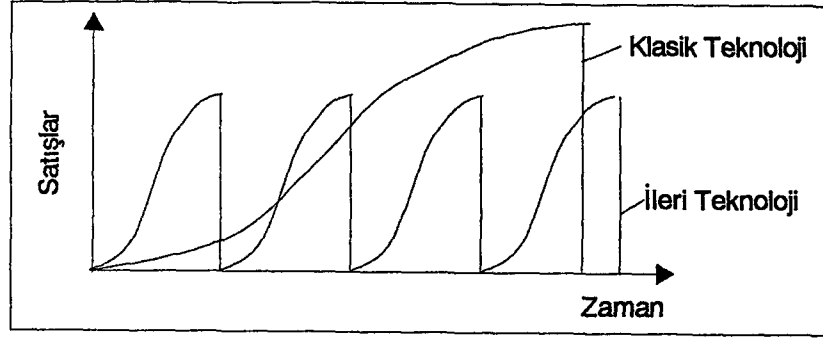
Foster (1982)'a göre kullanılmakta olan her teknolojinin, özellikleri tarafından belirlenen bir üst yetenek (capability) sınırı vardır. Firma sahip olduğu teknolojinin tüm yeteneklerinden tamamen yararlanma aşamasına geldiğinde, diğer bir deyişle bu üst performans sınırında üretim yapmaya başladığında teknoloji değişimi gündeme gelir. Bunun da nedeni aşağıdaki grafikten de görüleceği gibi firmanın mevcut teknolojiye sağlamaya istediği rekabetçi avantaj için harcaması gereken kaynağın yeni teknolojiye sahip olması durumunda harcamasından daha fazla olmasından ileri gelir.



Şekil 2-3. Rekabet Avantajındaki Gelişme ile Kaynak Sarfıyatı İlişkisi
(Steele, 1987)

Bu nedenle, teknolojinin olgunlaşmasının firma yönetimi tarafından rakip firmaların potansiyel tehditlerine karşı savunmasız kaldığını belirten bir sinyal olarak algılanması gerekir.

Meredith (1987)'e göre klasik ve ileri teknolojiler firma satışlarına olan etkileri ve firma yönetimine verdiği stratejik davranış esnekliği ile aşağıdaki şekilden de görüleceği gibi endüstride rekabet pozisyonu açısından belirleyici bir rol oynamaktadır.



Şekil 2-4. İleri Teknolojiye Bağlı Olarak Mamul Ömründeki Değişim
(Meredith, 1987)

Grafikten de görüldüğü üzere ileri teknoloji ile üretim yapan firma mamul olgunlaşma dönemine geldiğinde mamulün yeni bir versiyonuyla pazara tekrar girmektedir. Bu davranış türü Goldhar ve Jelinek (1983) tarafından rekabette takipçi rakiplerden gelebilecek tehditlerin önüne geçilmesi olarak yorumlanmaktadır.

Harrison ve Hart (1987) tarafından yapılan ve 102 firmayı kapsayan anket çalışmasında yeni teknolojinin yeni pazar fırsatları yaratmada ana rol oynadığı belirlenmiştir. Bu savı destekler nitelikte olan Wheelwright ve Hayes (1984)'in ABD endüstrisi hakkındaki yorumuna göre, ABD imalat firmalarını rekabet açısından en çok zorlayan faktörler, rakiplerin daha iyi mamul tasarımı yaptıkları, pazarlamadaki başarıları veya finansal güçleri değil imalat sisteminin yetenekleridir.

Eilon (1992)'a göre rekabet talebin varolduğu veya yaratılabileceği kabulüyle pazarda satış yaparak rakipler karşısında ayakta kalabilmektedir. Eğer rakipler tasarım ve özellikler açısından kıyaslanabilir mamul üretiyorlarsa rekabet birim maliyetin azaltılması üzerine kurulacaktır. Eğer tersi durum söz konusuysa birim maliyet önemini yitirmese de rekabet gücü mamulde farklılaşma (product differentiation) yoluyla artırılabilecektir. Bu da yalnızca mamul tasarımı ve fonksiyonel özelliklerle sınırlı kalmayıp kalite, rakiplerden daha kısa zamanda üretim ve teslim, teslim zamanının güvenilirliği başta olmak üzere diğer parametreleri de kapsayacaktır. Bu parametrelerin gerçekleşmesi üretim teknolojisinde esneklik gerektirdiğinden mamul farklılaşmasını incelemekte fayda görülmektedir.

2.1.1. Mamul Farklılaşması

İmalatçı firmalar genellikle geniş pazarın değişik kesimlerine hitap eden bir mamul farklılaştırma stratejisi güderler. Üretilen yeni bir mamul genellikle, tamamen aynı özelliklere sahip olarak bir başka firma tarafından üretilmez. Tüketici isteklerine bağlı olarak üretilen çeşitlilik içerisinde, müş-

teri istek ve satınalma gücünün üniform olduğu tüketici talep kesiminin tanımı ortaya konulur ve bu kesimin müşteri beklentilerine uygun mamul üretilir. Mamul farklılaşması veya pazar bölünmesi denen bu strateji firmaların küçük tekellere sahip olmak için gösterdikleri bir çabanın ürünüdür. Bu stratejideki temel amaç o pazar kesimindeki rakiplerin mamul farklılaşması yoluyla yenilmesidir.

Bir mamul n elemanlı mamul karakteristik miktar vektörü ile temsil edilebilir.

$$a = [a_1, a_2, a_3, \dots, a_n] \quad a_n = \text{mamul özellikleri}$$

Müşteri karakteristik miktar vektörü ise benzer şekilde

$$c = [c_1, c_2, c_3, \dots, c_n] \quad c_n = \text{müşteri tarafından beklenen özellikler}$$

olarak tanımlanabilir. Eğer $a = c$ ise müşteri malı alır, yoksa alma olasılığı 1 den küçüktür. Müşteri ve mamul ilişkisi satış olasılığını belirleyen stokastik bir fonksiyon olarak aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$F(s) = F(\partial, \varepsilon, \xi, e)$$

$$\partial = a_i - c_i < 0 \quad \forall i \in n, \quad \partial = \text{Müşteri isteğine yakınlık ölçütü}$$

$$\varepsilon = \text{Mamulün bir özelliğinin diğerini ikame edebilme ölçütü}$$

$$\xi = b_i - c_i < 0 \quad \forall i \in n, \quad \xi = \text{Rakip mamulün müşteri isteklerine yakınlığı, } b_i \text{ rakip mamul özellikleri olmak üzere.}$$

$$e = \text{Hata ve belirsizlik miktarı.}$$

Bu ifadedelerden de görüleceği gibi, firma mamule ilave edilecek özelliğin maliyetinin getirisinden küçük olması kısıtıyla ∂ 'yı minimize ederek karı maksimize etmeye çalışacaktır. ε ve ξ ise ∂ 'den farklı olarak doğrudan firma kontrolü altında bulunmamaktadır.

Firma ∂ 'yı şu şekilde etkilemeye çalışır. Tüketiciye sunulan mamulde c 'nin her bir müşteri için ayrı ayrı oluşturulması düşünülemez. Potansiyel müşteriler tarafından yönlendirilen geniş pazar küçük parçalara bölünmek durumundadır. Bu işlemle firma belirlenen küçük pazar içerisindeki müşteri tercihlerinin birbirinin aynı olmasada zafı olarak birbirine yakın olacağını bekler. Bu kitle için belirlenen tüketici karakteristik miktar vektörüne uygun olarak ürün dizaynı yoluna gidilir. Her

bir mamul modeli için hedef kitlenin büyüklüğü, firma tarafından sunulan ürünün model veya çeşitlilik miktarının bir fonksiyonudur. Bu kavramsal ifadeyi eşitliklerle gösterirsek + , - artan ve azalan eşitlikleri göstermek üzere

$$F(s) = F(\partial, \varepsilon, \xi, e)$$

$$\partial = f(\sigma^+), \sigma = f(M^+), M = f(K^+) \text{ ve } F(s) = f(K^+)$$

σ = Müşteri tarafından mamulden beklenen özelliklerin standart sapması.

M = Hedef kitledeki müşteri sayısı.

K = Firmanın ürettiği mamul çeşidi.

Yukarıdaki ifadelerden görüleceği gibi mamul farklılaşmasındaki artış, satış olasılığını artırmaya yönelik rol oynar.

Klasik imalat sistemi ile ürün farklılaştırma stratejisini uygulamak temel olarak ölçek ekonomisi ile imalat sistemi yeteneklerinden dolayı zordur. Ancak yoğun rekabet, diğer yandan firmalara mamul farklılaştırma ölçüsünü artırarak alt kitle hacmini düşürme konusunda baskı yapar. Mamul ömürlerinin azalması anlamına gelen tüketici karakteristik miktar vektöründeki kısa zaman içerisinde olan değişiklik, mamul karakteristik vektöründe de benzer değişiklik yapılmasını gerektirmektedir. Esnek olmayan üretim sonucu mamulde ölçek ekonomisi dolayısıyla standardizasyona gidilmesi üründe çeşitliliğe gidilmesini güçleştirir. Mamul çeşidinin artırılması için fabrikanın veya üretim hattının yeniden düzenlenmesi ya üretilmekte olan mamulden fedakarlık edilmesini veya yeni üretim hattı kurulmasını gerektirir ki bu da ilave maliyet demektir. Bu konuda imalat sisteminin esneklik derecesi çok önemli rol oynamaktadır. Esnek imalat sistemleri (EİS) mamul farklılaştırma stratejisine diğer sistemlere nazaran daha iyi cevap vermekte ve bir mamul çeşidi üretiminden diğerine geçiş pazardaki fırsatları kaçırmayacak ölçüde hızlı gerçekleştirmektedir. Otomasyondan sağlanan düşük birim maliyet, esneklikten sağlanan geniş mamul spektrumu EİS'ne sahip firmalar açısından önemli bir avantaj olarak ortaya çıkmaktadır. (Talaysun, Hassan, Goldhar, 1987)

2.2. Klasik İmalat Teknolojisinden İleri Teknolojiye Geçiş

Klasik genel amaçlı takım tezgahlarından oluşan bir atelye tipi üretimde parça işleme amacıyla yapılan operasyonlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- 1- Parçanın tezgaha taşınması,
- 2- Parçanın tezgaha yüklenerek bağlanması,
- 3- Uygun takımın seçilip yüklenmesi,
- 4- Tezgah çalışma koşullarının hazırlanması,
- 5- Takıma istenilen fonksiyonu yapacak şekilde tezgah çalışmasının sağlanması,
- 6- Tezgah üzerindeki bütün operasyonlar tamamlanana kadar gerekli takımların, koşulların ve hareketlerin düzenlenmesi,
- 7- Parçanın tezgahı boşaltılarak gerekli yere taşınması.

Sıralanan bu operasyonlar tamamen manuel olarak gerçekleştirilirken imalat teknolojisindeki gelişmede önemli adımlardan biri olan Massachusetts Institute of Technology tarafından 1950'lerin sonlarında geliştirilen sayısal kontrollu tezgah sayesinde 5. adımdaki yüksek vasıf gerektiren operasyonda tezgahın kontrolü operatörden çıkartılarak tezgahın kendisine verilmektedir. Bu gelişmeye ilaveten diğer önemli bir atılım ise otomatik takım değiştirme sistemlerinin geliştirilmesi sayesinde olmuştur. Bu aşamada, bütün bu operasyonlar tezgah tarafından bir delikli şerit vasıtasıyla tezgaha verilen program yoluyla gerçekleştirilmektedir. Tezgah üzerine bilgisayarların yerleştirilmesiyle delikli şerit sisteminin ortadan kaldırılması sağlanarak, tezgah üzerinde doğrudan programlama mümkün hale gelmiştir. Bu sayede CNC (Computer Numerical Control) tezgahlar ve daha sonra birkaç operasyon türünün aynı tezgahı gerçekleştirmesini sağlayan işleme merkezleri ortaya çıkmıştır. Son adım olarak da bu tezgahlardaki bilgisayarların merkezi bir bilgisayar tarafından kontrolü DNC (Direct Numerical Control) sistemini gündeme getirmiş ve buna ilaveten malzeme taşıma sistemi de DNC sisteminin kontrolü alınınca temel fikri 1960'lı yılların başında olmuş ve 1968'de İngilterede uygulamaya geçmiş olan Esnek İmalat Sistemine (EİS) ulaşılmıştır (Kusiak, 1986). EİS'nde yukarıdaki 7 imalat adımı da operatörden bağımsız olarak sistem tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu sistem içinde robotlar ayar, ölçü ve parça temizleme gibi destek elemanları da bulunabilmektedir. (Suresh, Meredith, 1985)

2.2.1. İleri Teknoloji

İmalatta insan unsurunun yerini yazılım açısından bilgisayara, donanım açısından da entegrasyon yeteneği yüksek ekipmanlardan oluşan imalat sistemine bıraktığı, dizayn, operasyon ve yetenekler açısından klasik sistemden farklı olan imalat sistemi, ileri teknolojiye sahip imalat sistemi olarak tanımlanmaktadır. Hough (1989)'a göre ileri teknoloji sistem firmanın dizayn ve üretim fonksiyonlarının işlevini artırmaya yönelik yeni proses teknolojileri ve yönetim sistemleridir. Aşağıdaki tablodan da görüleceği üzere ileri teknoloji üretim sistemlerinde ilave bağlantı elemanları ve

teknikleri sayesinde sistemin modüler halden bir bütün hale geçmesi (entegrasyon) ile otomasyon seviyesi değişmektedir.

Tablo 2-2. Entegre Sistemin Elemanları

Entegrasyon Elemanı	Teknik Bağlantı	Entegre Sistem
	Malzeme İhtiyaç Planlaması İmalat Kaynak Planlaması Grup Teknolojisi	
CNC İM MTS DNC	Teknolojik Bağlantı Esnek İmalat Modülü Esnek İmalat Hücresi Esnek İmalat Sistemi	CIM

Bir imalat sisteminde robotlar ve CNC tezgahlar her ne kadar bilgisayar yardımıyla diğer sistemlere bağlansalar da entegre bir yapının modülleri olarak düşünülebilirler. Bu tür bir yaklaşım genellikle ömrünü doldurmuş ekipmanın yenilenmesi ve entegrasyona aşamalı geçişin sağlanmasının mümkün olduğu anlamını taşır (Meredith, Suresh, 1986). Firmalarda bu eğilim yanı sıra tam entegrasyona aşamalı geçiş yatırım riskinin azaltılması ve ilk yatırım maliyetinin düşük tutulması açısından tercih edilmektedir. Bu aşamalar en genel haliyle aşağıdaki gibi gösterilebilir (Hough 1989).

Seviye 0 - Geleneksel üretim hattı

Seviye 1 - Sisteme modüler yapıda ilaveler,

Seviye 2 - Hücresel yapıya geçiş,

Seviye 3 - Hücrelerin birbirine bağlanması ile entegre sisteme geçiş,

Seviye 4 - Üretim yönetimi sisteminin bağlanması ile tam entegrasyona geçiş

2.2.1.1. Bilgisayar Yardımıyla Dizayn (CAD) ve İmalat (CAM)

İleri teknolojinin imalat öncesi faaliyetler açısından kullanılması da imalatındaki gelişmeye paralel olarak gerçekleşmiştir.

Mamul üretim faaliyeti, konstrüksiyon ve imalat denilen iki kademede gerçekleşir. Konstrüksiyon, herhangi bir teknik sistemin ödevinin kesin olarak belirlenmesi, uygulanacak fiziksel

prensiplerin saptanması, bu prensipleri sağlayan elemanların seçilmesi ve bunların montaj ve parça resimlerinin hazırlanmasına kadar geçen bütün faaliyetleri kapsar. Bu ifadeye göre konstrüksiyon, imalat esaslarının belirlendiği tasarım ve şekillendirme olarak iki kademededen oluşur.

İmalat işlemi ise saptanan fiziksel esaslara göre operasyonların, takım ve tertibatların, tezgahların belirlenmesi ile teknolojik verilerin saptanarak imalat planlarının hazırlanması ve bu plana göre mamulün tezgahlarda işleminin gerçekleştirilmesidir. (Akkurt, 1979)

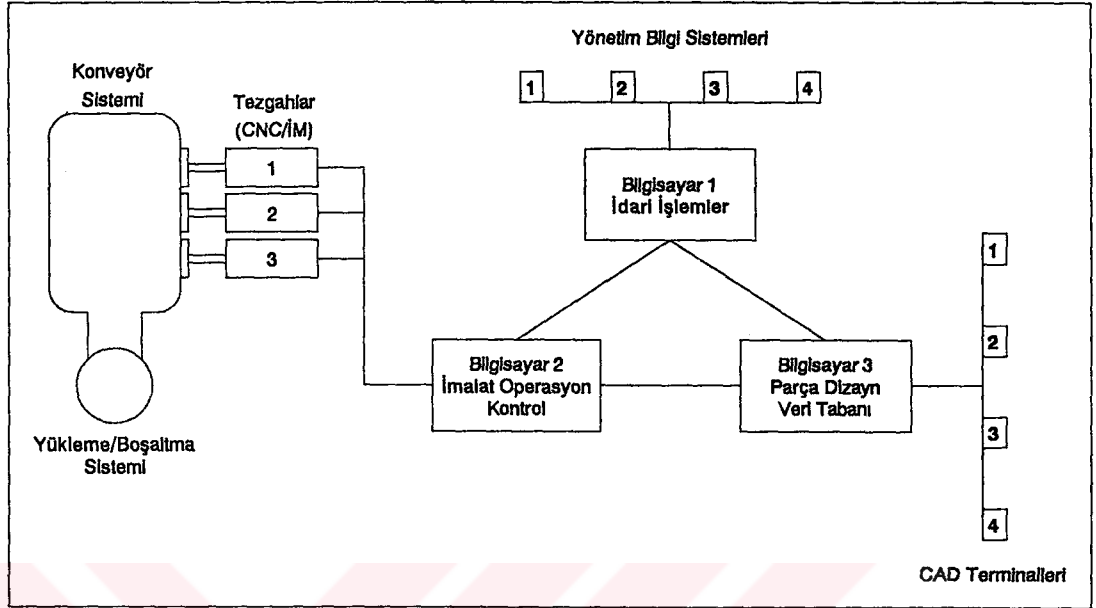
Klasik üretim sistemlerinde bu aşamalar fabrikaların konstrüksiyon bürolarında gerçekleştirilerek imalattaki operatöre ilgili parça resmi ve iş emri olarak ulaşır. Operatör resmi inceledikten sonra kendi tecrübesine de dayanarak yaptığı plan çerçevesinde parçayı işler. Burada parçanın gereken biçimde işlenmesi büyük ölçüde operatöre bağlıdır.

Modern üretim sistemlerinde yukarıda tanımlanan konstrüksiyon işlemleri bilgisayar ile gerçekleştirilir. Parça tasarımı, tasarım analizleri ve mühendislik deneylerinden oluşan faaliyetler bilgisayar yardımıyla tasarım (CAD) adını alır. CAD sisteminin grafik olanaklarının tasarlanan parça ile ekranda istenildiği gibi oynanmasını sağlamasının yanısıra, konstrüksiyon hesaplarının da rahatlıkla gerçekleştirildiği ve mamul performansının tespit edilebildiği paket programlar mevcuttur. (Medland, Burnett, 1986)

Bilgisayar yardımıyla imalat (CAM) ise üretim sistemi içerisinde bulunan CNC tezgahlar, işleme merkezleri, malzeme taşıma sistemi, robotlar, koordinat ölçüm tezgahları ve diğer programlanabilir imalat ekipmanlarının kontrolü için programların ve üretim, yönetim ve kontrol fonksiyonları için planların hazırlanmasında kullanılan veri işleme sistemi olarak tanımlanmaktadır.

Birçok yazar tarafından birbirinden farklı tanımlar yapılmasına rağmen CAD sisteminin genellikle tasarım ve şekillendirme üzerinde yoğunlaştığı, CAM sisteminin ise imalat planlaması üzerinde yoğunlaştığı iki ayrı sistem oldukları söylenebilir.

Bilgisayarla bütünleşik imalat (CIM) ise CAD ve CAM modülleri yanısıra satış, muhasebe, stratejik yönetim ve benzeri modülleri bulunan ve bu modülleri birbirine bağlayarak dizayn, imalat ve yönetim sistemlerinin bilgisayar ile koordineli çalışmasını sağlayan sistem olarak tanımlanmaktadır. (Ranky, 1983)



Şekil 2-5. Bilgisayarla Bütünleşik İmalat (CIM)
(Randhawa, Bedworth, 1985)

2.2.1.2. Sayısal Kontrollü Takım Tezgahları

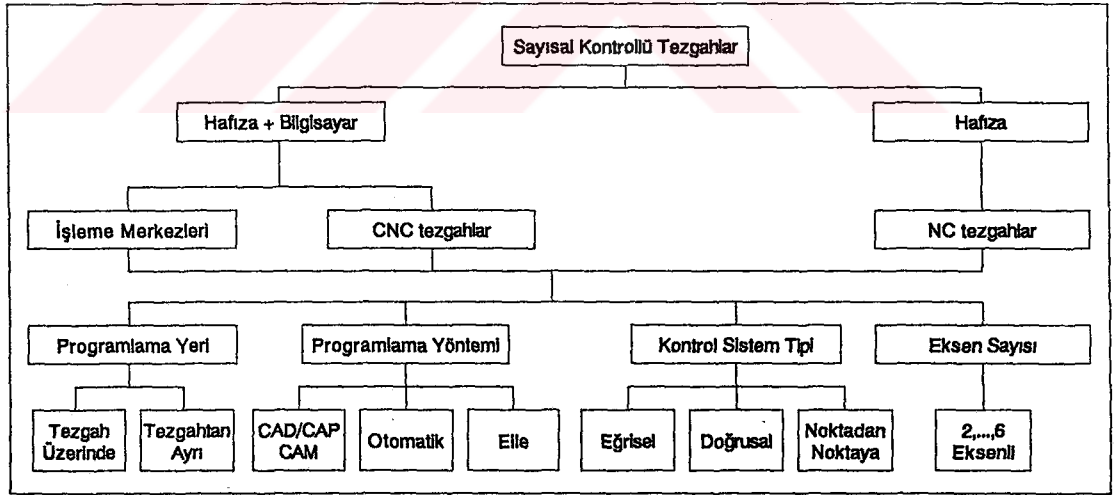
Bir tezgah üzerinde parçanın imalatını gerçekleştirmek üzere tezgaha geometrik ve teknolojik olmak üzere iki bilgi gurubu verilir. Parçanın işlenecek geometrik şekline bağlı olan geometrik bilgiler, takımın parça üzerindeki yolunu tayin eder. Teknolojik bilgiler ise kesme hızı, ilerleme, talaş kalınlığı, operasyon sıralaması ve takım bilgileri gibi değerlerden oluşur. Bu bilgilerin doğrudan insan tarafından verildiği tezgahlara klasik (veya konvansiyonel), program yolu ile verildiği tezgahlara sayısal kontrollü tezgahlar adı verilir.

Sadece kontrol ünitesi ve tezgahtan oluşan sayısal kontrollü tezgahlara NC tezgahlar denilirken bilgisayarla donatılmış olanlara CNC tezgahlar denir ve günümüzde kullanılan sayısal kontrollü tezgahların çoğu bu türdendir. CNC tezgahlarda program tezgaha, tezgahın kumanda panosu yardımıyla doğrudan veya tezgahlara kumanda eden merkezi bir bilgisayar aracılığıyla verilebilir. Bu tezgahların geliştirilmiş CNC diyalog sistemlerinde sadece parçanın ve takımın geometrik boyutları verilir, program tezgah bilgisayarı tarafından yapılır. (Akkurt, 1986)

Endüstride genellikle kullanılmakta olan CNC tezgahlar torna, freze ve matkap tezgahlarıdır. CNC taşlama tezgahları ise diğer tezgahlara oranla biraz daha pahalı ve taşlama işleminin daha karmaşık olması dolayısıyla henüz yeterli kadar yaygın değildir (Koziarski, Krolkowski, 1988). Bu tezgahlara ilaveten testere, zımbalama ve metal tabakalara profil verme fonksiyonu gören tezgahlar da piyasada bulunabilmektedir (Gerwin, 1982).

Diğer bir tezgah gurubunu oluşturan işleme merkezleri ise CNC tezgahlara benzer prensiplerde çalışan ancak frezeleme, delme, diş açma, borlama, raybalama gibi birden fazla operasyon çeşidini gerçekleştirebilen tezgahlardır. Bu tezgahların tornalama işlemini de yapan türleri mevcuttur ancak yüksek maliyetli olduklarından fazla yaygın değildir. (Amstead ve diğerleri, 1987)

İşleme zamanı açısından klasik, CNC tezgahlar ve işleme merkezleri arasında pek fark yoktur. Bunun nedeni talaş kaldırma işleminin esasen parça malzemesi, takım malzemesi, kesme ve ilerleme hızına bağlı olmasından ve bu değerlerin her üç tezgah türü için de aynı olmasından ileri gelir. Ancak eğrisel kontrollü CNC tezgah ve işleme merkezlerinde talaş kaldırma sırasında takım daha kısa bir yol katettiğinden işleme zamanında genellikle ihmal edilebilen bir miktar azalma olabilir. (Akkurt, 1986)



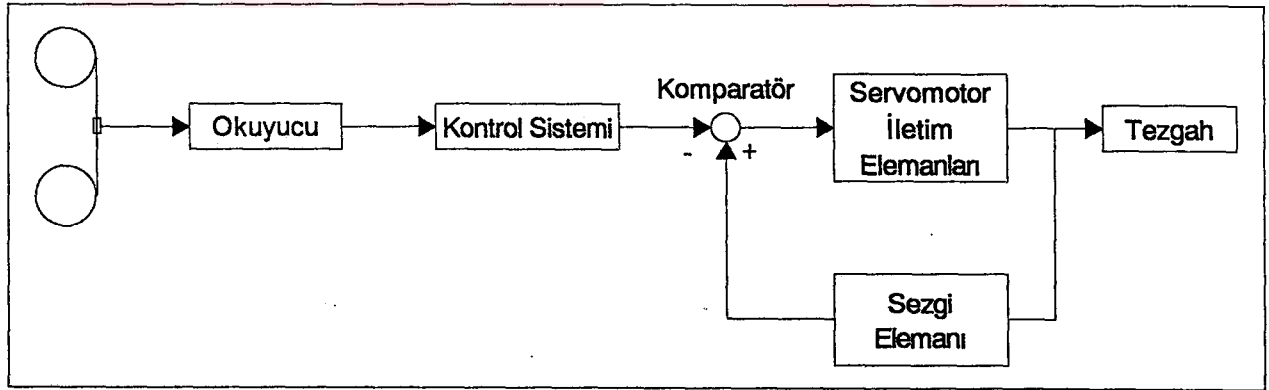
Şekil 2-6. Sayısal Kontrollü Tezgahlar (Akkurt , 1986)

Tutturma tertibatı açısından CNC tezgahlar ve işleme merkezlerinde klasik tezgahlara göre daha az sayıda ve basit tertibatlara ihtiyaç duyulmaktadır. Dolayısıyla tutturma tertibatlarının konstrüksiyonu, imalatı ve parçayı tutturmak için gereken hazırlık zamanı daha azdır.

Sayısal kontrollü tezgahlar, operatörden kısmen bağımsız çalışırlar. Tezgah operasyondayken, operatör diğer tezgahları yükleyebilir, magazindeki takımı değiştirebilir, depoya gidebilir veya uzun süre gerektirmeyecek diğer işleri yapabilir. Bununla birlikte takım değiştirme ve pozisyonlama işleminin otomatik olması ve çok boyutlu işleme olanağı sayesinde bu tezgahlar hem esneklik hem de işleme veriminin artırılması yönünde klasik tezgahlara göre üstünlük gösterirler. (Primrose, Leonard, 1986)

CNC tezgahlar bilgilerin işlendiği kontrol sistemi, komperatör, servo sistemi ve sezgi elemanının oluşturduğu kontrol devresi ve tezgahtan oluşur. Program taşıyıcısı kontrol sistemine aktarıldıktan sonra CNC tezgahlarının iç işlemlerini genellikle aşağıdaki şekilde gerçekleştirir.

Program okuyucu tarafından okunur; alınan bilgiler kontrol sistemine gönderilir; burada işlem gördükten sonra geometrik ve teknolojik bilgiler olarak ayrılır. Geometrik bilgiler tezgahın hareketli elemanlarına (tezgah kızak ve tablası) teknolojik bilgiler ise hız kutularına gönderilir. Kontrol devresine sinyal olarak gelen emirler burada bulunan motor ile tezgahın hareket elemanlarını harekete geçirir.



Şekil 2-7. CNC Tezgahları Bilgi Akış Şeması (Akkurt, 1986)

Klasik tezgahlarda operatör örneğin tornalama esnasında ulaşmak istediği çapa operasyon anındaki çapı sürekli olarak ölçerek varmaya çalışır. Bunun sonucunda oldukça geniş toleranslar içersinde işleme yapılır ve hata yapma olasılığı büyüktür. CNC tornada işleme anındaki çapla ulaşmak istenen çap sezgi elemanı ve servo mekanizması tarafından devamlı ölçülür, tezgah kazağına ek bilgiler verilir ve farkın sıfır olduğu durumda tezgah durur. Bu şekilde parçanın sıkı toleranslar içersinde ve hatasız olarak işlenmesi mümkün olur.

Tezgah hareket elemanlarının kontrol edilen hareket yönlerine eksen denir. Kesici ve parça bir tezgahda bulunan 3 doğrusal 3 dönme olmak üzere en fazla 6 eksen boyunca hareket edebilir. Ancak her eksen için ayrı bir kontrol devresi gerektiğinden eksen sayısı arttıkça tezgah daha karmaşık ve pahalı hale gelir. Takım, tezgah eksenlerinin sağladığı serbestlik ölçüsünde matkaptaki gibi noktasal torna ve frezedeki gibi doğrusal ve eğrisel hareket yapabilmektedir (Akkurt, 1986).

Genel olarak bir CNC tezgah aşağıdaki özelliklere sahiptir.

- 1 - Tezgaha program bir kere verilir ve bu işlem tezgah çalışırken gerçekleştirilebilir,
- 2 - Programlama işlemi ilk parçayı elle işleyerek veya klavyeden giriş yapılarak verilebilir,
- 3 - Uygun bir mikroprogram sistemi sayesinde takım aşınma ve kırılma durumları ile tezgah arızaları ve nedenleri tespit edilebilir, bu da bakım ve onarım zamanından tasarruf sağlar,
- 4 - Herhangi bir nedenden dolayı imalatına ara verdiği parçayı kaldığı yerden işlemeye devam edebilir,
- 5 - Bazı tezgahlarda otomatik parça yükleme boşaltma özelliği vardır,
- 6 - Takım değişimi, pozisyonlanması, çapak temizlenmesi gibi hazırlık faaliyetleri otomatik olarak gerçekleştirilir. (Akkurt, 1986, Primrose, Leonard, 1987)

2.2.1.3. Esnek İmalat Sistemleri

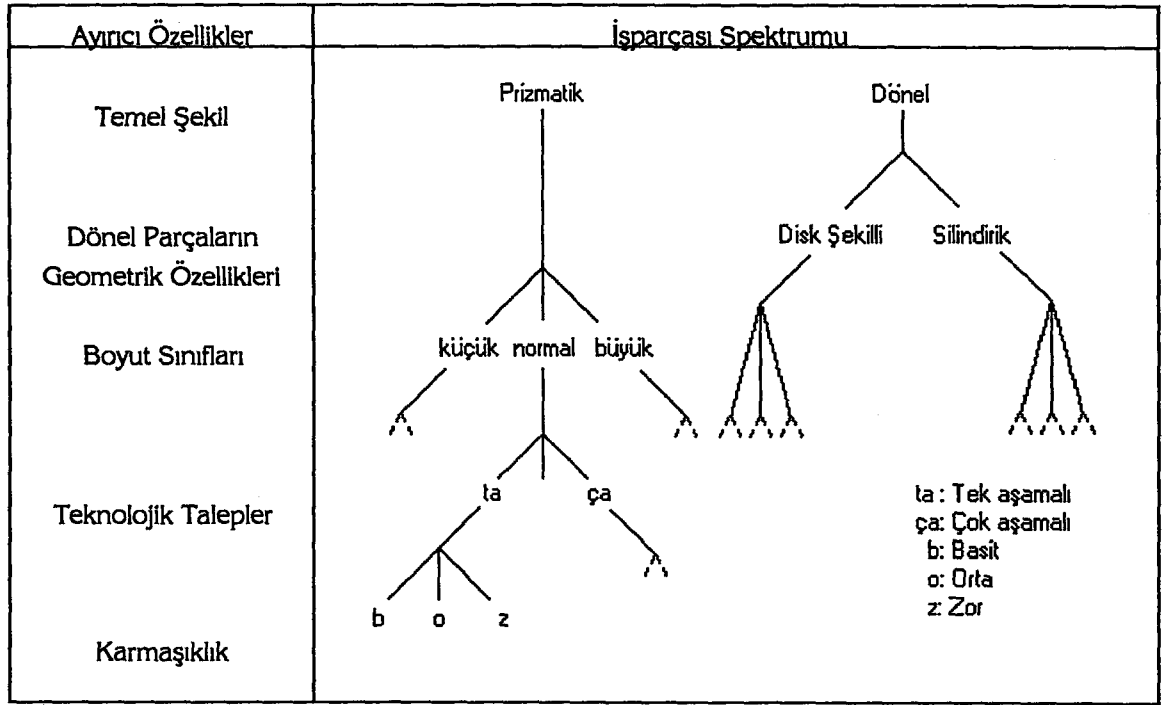
EİS, iki yada daha fazla bilgisayar kontrolü tezgahın, otomatik malzeme taşıma sistemi ile bağlanarak merkezi bir bilgisayar tarafından kontrol edildiği bir sistemdir. Sistemin çalışma prensibi gereği gelen parçalar, yükleme-boşaltma istasyonu önünde kuyruğa girer ve belli bir öncelik kuralına göre paletlere yüklenirler. İşlemeyi yapacak tezgah boş ise paletler malzeme taşıma sistemi ile taşınarak tezgaha otomatik olarak yüklenirler. Operasyonu biten parça ya bir sonraki tezgaha veya yükleme-boşaltma istasyonuna taşınarak işlem tamamlanır. Tüm imalat işlemi boyunca sistem

merkezi bilgisayar tarafından kontrol edilir. Donanım ağırlıklı bu tanıma ilave olarak, sistemin değişken pazara minimum işleyen sermaye kullanarak, siparişten satılabilir malların üretimine kadar geçen minimum cevap süresiyle hizmet etmesidir şeklindeki tanım sistemin felsefesini açıklayıcı niteliktedir. EİS, üretilcek mamul çeşidi fazla, hacmi küçük siparişleri yıl içerisinde birkaç kere olmak üzere dağılmış veya partilere bölünmüş orta hacimli, üretimde değişik tezgahlar gerektiren, aynı tezgahta sık tertibat değiştiren, boyut olarak birbirine yakın parçaların üretimi için ideal bir sistem olarak tanımlanmaktadır. (Leimkuhler, 1983) Kalkunte ve diğ.(1986)'e göre dünyadaki mevcut üretimin % 75'nin 50 veya daha az hacimli partiler halinde yapıldığı düşünülürse, esneklik özelliklerinden dolayı bu sistemin üretim zamanı, kapasite kullanım oranı ve kalite açısından büyük bir potansiyele sahip olduğu ortaya çıkar.

Well (1985)'e göre parti üretimi yapan imalatçıların karşılaştıkları problemler şunlardır:

- 1 - Çeşitlilik : Mamul, proses, üretim hacmi, teslim zamanları büyük miktarda değişiklik göstermektedirler,
- 2 - Belirsizlik : Küçük firmaların dış koşullar üzerinde kontrolünün az olduğu kabul edilir. Mamul özelliklerinde, hacimlerinde, teslim zamanları ve hammadde tesliminde sık sık değişiklikler gözlenir,
- 3 - Karmaşıklık : Talepteki dalgalanmadan dolayı üretken kapasite ihtiyacı değişkenlik gösterir,
- 4 - Üretim Planlama : Talebin dinamik doğası nedeniyle hassas bilgi toplanmasındaki güçlük optimum düzeyde üretim planlaması hazırlanmasını zorlaştırır.

EİS'nin temel hedefi, klasik imalat sisteminin başa çıkmakta zorlandığı yukarıdaki problemlerin üstesinden gelmektir. Bunun sağlanabilmesi için sistemler kendilerini oluşturan elemanların üretim karakteristiklerine uygun olarak değişik yapılar içerisinde çalışmaktadırlar. Bu yapılardan ikisini aşağıdaki şekilde görüleceği gibi, prizmatik parçalar ve dönel parçalar için tasarlanmış iki tür EİS oluşturulmaktadır.



Şekil 2 - 8. EİS'de Üretilen İşparçası Spektrumu

Prizmatik Parçalar

Dünya üzerindeki EİS'nin çoğu prizmatik parça üretimleri için dizayn edilmiştir. Bu sistemler işleme merkezli ağırlıklı tezgahlardan oluşmaktadır. İşleme merkezinde palet değiştirme mekanizmasının mevcut olduğu hallerde yükleme boşaltma, hazırlık faaliyetleri ve iş parçasının sabitlenmesi konusunda fazla teknik problem ortaya çıkmaz. Sistemde üretim küçük partilerle olacaksa takım deposu operatör bağımsızlığına, parça çeşidinin ve gereken takım sayısının çok olması dolayısıyla bir sınırlama getirir. Bu durum takımın aşınma ve kınılmasına karşın magazinde bir yedeğinin bulundurulma zorunluluğu nedeniyle ilave tedbir gerektirir. Bu durumda operatörden bağımsız çalışma zamanlarında, işlenecek parçalar, takım sayısı ve yedek takımlar üzerinde detaylı analiz yapılması gerekir.

Dönel Parçalar

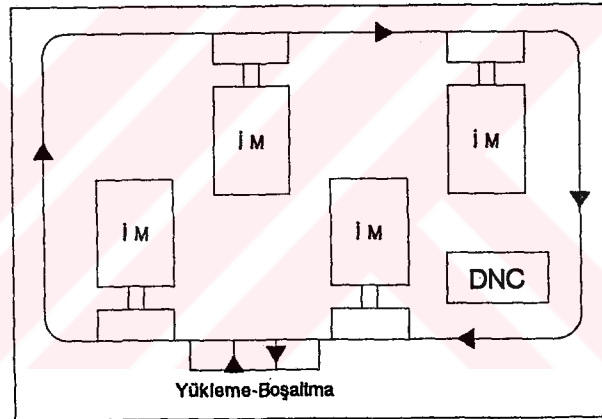
Dönel parçalar, genellikle tornalama, diş açma ve taşlama gibi operasyonlara ihtiyaç gösterirler. Bu tür parçaları işleyecek sistemlerde baskın tezgah türü CNC torna tezgahıdır. Bu tezgahların otomatik yükleme boşaltma ve takım değiştirme sistemleri vardır. Dönel parçalar için

kullanılabilecek takım sayısının işleme merkezlerinde bulunan takım miktarına göre çok daha az olması işleme için gerekli faaliyetleri kolaylaştırmaktadır. (Warnecke, Zeh, 1985)

Üretim karakteristiklerine bağlı olarak sistem seçimi açısından önemli diğer bir sınıflama ikame edici (interchangable) ve tamamlayıcı (complementary) türdür.

İkame Edici Sistemler

Birbirlerinin yerlerine kullanılabilen tezgahlardan oluşmuş sistemlerdir. Genellikle işleme merkezleri (İM) kullanılır. Sistemin en önemli özellikleri esneklik dolayısıyla kapasite kullanım oranının çok yüksek olması ve sistemi durdurabilecek etkenlerden en az şekilde etkilenme yeteneğidir. Dolayısıyla sistem mamul karışımındaki küçük değişikliklerden fazla etkilenmez.

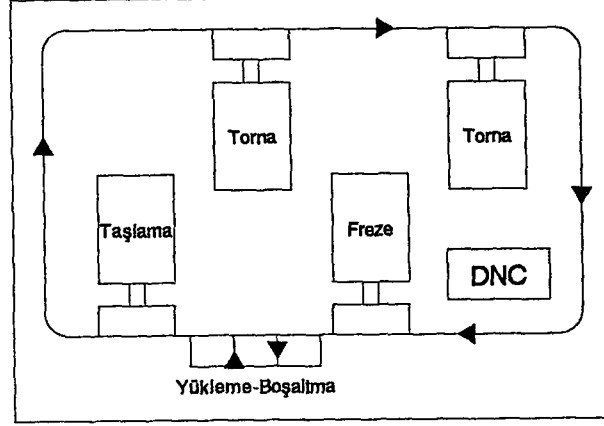


Şekil 2 - 9. İkame Edici EİS

Tamamlayıcı Sistemler

İmalat için gerekli ve birbirlerini tamamlayan tezgahlardan oluşur. Sistem esnekliği üretim koşullarındaki değişikliklere ikame edici sistem kadar iyi cevap veremez. Üretim zamanı uzun olan

parçalar genellikle çeşitli tezgahlarda çok sayıda operasyon gerektirdiklerinden bu tür sistemler için uygun görülmektedir. (Primrose, Leonard, 1986)



Şekil 2 - 10. Tamamlayıcı EİS

Esnek İmalat Sistemi Elemanları

Bu bölümde sistemi oluşturan ana elemanlar tanıtılacaktır.

1 - İş İstasyonları : İş istasyonları yada takım tezgahları üretilcek parçanın gerektirdiği operasyon türüne göre değişir. EİS'nde işleme merkezleri, tek fonksiyonlu CNC tezgah veya bunların kombinasyonlarından oluşmuş genellikle 2 ile 20 arası tezgah vardır. Talaşlı imalat tezgahlarının yanı sıra yıkama, ölçme ve diğer kontrol cihazları kullanılabilir.

2 - Yükleme-Boşaltma (y/b) İstasyonları : Parçaların sisteme giriş noktalarında genellikle işçilerin bazen de robotların parçaları paletlere yükledikleri y/b istasyonları vardır. Bazı sistemlerde boşaltmalar farklı istasyonda yapıldığı gibi diğer bazı sistemlerde yalnızca bir parçaya hizmet veren birden fazla yükleme boşaltma istasyonları da vardır.

3 - Malzeme Taşıma Sistemi (MTS) : İş parçaları y/b istasyonlarında tezgahlar arasında taşınır. Sistemlerde genellikle konveyör, taşıyıcı arabalar ve robot olmak üzere üç tür taşıma aracı kullanılır. Konveyör sistemlerinde genellikle lineer veya kapalı çevrim hat kullanılır. Ancak diğer taşıma yöntemlerinin gelişmesiyle bu yolun önemi giderek azalmaktadır.

Taşıma amaçlı kullanılan arabalar ise iki çeşittir. Bunlar genellikle küçük sistemlerde kullanılan iş istasyonlarını bağlayan raylar üzerinde giden arabalar ve döşeme altındaki elektrik hattından sinyal alarak çalışan ve oldukça karmaşık tesis tasarımına sahip olabilen otomatik klavuzlu taşıyıcılardır (OKT). Bazı arabalar bir kerede tek parça taşıyorken diğerleri birkaç parça taşıyabilmektedir.

Robotlar ise yerden ve havadan olmak üzere iş parçası veya takım taşınması açısından bazı sistemlerde tercih edilmektedir.

4- Paletler : İş parçaları genellikle tezgah tablalarına yerleştirilebilen paletler üzerinde tutulur. Mevcut sistemlerde kullanılan iki türden birincisi küçük boyutlu birkaç parçayı taşıyabilen, y/b istasyonunda yüklendikten sonra tezgahlara geldiğinde parçaların üzerinden alındığı, sadece taşıyıcı görevi gören paletlerdir. Diğer türde ise bir veya daha fazla parça bağlanarak paletle birlikte tezgaha yüklenir ve palet üzerinde işlem görür.

5- Tertibatlar : Tertibatlar parçanın hassas olarak paletlere tutturulması için kullanılır. Genellikle birbirine benzer parçalar hariç her parçaya değişik tertibat gerekir. Parçaların küçük olması durumunda birkaç parçanın tutturulmasına yarayan tertibatlar kullanılmaktadır.

6- Takımlar : CNC tezgahlar ve işleme merkezleri içinde gerekli takımların bulunduğu magazinelere sahiptirler. Parçalar, gereken operasyon türüne ait takım magazinden alınarak işlenir. Yeni bir parça işleneceği zaman magazin, gereken takımlarla manuel olarak veya takım transport sistemiyle donatılır.

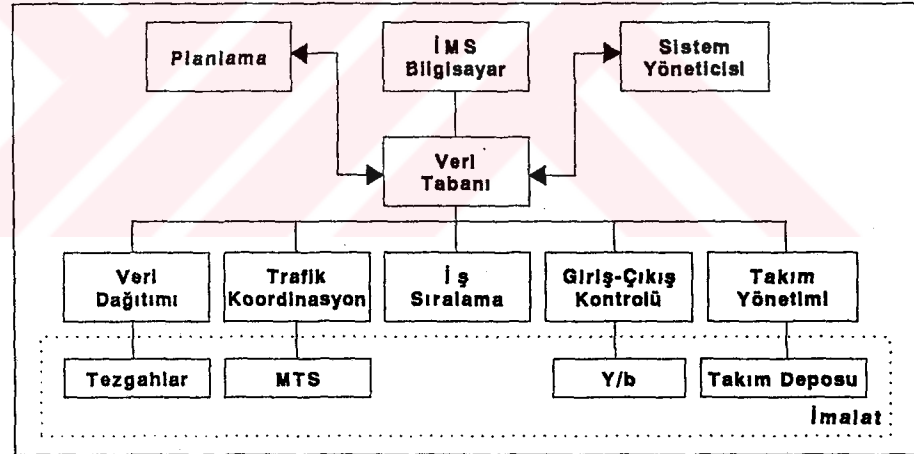
7- Robotlar : Takım veya iş parçasının taşınması ile veya montaj ve kaynak gibi imalata doğrudan katılan elemanlardır. Döşeme üzerine monte edilmiş sabit, raylar üzerinde veya havadan taşıma yapabilen hareketli türleri vardır.

8- Emniyet Deposu : Çoğu sistemde iş istasyonlarında emniyet deposu vardır. Bu, parça işlenmekteyken tezgaha diğer bir parçanın yüklenmesini veya operasyonu bitmiş önceki parçanın gönderilmesini sağlayarak taşıma ve yükleme gibi katma değersiz faaliyetlerin üretimi geciktirmesini azaltır. Tezgahlarda genellikle yeni gelen ve operasyonu tamamlanmış parçanın yüklemesini sağlamak üzere iki palet yerleşme yeri vardır. Diğer tür bir sistemde ise dönel palet tablaları kullanılır ve bunlar parça işlenirken gelen parçanın tablaya yüklenmesini, işlemi bitince dönerek gelen parçanın tezgaha, işlenmiş parçanın ise taşıma sistemine aktarılmasını sağlar. Diğer bazı sistemlerde ise bir palet gurubunun sıra ile tezgahın önünde durması sayesinde iş parçasının boşaltılması ve

yüklenmesi sağlanır. Emniyet deposuna ilaveten bazı sistemlerde kullanılan ara depolarda ise üretim içi envanter, paletler, tertibatlar ve hammadde muhafaza edilebilmektedir (Carrie, 1988).

9- Operatörler : Genellikle sistemde, takımların dağıtımı ve gerektiğinde değiştirilmesinden aynı zamanda tezgah çalışmasının kontrolünden sorumlu teknisyenler, parçaların paletlere tertibatlar yardımıyla yerleştirilmesinden sorumlu yükleyiciler ve üretim hattındaki akışın sürekliliğini sağlamaktan sorumlu formen bulunur (Leimkuhler ve diğerleri, 1983).

10- Kontrol Bilgisayarı (DNC) : Kontrol bilgisayarının temel fonksiyonu y/b istasyonuna, tezgahlara, malzeme taşıma sistemine emirler göndermek yoluyla parçaların operasyonel planlarının gerekli tezgahlara teslimini ve bu akış sırasındaki trafiğin koordinasyonunu yaparak parçaların işlenmelerini sağlamaktır. Çoğu sistemlerde bilgisayar sistemin mevcut durumunu sürekli kontrol altında tutarak gerekli girişimleri yapar ve takım hazırlığı, y/b işlemi, iş yükleme kararlarının verilmesi esnasında operatörlere bilgi sağlar. Sistem ayrıca plansız olaylarda davranış şekli belirler ve yönetim raporu hazırlar. (Redmond, 1983)



Şekil 2-11. EİS Kontrol Sisteminin Yapısı (Leimkuhler ve diğerleri, 1983)

Esneklik .

Gupta (1989), Swamidas (1987)'a göre esneklik, İmalat sisteminin çevredeki belirsizliklerle başa çıkma kabiliyetidir. Esneklik sayesinde sistemler, tasarım çalışmalarının sürekliliğine ve tasarlanan mamulün kısa zamanda üretimine olanak verirler.

Gittikçe azalan ürün ömürlerine yönelik olarak, imalat sistemlerinin, üretmek için kuruldukları mamulün ömründen daha uzun ömürlü olacak şekilde dizayn edilmeleri gerekmektedir. Bu amaç için Frazelle (1986) tarafından 4 esneklik türü önerilmektedir.

1- Mamul çeşidi esnekliği : Şekil ve rota olarak birbirleriyle yakın ilişkisi olmayan değişik parçaların işlenebilmesi özelliğidir. Ömrü dolan bir mamul ikame edilmek istendiğinde veya kendine pazar yaratabilecek bir mamul üretilmek istendiğinde bu özellik yeni mamule kolayca geçişe olanak verir.

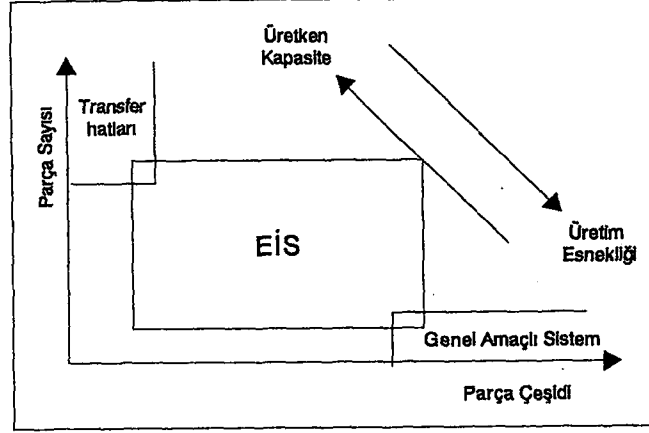
2- Hacim esnekliği : Ekonomik kapasite artışları için tezgah ve/veya diğer ekipmanın mevcut sisteme kolayca ilave edilebildiği veya çıkarılabildiği esnekliğe sahip sistem tasarımı gereklidir. Bu tür sistemlerde malzeme taşıma sistemi de hem kapasite artışını dengeleyecek hem de ilave ekipmana malzeme taşıyabilecek şekilde büyük değişikliklere gerek kalmayacak ölçüde esnek olmak durumundadır.

3- Rota esnekliği : Tezgahlara parçaların hızlı ve ekonomik bir şekilde atanabilme yeteneğidir. Özellikle tezgah bakımı ve onarımı sırasında sistemin alternatif rota yaratma esnekliğine sahip olması üretimin aksamamasını sağlar.

4- Dizayn değişiklik esnekliği : Sistemin parça üzerindeki dizayn değişikliğini hızlı ve ucuz bir şekilde gerçekleştirebilme yeteneğidir.

Yukanda belirtildiği gibi esneklik türleri üretilecek parça karakteristiklerine ve pazar isteklerine göre değişiklik gösterecektir. Bu değişikliğin mamul çeşidi ve sayısına bağlı olarak imalat sistemi üzerindeki rolü aşağıdaki şekilden görülebilir.

Aşağıdaki şekilde görülen transfer hatları mamul talebinin yüksek ve değişken olmayan yapıda olduğu durumlarda kullanılır. Bu sistemlerin temel özellikleri; oldukça dengeli olması, düşük hazırlık zamanı gerektirmesi, düşük üretimiçi envantere sahip olması ve kapasite kullanım oranının yüksek olmasıdır. Bu karakteristikler yüksek üretkenlik ve mamul çeşitliliği açısından düşük esnekliği getirir.



Şekil 2-12. Parça Çeşit ve Sayısına Uygun Teknoloji (Tombak, 1990)

Atelye tipi üretim ise ürün çeşitliliğini dengeleyecek ölçüde esnek, yüksek üretimiçi envantere ve üretim zamanına sahip düşük kapasite kullanım oranlı sistemlerdir.

Mamul çeşitli ve hacmi bu iki uç üretim arasına düştüğü durumlarda EİS iyi bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. (Sarin, Chen, 1986)

EİS'de tezgahlar bilgisayar kontrollü olduğundan, yazılımda yapılacak değişiklikle teknik olanaklar elverdiği ölçüde yeni parça dizaynına uyum gösterebilir. Operasyon sırasında bozulma veya geçici olarak fazla yükleme gibi darboğaz yaratan ve önceden beklenmeyen durumlarda, sistem alternatif parça rotası yaratarak yeni düzene uyum sağlamaya çalışır. Özellikle işleme merkezleri parça üzerinde birden fazla operasyon türü yapılmasına olanak vermesiyle hem diğer tezgahları ikame edebilmekte hem de hazırlık zamanını ihmal edilebilecek düzeye getirerek tezgah kapasite kullanım oranını artırıp, iş akış karakteristiklerini iyileştirmektedir. (Kalkunte ve diğ., 1986) Buradan da anlaşılacağı üzere esneklik hem tezgah seviyesinde hem de sistem seviyesinde elde edilen bir kavram olarak ortaya çıkmaktadır (Buzacott, 1983).

Bu konuda gözönünde tutulması gereken önemli bir nokta, tüm esneklik boyutlarına sahip olmanın çok pahalı ekipman gerektirdiği ve yararlanılamayacak esneklik boyutlarının gereksiz maliyet getirdiğidir. Dolayısıyla kurulacak imalat sistemi, mevcut ve ileriye yönelik üretim koşullarının gerektirdiği miktarda esnekliğe sahip olmalıdır (Gerwin, 1985).

İmalat sistemi yatırımlarında özellikle esneklik ve esneklikten kaynaklanan getirilerin yatırım karar modelinde temsil edilmesinin güçlüğü karar kalitesini yakından ilgilendirmektedir. Özellikle temel olarak esneklikten kaynaklanan, rakiplere oranla kısa sürede ve güvenilir teslim, pazardaki değişimlere uyum derecesi sayısallaştırılması güç, ancak yatırımcı açısından önemli görüldüğü taktirde (Owen, 1991) gözönünde tutulması gereken getirilerdir. (Boaden, Dale, 1990)

2.3. Yatırım Kavramı

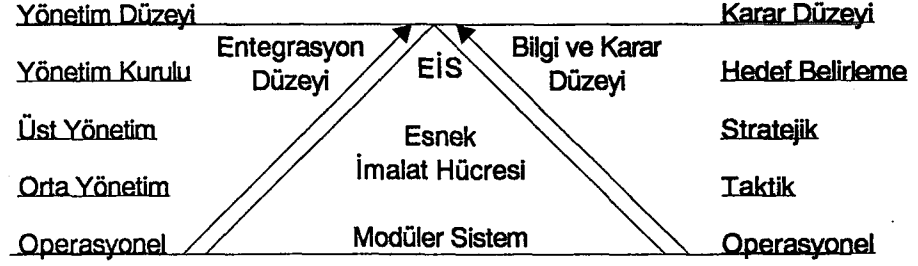
Bir işletme çevresinde, yatırım sermayesinin kullanılması için rekabet eden projeler vardır. İşletme, kısıtlı kaynaklarını ileride gelir getirmesi amacıyla seçeceği projeye yatırır. Proje seçim işlemi, projelerin karar ölçütlerini ne ölçüde tatmin ettiğini anlamak amacıyla sezgisel, deneysel veya analitik yöntemler kullanılarak yapılır. (Park ve diğ., 1990)

Tolga (1984)'e göre yatırım kararı aşağıdaki aşamalar sonucu verilir.

- Problemin tanımlanması,
- Amacın belirlenmesi,
- İlgili verilerin toplanması,
- Uygun seçeneklerin bulunması,
- Seçenekler hakkında bilgi edinerek karar vermek için ölçütlerin seçimi,
- Modellerin kurulması,
- Seçenek sonuçları üzerinde yorumlar yapılması,
- Amacı gerçekleştirmek için en iyi seçeneğin seçimi,
- Sonuçların kontrol edilmesi.

Karar modelinde temel öge karar kalitesi açısından modelin mümkün olduğu kadar fazla bilgiyle donatılmasıdır (Slogy, 1984). Bu sayede modeli çalıştırmak için kullanılan verilerin sağlıklı tahmini, sayısallaştırılması güç değerler ile gelecekteki risk ve belirsizlik durumlarının yarattığı güçlük model çıktısının mümkün olduğu kadar fazla bilgi sağlaması vasıtasıyla karar vericinin çok boyutlu düşünmesi sağlanarak aşımaya çalışılır. Özellikle ileri teknoloji yatırımlarında ilk yatırım maliyetinin çok yüksek olması dolayısıyla yatırımın firma hedeflerine uyan doğru bir yatırım olmasının iyi kontrol edilmesi gerekir. (Greenwood, 1988)

2.3.1. İmalat Sistemi Yatırımı



Şekil 2-13. Yönetim, Otomasyon ve Karar Hiyerarşisi
(Nestman ve diğ., 1985, Suresh ve diğ., 1985)

İmalatı gerçekleştiren teknolojik ekipmanların (Tezgahlar, Malzeme Taşıma Sistemi, Robotlar v.b.) varlığı, nitelikleri ve birbirleriyle entegrasyonu imalat sistemi içerisinde hiyerarşik bir yapı oluşturarak sistemin otomasyon düzeyini belirlerler. Bu hiyerarşik yapı, kendi içerisindeki değişik seviyedeki teknolojilere yapılacak yatırımlarda, karar verici mekanizmanın niteliği üzerinde belirleyici rol oynamaktadır.

Yukarıda belirtilen hiyerarşik yapı üç entegrasyon düzeyinden oluşmaktadır.

1- Modüler Sistem : İmalat sisteminde üretim ekipmanları birbirlerinden bağımsız olarak operasyonlarını sürdürürler. Operasyonu biten parça veya parça grubu manuel olarak bir sonraki tezgah veya depoya taşınır. İnsan unsurunun ön planda olması ve sistemde genellikle klasik tezgahların kullanılması modüler sistem için temel karakteristiklerdir. Üretimde parça akışı sırasında bir entegrasyondan söz edilemeyeceğinden verimlilik işgücü ve tezgah yetenekleri ile sınırlıdır.

2- Esnek İmalat Hücreleri : Genellikle aralarındaki bilgi akışı merkezi bir bilgisayarda sağlanmış 2 yada 3 CNC tezgahı ve/veya işleme merkezinden oluşur. Temel amaç, operasyon türleri birbirine yakın parçaların gruplar halinde bu hücreler içerisinde işlenmesinin sağlanarak verimliliğin artırılmasıdır. Tezgahlar arası taşımada genellikle robotlardan yararlanılır. Sisteme işlenmek üzere yeni parti geldiğinde takım ve program değişimi dışında sistem genellikle operatörden bağımsız

çalışır. Bu da parça işleme sırasında sürekliliğin sağlanmasına dolayısıyla üretimde oluşturulan entegrasyon nedeniyle sinerji faktörünün ortaya çıkmasını sağlar ki bu da doğrudan verimliliğe etki eder.

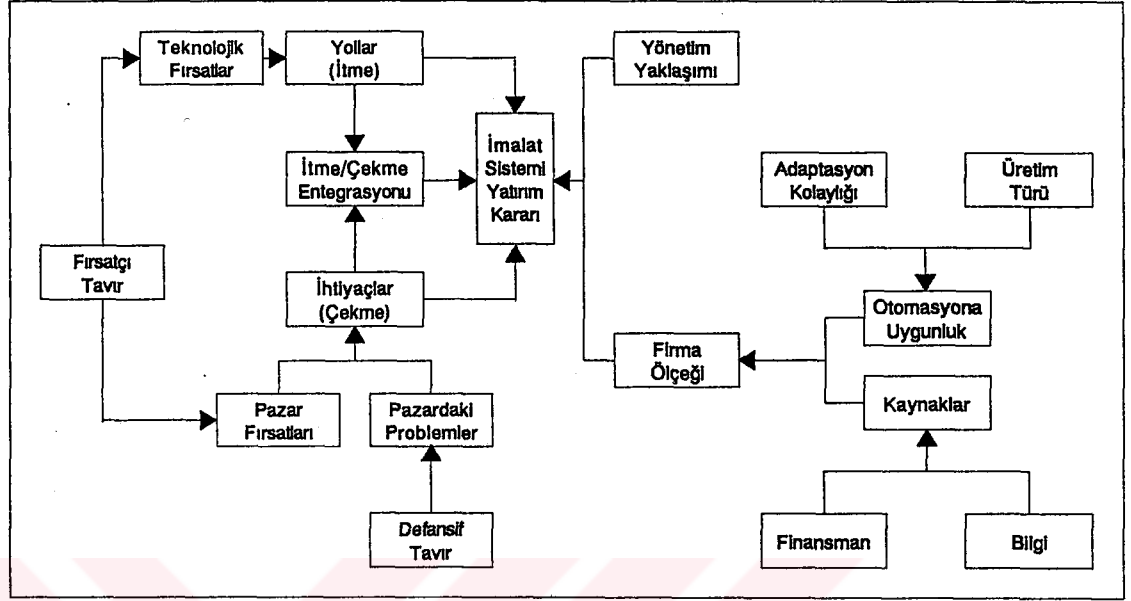
3- Esnek İmalat Sistemleri : CNC tezgahlar ve/veya işleme merkezlerinden oluşan tezgahların birbirleriyle ve malzeme taşıma sistemi ile etkileşimi merkezi bir bilgisayar tarafından kontrol edilir. Bu sayede imalat sistemi en üst entegrasyon düzeyine erişmiş olur. Sistemin insan unsurundan hemen hemen bağımsız çalışması hata oranını azalttığı gibi, üretimde sürekliliği de beraberinde getirir. Bu durumda sinerji faktörü sistemden elde edilecek getirilerde itici bir rol oynamaktadır.

İmalatta hiyerarşik yapı içerisinde en üst entegrasyon seviyesine doğru çıkıldıkça modüler yapı için geçerli olan yatırımın geri dönüş oranı (YGD), geri ödeme süresi (GÖS) gibi tek değerli kriterlere dayanan ve yalnızca ekonomik faktörler üzerinde yoğunlaşan yatırım analizi prosedürü yatırım kararı kalitesi açısından yeterli olmamaya başlar. Geleneksel olarak modüler sistemde yatırım ihtiyacı, operasyonel düzeyden stratejik düzeye iletilir. Ancak entegrasyon düzeyi yüksek ileri teknoloji yatırımı söz konusuysa, gerek ilk yatırım maliyetinin yüksekliği, gerekse sistem getirilerinin stratejik boyutu olması dolayısıyla karar mekanizmasının hiyerarşik yapı içerisinde üst seviyelerde oluşturulması ve yatırım değerlendirme kriterlerinin yalnızca tek değerli, finansal değil, çok kriterli, niteliksel bir yapıya dayandırılması gerekir. (Suresh, Meredith, 1985)

Teknolojinin modüler düzeydeki etkisi lokaldır, ancak üst düzeylere çıkıldıkça teknolojinin stratejik özellik kazanmasından dolayı tüm üretim sistemi üzerinde kendini ortaya koyar. Bu etki yatırım değerlendirmesinde de kendini göstermektedir. Operasyonel düzeyde operasyonların analizi üst düzeydekilere nazaran kolaydır ve detaya inmeye olanak verir. Halbuki üst düzey yatırımın etki alanı geniş olduğundan analitik değerlendirme teknikleri ile gerçek sistemin analizi güçleşir.

2.3.1.1 İmalat Sistemi Yatırımının Yapısal Analizi

Munro ve Naori'nin 1988 yılında yaptıkları çalışmada bir firmanın imalat sistemi yatırımında rol oynayan faktörler ve etkileşimleri aşağıdaki modelde gösterilmektedir.



Şekil 2-14. İmalat Sistemi Yatırımında Etkili Olan Faktörler (Munro, Naorl, 1988)

1- Firma-Dışı Faktörler

a) Teknolojiye Bağlı Faktörler : Firma performansının artırılmasına yönelik teknolojik yollar-dan yararlanma fikrinden doğar. Bu faktörler, özellikle üretimde ileri teknolojinin kullanılarak firma performansının artırılması üzerinde yoğunlaşmaktadırlar. İleri teknolojinin potansiyel getirilerinin ya-pısal olarak defansif (savunmacı) olmaktan ziyade fırsatçı olması dolayısıyla firma üzerinde itme fonksiyonu oluşturur.

b) Pazara Bağlı Faktörler : Bu faktörler imalat açısından değerlendirildiğinde pazardaki ihti-yaçlardan kaynaklanan ve çekme fonksiyonuna sahip iki durum ortaya çıkar : i) İmalattan kaynakla-nan pazardaki performans düşüklüğü. Bu durumda rakiplerin daha yüksek performans göstermele-ri dolayısıyla firmanın performansını yükseltmesi için zorlanması yani defansif bir tutum içine girmesi sözkonusudur. ii) İmalat prosesinin geliştirilmesiyle yeni fırsatların elde edilmesi. Bu durumda ima-lattaki gelişmenin yeni pazar fırsatları yaratmasıyla daha fırsatçı bir yapı sözkonusudur.

Adı geçen faktörler yatırım kararına doğal olarak birlikte de etkide bulunabilir. Bu durumdaki pazardaki ihtiyaçların, o ihtiyaçlara uygun teknolojiye sağlanan getirilerle doyurulması sözkonusu olmaktadır.

2- Firma İçi Faktörler

Teknoloji yatırım kararında etkili diğer iki faktör ise yönetim ile yatırım riskini almada etkin rol oynayan firma ölçeğidir. Sistemin üretim yapısının adaptasyonu, istenen teknolojiye uygunluğu ve yatırımı gerçekleştirmek için gerekli olan kaynaklar diğer faktörleri oluşturmaktadırlar. (Munro, Naorl, 1988)

2.3.1.2. İmalat Sistemi Yatırım Probleminin Kaynakları

Teknoloji yatırım probleminin kaynakları ve özellikle aşağıdaki sınıflamadan da görüleceği üzere ileri teknolojiye yönelik dirençler geniş bir spektruma yayılmaktadır.

- 1- Yetersiz yatırım geri dönüş oranları,
- 2- Yetersiz yönetim desteği,
- 3- Finansal güçlükler,
- 4- Yetersiz yatırım değerlendirme yöntemi,
- 5- İleri teknolojiye yönelik deneyim eksikliği,
- 6- Mevcut sistemle uyumsuzluk,
- 7- Teknik personel tedarikindeki güçlük,
- 8- Yetersiz yazılım paketleri,
- 9- İşgücü direnci.

Yukarıda Iverson ve Jorgenson tarafından ABD’de yapılan ve 70 firmayı kapsayan delfi çalışmasında ileri teknoloji kullanımında engelleyici rol oynayan 9 faktör önem derecelerine göre sıralanmıştır. (Iverson, Jorgenson, 1986)

Yatırım probleminin konular üzerindeki bu dağılımı, firmaların ve çevre faktörlerinin bir sınıflama çerçevesinde ele alınmasını gerektirmektedir. Bu bölümde sınıflama yukarıda anlatılan Munro

ve Naori (1988)'nin geliştirdiği model esas alınarak yapılacaktır. Bu modele göre yaklaşımlar Teknoloji, Pazar, Yönetim ve Finansman açısından 4 ana grupta değerlendirilecektir.

2.3.1.2.1. Teknoloji Kaynaklı Yaklaşımlar

Firma hedefleri ve ulaşma yolları sürekli değişkenlik gösterirler. Rakiplerin davranışları ile birlikte bu firma stratejileri karar verici açısından hangi ölçüde esneklik istendiğine bağlı olarak fikir verir ve kurulacak sistemin, bugünün ve planlanan geleceğin beklentilerine cevap verebilecek, nitelikte bir sistem olmasını sağlar (Greenwood, 1988). Bu stratejiler uyarınca yatırım yapılacak sistemin mutlaka EİS olması gerekmeyip her zaman için otomasyon seviyesi daha düşük sistemlerin de kullanımların mümkün olduğu gözden kaçınılmamalıdır. Aksi taktirde firma,EİS'nin operasyonel düzeydeki avantajlarının dışındaki kullanamadığı getiriler için gereksiz yere harcama yapmak durumunda kalabilir.(Primrose, Leonard, 1985a)

Hızla değişen pazar koşulları nedeniyle pek çok firma bymektense yaşamlarını sürdürebilmeyi ana kriter olarak almaktadırlar. Bu durumda ileri teknolojinin gelecekte göstereceği gelişmenin kolay tahmin edilememesi, planlama açısından teknolojinin rolünü belirsiz kalmaktadır. Bu durum hem sistemlerin kısa zamanda eskiyebilmeleri açısından yatırımın geri dönüşünü garantileme konusunda çekince yaratmakta (Monahan, Smunt, 1987), hem de uzun dönemde firma performansının ve nakit akışlarının tahmininde güçlük yaratarak firma davranış esnekliğini azaltmaktadır. Firma yatırımı açısından bu durum imalat ve finansman yönetimi arasında bilgi boşluğu yaratmaktadır. Bu da karar aşamasında genellikle bekle ve gr davranış tarzı yönünde etkide bulunmaktadır.(Suresh, Meredith, 1985)

Boaden, Dale (1990)'ın konuya yaklaşımı ise halen endüstride kullanılmakta olan yeni teknolojinin ve getirilerinin yeni yeni anlaşılıyor olması ve bu konudaki yararlanılabilecek deneyim oluşunun henüz başlangıç aşamasında olduğu doğrultusundadır. Bu faktör sistemin yazılım ile kontrol edilmesi ile birlikte ileri teknoloji riskinin kaynağını oluşurmakta ve yatırım konusunda caydırıcı nitelik taşımaktadır (Warnecke, Steinhilper 1985).

Suri (1985)'e göre, ileri teknolojiadaki aday miktarı, klasik teknolojiye göre daha fazladır. Bu zellik sistemin aşamalı bir şekilde kurulabilmesine olanak vermektedir. Tek bir işleme merkezi ile başlayabilecek bir yatırım, planlı adımlarla sistemin diğer elemanlarının zaman içerisindeki ilavelerine olanak verecek şekilde sürdürülebilir. Bu şekilde yatırımın avantajı, pazarın istediği oranda büyüme-

ye izin vermesi dolayısıyla pazardaki değişimler açısından yapılabilecek yanlış tahmin risklerinden korunmak ve yatırım maliyetinde bir azalma yaratabilmektir. Bu azalma sermaye maliyeti, enflasyon, zaman içinde yapılacak ilave yatırımların maliyeti, sistemin üretim gerekliliklerini sağlamak için hangi sıklıkla büyümeye uygun olduğu ve bu gerekliliklerin ne kadar hızlı arttığına bağlıdır. Bu konuda özellikle enflasyonun yüksek olduğu durumlarda sermaye maliyeti de yüksek olacağından aşamalı yatırım getirilerinde bir azalma olacağı ve aşama zaman aralıklarının kısa tutulması gerektiği de gözönünde bulundurulmalıdır. (Salomon, Biegel, 1984)

Boaden, Dale (1990)'e göre yukarıda değinilen konulara ilaveten teknoloji gelişimi çok hızlı olduğundan geniş Ar-Ge olanaklarına sahip olmayan firmalar bu gelişime ayak uydurmakta zorlanmaktadır. Özellikle önceden yapılan teknoloji iyileştirme çabalarının bekleneni verememiş olması da yeni yatırımlarda isteksiz davranmaya yol açmaktadır.

2.3.1.2.2. Pazar Kaynaklı Yaklaşımlar

İleri teknoloji ile üretimin firma ve firma organizasyonunda neden olabileceği pozisyon değişiklikleri, bu sistemleri, dolayısıyla değerlendirme şekillerini, sürekli gündemde tutmaktadır (Greenwood, 1988). Yatırım değerlendirmesinde genellikle kurulan sistemin doğrudan getirilerini ön plana çıkarma eğilimi bu etkiden kaynaklanır. Halbuki herhangi bir entegre sistem sadece maliyet üzerinde değil rekabet gücü, organizasyon yapısı ve organizasyonun dışarıya görünümü üzerinde de önemli rol oynar. Bu tür etkilerin yatırımın verimliliği açısından önemi ve organizasyon verimliliğine katkısı finansal değerlerle açıklanamasa bile gözönünde bulundurulmalıdır. (Hough, 1988) Bununla beraber ekonominin genel koşulları, hukuki düzenlemeler, sermaye maliyeti, gelecekteki satış hacimleri ve ürün çeşitleri, ileri teknoloji yatırımlarına devlet tarafından sağlanan teşvikler gibi değişkenlerin belirsizliğinden doğan risk geleneksel olmayan bir yatırım değerlendirme prosedürü gerektirecek kadar önemlidir. (Primrose, Leonard, 1985a)

2.3.1.2.3. Yönetim Kaynaklı Yaklaşımlar

Choobineh (1986)'e göre genellikle yönetimin alt kademesindeki insanlar, yetkileri sınırlı olduğundan risksiz veya çok düşük riskli yatırımlarda söz sahibidirler. Orta düzey yöneticiler ise kararlarda belli bir iç verim oranı ile sınırlandırıldıklarından, getirileri hemen hemen kesin olan yatırımlarla ilgilidirler. Üretimde bu tür projeler genellikle tezgah yatırımları veya maliyet düşürücü küçük ha-

cimli projelerdir ki genellikle kısa dönemli üretkenliği artırıcı çalışmalar olarak kabul edilip mühendislik ekonomisi teknikleriyle değerlendirilirler.

Halbuki yatırımlarda, yatırım miktarı ve risk büyüdükçe yatırım kararı yalnızca yatırımın geri dönüş oranı veya net bugünkü değer gibi değerlere bağlı olarak verilmesi sakıncalı olur. Bunun yanı sıra konu yalnızca alt yönetim kademesini ilgilendirmekten çıkar ve üst yönetimi de kapsar. Bu aşamada üst yönetim firmanın geleceğini ilgilendiren kendi vizyonu doğrultusunda finansal açıdan bir davranış şekli belirler. Bu vizyon firmanın uzun dönemli rekabetçi avantajlarını ve bu avantajlar için gerekli uzun dönemli rekabetçi stratejiyi ortaya koyar.

Ancak Gerwin (1988) buradaki güçlüğü şu şekilde açıklamaktadır. İleri teknoloji yatırım değerlendirmesi, imalat sisteminin çok sayıda elemanın karmaşık etkileşimi ile çalışması nedeniyle, üst yönetim tarafından anlaşılması güçtür. Bundan dolayı yönetim, değerlendirmeye doğrudan katılamaz. Bununla beraber ekipman tipi, yetenekleri, yetenek sınırları, fonksiyonlarına uygun olup olmayacağı ve teknoloji ihtiyaçlarının firma kaynaklarından karşılanıp karşılanamayacağı da net olarak algılanamaz.

Boaden, Dale (1990)'ın bu sorun üzerindeki düşünceleri şöyledir. İleri teknoloji yatırım değerlendirmesi yapılırken o alana yapılacak yatırım fikriyle, ekipman değerlendirmesinin ayrı ayrı yapılmasında iki nedenden dolayı fayda vardır. Bunlardan birincisi, değerlendirmeler için bilgi türü, miktarı ve uygulanacak metodolojinin değişik olması, ikincisi ise, yatırımın farklı gruplar tarafından değişik kriterlerle, değişik amaçlar doğrultusunda değerlendirilecek olmasıdır. Değerlendirme esnasında yatırımın sistem ve organizasyon üzerindeki etkisinin yönetimin her kademesi tarafından anlaşılması çok önemlidir ve bu anlayışın geliştirilmesi de değerlendirme prosesinin bir aşaması olarak kabul edilmelidir. Zaten ileri teknoloji üzerinde yapılan teorik çalışmaların çoğu teknolojinin kendisinden ziyade dizayn, ekonomik, yönetim ve sosyal yönü üzerinde yoğunlaşmaktadır. Dolayısıyla sistem seçim probleminin, üst yönetimin ağırlıklı olarak rol oynaması gereken stratejik bir konu olduğu söylenebilir (Stam, Kuula, 1991).

İleri teknolojiye olan direncin yönetim kaynaklı diğer bir gerekçesi üst yönetim ile ilgilidir. Günümüzde modern yönetim teknikleri, her bir yöneticinin performansının net kar ya da verim oranı olarak ölçüldüğü merkezi olmayan kar merkezi temelli organizasyonlara ağırlık vermektedir. Çeşitli endüstrilerden oluşmuş kendi portfolyalarını (bağlı bulunan üretim birimleri) yöneten üst düzey yöneticiler bu endüstrilerin operasyon çevresi, teknoloji, ekonomik koşullar ya da kar merkezinin ça-

liştiği coğrafi bölge hakkında genellikle yetersiz bilgiye sahiptirler. Bu nedenle bazı finansal sonuçları tek başarı ölçüsü olarak kullanma eğilimindedirler ki bu da kar merkezi yöneticilerinin kısa dönem performanslarını kıyaslayan bir ölçülendirme sisteminin kullanılması sonucunu doğurmaktadır. Bu durum kar merkezi yöneticilerine kısa dönemli kar maksimizasyonu amacını gerçekleştirme yönünde baskı yapar (Soni, 1988). Bu durumu, Hayes, Wheelwright (1984) yatırımın geri dönüşünün (YGD) performans ölçütü olarak kullanılması açısından aşağıdaki şekilde açıklamışlardır.

Eğer YGD'nü artırmak amacınızsa bunu ya oranın pay kısmını yani karı artırarak ki bu hem güç olabilir hem de uzun zaman alabilir veya kolay olanı, paydayı yani yatırımı azaltarak sağlayabilirsiniz. Birkaç yıldan fazla o pozisyonda kalamayacağını bilen bir kar merkezi yöneticisi muhtemelen oranın payda kısmına yönelecektir. Yatırımı azaltmak bir kaç yolla yapılabilir. En çok kullanılan yol, eski ekipmanın yenilenmesini geciktirmektir. Diğer yollar ise mevcut ekipmanın bakım işlemlerini yavaşlatarak veya ömrü tükenmişse daha az üretken bir ekipmanla değiştirerek ekipman performansını düşürmekten geçmektedir.

Kaplan (1986) ise yönetimin, genellikle ileri teknolojiye yatırım yapılmaması durumunda zaten statükonun (mevcut durumun) korunacağı kabulünün geçerliliğine inandığını belirtmektedir. Bu durumda yatırım yapmama mevcut pazar payı, fiyat ve maliyetlerin değişmediği bir alternatif olmaktadır. Halbuki ileri teknolojiye yatırım yapmamanın doğru alternatifi nakit akışlarının pazar payının ve kar oranlarının azaldığı bir durum olarak kabul edilmelidir.

Hayes, Garvin (1983) genç yöneticilerin hızlı yükselme isteklerinin kişilerin konumlarını çabuk terk etmelerine neden olduğunu, bu yüksek devir oranının da uzun vadeli yatırımlara olumsuz etkide bulunduğunu belirtmektedir. Buna karşın Stables ve diğ. (1983) rekabetteki başarının yönetim açısından olumlu durum yaratması, firma imajının sürekli gelişmeyi yansıtmalarının istenmesi ve ülke imalat sanayinin, firmaların ayrı ayrı başarılı olmasına bağlılığına olan inancın yönetimin ileri teknoloji konusuna olumlu yaklaşması konusunda motivasyon sağladığını belirtmektedir.

2.3.1.2.4. Finansman Kaynaklı Yaklaşımlar

İleri teknoloji kullanmak isteyen pek çok firma için temel sorun gelişmiş imalat sistemleri için yatırım değerlendirmeleridir. Yatırıma değer pekçok projenin niteliksel getirileri değerlendirmede hesaba katılmadığından, yalnızca direkt maliyetlerde yapılacak tasarrufların firma tarafından konulan finansal hedefler için yeterli olmaması sonucu reddedilme olasılığı vardır.

İleri teknolojiye temel problem, yönetim tarafından beklenen getirilerin stratejik olmasından ziyade maliyet düşürme ağırlıklı olmasından kaynaklanır. Klasik teknolojilere oranla değerlendirilmeyi güçleştiren iki karakteristik vardır. Bunlardan birincisi bu sistemlerin esnek olmasıdır ki bu özellik Gold (1982)'un belirttiği gibi sistemin uzun vadede eskimesini geciktirir ve hatta sisteme değer katar. Bu yüzden bu sistemlerin kullanılması halinde ileride ekipman ihtiyacının düşük düzeyde tutulması sağlanmış olur. Ancak esnekliğin firmaya olan getirisinin yalnızca mühendislik ekonomisi veya klasik muhasebe teknikleriyle hesaplanması karar kalitesi açısından mahsurludur. Sistemin yatırım açısından uygun olup olmaması, sistemin teknolojsi kadar yatırım değerlendirme tekniklerinin uygunluğuna da bağlıdır (Greenwood, 1988). İkinci konu ise modüler yapının birbirine bağlanması sonucu ortaya çıkan sinerji özelliğidir. Bu durum örneğin tüketici isteğine hızlı cevap, düşük envanter gibi getirilerin direkt maliyet tasarruflarından daha önemli olduğu durumlarda firmaya rekabetçi avantaj sağlar. (Meredith, Suresh, 1986) Yatırım karar modelinde bu stratejik getirilerin kesinlikle temsili gerekmektedir. Aksi takdirde projenin firma ihtiyacına uygunluğu yeterli şekilde test edilemez.

Geleneksel yatırım analizinde geri dönüş oranlarının yüksek, geri ödeme süresinin kısa tutulması yönünde bir eğilim vardır. Çünkü esnek olmayan klasik teknolojilerin özellikle riskli koşullar altında kullanılmaları bu parametrelerin normal değerlerinin kullanılmasına engel oluşturur. Halbuki, ileri teknoloji sistemlerin esnekliği dolayısıyla eskime riskinin az olması yatırımı değerlendirmesinde daha uzun geri ödeme süresi ve daha düşük geri dönüş oranı kullanılması için yeterli gerekçeye sahiptir. (Kaplan, 1986) Buna ilaveten geri ödeme süresinden sonraki getirilerin gözönüne alınmaması ve değerlendirmenin likidite üzerinde yoğunlaşması bu tür yatırımların reddedilmesine olanak hazırlamaktadır. İlk yatırım maliyetinin yüksek oluşu ile sistem kabiliyetlerinin aşağıdaki nedenlerden dolayı tam olarak öğrenilmesinin zaman alması, kısa vadeli düşünmenin doğru olmadığını ortaya koymaktadır. (Suresh, Meredith, 1985)

EİS'nin gerçek getirilerinin uzun vadeli olmasının temel sebepleri:

- Mevcut fabrikanın üretim karakteristiklerine adaptasyon için donanım ve kontrol sistemlerindeki uyarlamalar,
- Sistemin faaliyeti esnasındaki gereksinimleri, yetenekleri ve sınırlarının tanımlanması,
- Değişen üretim koşullarına uyumda yetersiz kalan mühendislik deneyiminin etkin çalışacak düzeye ulaşması,
- Sistemin üretim koşullarının değişme olasılığının uzun vadede daha yüksek olması,

- Yazılım ve donanımdaki gelişmelerin çok hızlı ve gelecekte sistem etkinliğini artıracak nitelikte olması.

Deneyimler yukarıdaki nedenlerden dolayı EİS'nin gerçek veriminin yaklaşık iki yıldan önce elde edilemeyeceğini göstermektedir. (Gold, 1986, Huang, Sakura, 1990)

Hayes, Garvin (1982) ise yukarıdaki bulguyu doğrular nitelikte olan araştırmalarına dayanarak modernizasyon projelerinin kendini ortalama üç yıl içinde ödediğine işaret etmektedir. Ancak, ilerideki nakit akışlarındaki olası azalmalara ve enflasyon nedeniyle yatırım maliyetlerindeki beklenmeyen artışlara karşı kendini korumak isteyen firmaların projelerin beklenen performans değerlerinin yüksek tutulmasına yönelik eğilimlerinin devam etmekte olduğunu eklemektedirler.

Maliyet muhasebesi açısından da benzer durum söz konusudur. Klasik maliyet muhasebesi, temelini klasik atelye tipi veya kitlesel üretim koşullarına göre şekillendirmiştir. Atelye tipi üretimde, maliyet kontrolünün temel noktası zaman standartları ve iş ölçümleri ile belirlenmiş direkt işgücüdür. İş parçaları, iş merkezleri arasında operasyonlarına devam ettikçe meydana gelen genel giderler direkt iş gücünün yüzdesi olarak ifade edilirler. Halbuki ileri teknolojiye, direkt işgücünün önemi ni kaybetmesi maliyet muhasebesinde gelişen teknolojiye uygun düzenlemeye gidilmesini gerekli kılar. (Suresh, Meredith, 1985) Ayrıca Owen (1991)'a göre muhasebe sistemleri ile envanter miktarı, kuyrukta bekleme zamanları ve teknoloji kullanımı sayesinde azaltılabilecek işler ile ilgili veri sağlamada güçlüklerle karşılaşmaktadır.

EİS yatırımları, yüksek ilk yatırım maliyeti ve riski dolayısıyla stratejik bir yatırımdır. Yatırım değerlendirilmesi açısından kullanılacak mühendislik ekonomisi tekniklerinin bazı tamamlayıcı yaklaşımlarla desteklenmesi gerekir (Choobineh, 1986). Kurulacak olan karar modelindeki temel öğe modelin mümkün olduğunca fazla bilgiyle beslenmesidir. Bu bilgi yoğunluğu doğrudan karar kalitesine etki eder. (Slogy, 1984) Ayrıca kullanılacak her finansal analiz tekniğinin kendine göre bir aksayan tarafı olması nedeniyle birden fazla teknik kullanılması durumunda bunların birbirlerinin etkilerini giderir nitelikte olmasına dikkat edilmelidir. Bu aynı zamanda karar vericinin mümkün olduğu kadar fazla bilgiyle donatılmasını ve tekniklerden kaynaklanan ön yargının yatırım sonucunu etkilemesinin engellenmesi nedeniyle, karar sağlığı açısından önemlidir (Greenwood, 1988).

2.3.1.3. Geleneksel Yatırım Değerlendirme Tekniklerinin İleri Teknoloji Açısından Değerlendirilmesi

Geleneksel yatırım değerlendirme teknikleri iki yaklaşıma dayanırlar :

1- Paranın zaman değerini dikkate alan teknikler : Net bugünkü değer (NBD), iç verim oranı (İVO) v.d.,

2- Paranın zaman değerini dikkate almayan teknikler : Geri ödeme süresi (GÖS), yatırımın geri dönüşü (YGD) v.d.

Bu bölümde yukarıda adı geçen teknikler içerisinde ileri teknoloji yatırımında en sık kullanılan NBD, GÖS, ve YGD (Suri, 1985) üzerinde durulacaktır.

1- Paranın Zaman Değerini Dikkate Alan Teknikler : NBD, nakit giriş ve çıkışları arasındaki farkın bugünkü değeri olup, proje ömrü ve zamanlamasıyla ilgili bir tekniktir (Gurnani, 1985). NBD'de en etkin faktör iskonto oranıdır. Bu oran borç/sermaye finansman maliyeti ve nakit akışlarının riskini oluşturan iki elemana bağlıdır. İleri teknoloji yatırımları eskiye oranla daha uzun ömürlere sahip olduğundan, riskin ilerki dönemlerde yatırımların getirilerini azaltacağı düşünüldükten iyi hesaplanması gerekir. (Pollard, Tapscott, 1989, Nelson, 1986) Bu sağlanırsa NBD, sermayenin fırsat maliyeti ile birlikte tüm maliyet ve getirileri gözönüne aldığından çok kullanışlı bir yöntemdir (Tombari, 1978).

Ancak bu doğru, projenin gelecekte de aynı ilk yatırım maliyetiyle gerçekleştirilebilir olacağını kabul eder. Gelecekteki aynı değer bugüne iskonto edilerek getirildiğinde projenin geciktirilmemesinin daha yararlı olacağı ortaya çıkar. (Hayes, Garvin, 1982)

İç verim oranı ise NBD'in diğer bir versiyonu olarak kabul edilebilir ve NBD'i sıfır yapan iskonto oranı olarak tanımlanır (Hundy, Hamblin, 1988).

2- Paranın Zaman Değerini Dikkate Almayan Teknikler : GÖS halen yatırım değerlendirme-lerinde, özellikle likidite probleminden çekinen firmalar tarafından öncelikli olarak tercih edilen tekniklerden biridir. Ancak EİS gibi ileri teknoloji projelerinde nakit akışlarının karmaşık olması ve sistem kurulduktan birkaç yıl sonra tam verimle çalışmaya başlaması nedeniyle gerçek karakteristiğini

göstermesi dolayısıyla bu teknik sonucun sağlığı açısından mahsur yaratır. Benzer şekilde sistem seçimine etkisi olan vergilendirme ve sermaye teşvikleri zamana bağlı olduğundan GÖS içerisinde gerektiği gibi temsil edilmemektedirler. Bu tekniğin bir diğer mahsuru ise GÖS'den sonraki getirileri dikkate almamasıdır. (Scotcher, 1985)

YGD ise sistem getirilerinin, ilk yatırım maliyetine oranını veren bir karlılık göstergesidir. GÖS'ne göre üstünlüğü, yatırımın ekonomik ömrü boyunca amortismanı gözönüne alması, değişik ömürlerdeki projeleri kıyaslamaya uygun olması ve getirisi erken ya da geç olan yatırımlar arası fark gözetmemesidir (Tombari, 1978). Ancak GÖS gibi proje ömrünü ihmal edip yatırım zamanlamasını gözönüne almaması ve daha ziyade kısa vadeli getiriler üzerinde yoğunlaşması tekniğin mahsurlu yanını oluşturur.

Geleneksel Tekniklerin Eleştirisi

Aşağıdaki kavramlar geleneksel tekniklerin temel prensiplerini oluştururlar :

- Yalnızca yapılabilir (feasible) alternatifler gözönüne alınır,
- Parasal değerler sonuçların ölçülebilirliği ve kıyaslanabilirliği açısından genel bir standart olarak kabul edilirler,
- Karar işlemine yalnızca değerlendirme sonuçlarının farkları etki eder,
- Yatırımların maliyet ve getirileri hesaplanırken giriş verilerinin yeterli hassasiyetle tahmin edildiği varsayılır (Buzacott, 1986),
- Yatırımların etkisi üretim ekipmanının yakın çevresiyle sınırlıdır,
- Yatırım yapılacak teknolojinin yeteneklerinin iyi bilindiği ve çalışmaya başladıktan sonra değişmeyeceği varsayılır. (Airey, Young, 1985)

İleri teknoloji yatırımlarında yukarıdaki prensiplerin geçerli olamayacağına dair görüşler mevcuttur.

Geleneksel teknikler bilgi eksikliği nedeniyle gelecekteki nakit akışlarının tahminindeki ve sistem esnekliğinden doğan getirilerin sayısallaştırılmasındaki güçlük nedeniyle fazla kullanışlı değildir (Gerwin, 1982).

Ward (1990)'a göre ileri teknoloji yatırımlarında organizasyonun hedefleri, amaçları ve yetenek sınırlarının tanımı, sağlanması gereken kriterlerin tanımı ve öncelikleri, projelerin subjektif kriterleri ne ölçüde sağladığının belirlenmesi yatırım değerlendirmesi açısından son derece önemli adımları oluşturmaktadır.

Yavuz (1984)'a göre geleneksel teknikleri kullanmadan önce birtakım sistem seçeneklerini belirleyebilmek için bir ön analiz yapmak gerekir. Bu ön analiz, işe en uygun teknolojinin tesbiti ve iş gereksinimlerini karşılayabilecek sistem özelliklerinin bulunmasına yöneliktir. Bu teknikler tüm seçeneklerin teknoloji farkı gözetmeksizin işe uygun olduğunu varsayarak değerlendirmeyi mali açıdan yapmaktadırlar.

2.3.1.4. Geleneksel Muhasebe Sisteminin İleri Teknoloji Açısından Değerlendirilmesi

Aşağıdaki tabloda, Reeve (1990) tarafından geliştirilen aynı zamanda geleneksel yatırım değerlendirme teknikleri için de geçerli olan üretim koşullarındaki değişimin muhasebe sistemi üzerindeki etkisi görülmektedir.

Tablo 2-3. Muhasebe Sistemi Üzerinde Değişen Talepler (Reeve, 1990)

Eski Koşullar	Mevcut Koşullar	Muhasebe Sistemi Üzerine Etkisi
Az mamul çeşidi	Çok mamul çeşidi	Uzun hazırlık zamanları, aşırı envanter, büyük partili üretimden doğan maliyetlerin ön plana çıkması
İşgücü yoğun	Teknoloji yoğun	Kapasite ve teknoloji maliyetlerinin mamul maliyetindeki etkinliğinin artması,
Ölçek ekonomisi	Alan ekonomisi	Performans ölçütlerinin üretim artışı yerine esneklik artışına yönelmesi,
Düşük genel gider	Yüksek genel gider	Genel gider hesabında direkt işçilik maliyetinin ve değerinin önemini yitirmesi,
Yerel rekabet	Uluslararası rekabet	Kalite ve teslim performansının ön plana çıkması,
Statik ve kesikli gelişme	Sürekli gelişme	Sistem kayıplarının ve üretim zamanı performansının ön plana çıkması.

Bu tablodan yola çıkarak geleneksel maliyet muhasebesi sisteminin aksayan tarafları aşağıdaki şekilde sıralanabilir :

1- Geleneksel sistem, 1920'lerin direkt işgücünün malzeme hariç imalat maliyetinin % 80'ini oluşturduğu üretim yapısına dayanmaktadır. Bu sistemde maliyet, direkt işgücü maliyetiyle özdeşleşmiş, diğer bütün maliyet kalemleri ise genel gider olarak alınmaktaydı. Günümüzde ise, direkt işgücünün % 25'lik bir imalat payı aldığı bile nadiren görülmektedir. Ve halen diğer maliyetler, direkt işgücü maliyetinin bir oranı olarak temsil edilmektedirler. Örneğin bir mamul diğerlerinden daha çok işgücü gerektiriyorsa bu onun genel giderleri daha çok tükettiği anlamına gelmektedir. Ayrıca mamul maliyetinde genellikle adam-saat olarak ölçülendirme kullanılmaktadır. Halbuki yeni imalat sistemlerinde direkt iş gücü etkisini yitirmiş hatta bazı esnek imalat sistemleri 2. ve 3. vardiyanlarını tamamiyle insansız olarak gerçekleştirmektedirler. Bu durumda adam saat üzerinden genel gider hesaplanması geçerliliğini yitirmektedir.

Bununla beraber destek fonksiyonları (hazırlık, kalite kontrol, taşıma vb.) yüksek değerde olan parçalar, genel giderlerden fazla pay almaktayken ileri teknoloji sistemlerde daha az pay alabilmektedirler.(Cooper, Kaplan, 1991).

2- İmalat prosesi veya yöntemlerindeki iyileştirmeler işgücü maliyetinden tasarruf miktarı ile ifade edilmektedir.

3- Geleneksel metodlar, yalnızca üretimin maliyetini ölçmektedir. Tezgahın çalışmadığı zamanın veya ıskarta ve yeniden işleme zamanı gibi üretken olmayan zaman hakkında fikir vermezler. Halbuki bu zamanlar ücret, ısı ışık, faiz miktarı vb. neredeyse katma değerli maliyet miktarına erişmektedir.

4- Geleneksel metodlar fabrikayı izole edilmiş bir varlık olarak kabul etmektedir. Ancak imalat sistemindeki değişiklik bile mamulün müşteri gözündeki imajını, dolayısıyla değerini değiştirmektedir.

Drucker (1990) işgücünün imalattaki maliyet ölçülendirilmesinde temel alınmasının yanlış olduğunu, bunun yerine değişken ve kontrol edilebilir zaman biriminin uygun olduğunu belirtmektedir. Getiri ise, bu zamanı azaltan miktar olarak kabul edilmelidir. Bu şekilde, örneğin geleneksel sistemde mamul envanteri direkt iş gücü gerektirmediğinden maliyetinin olmadığı ancak bir varlık olarak kabul edildiği yanılgısına düşmeyip envanterin pahalı parayı kendine bağlayıp, bir zaman maliyeti ürettiği sonucuna varılmaktadır.

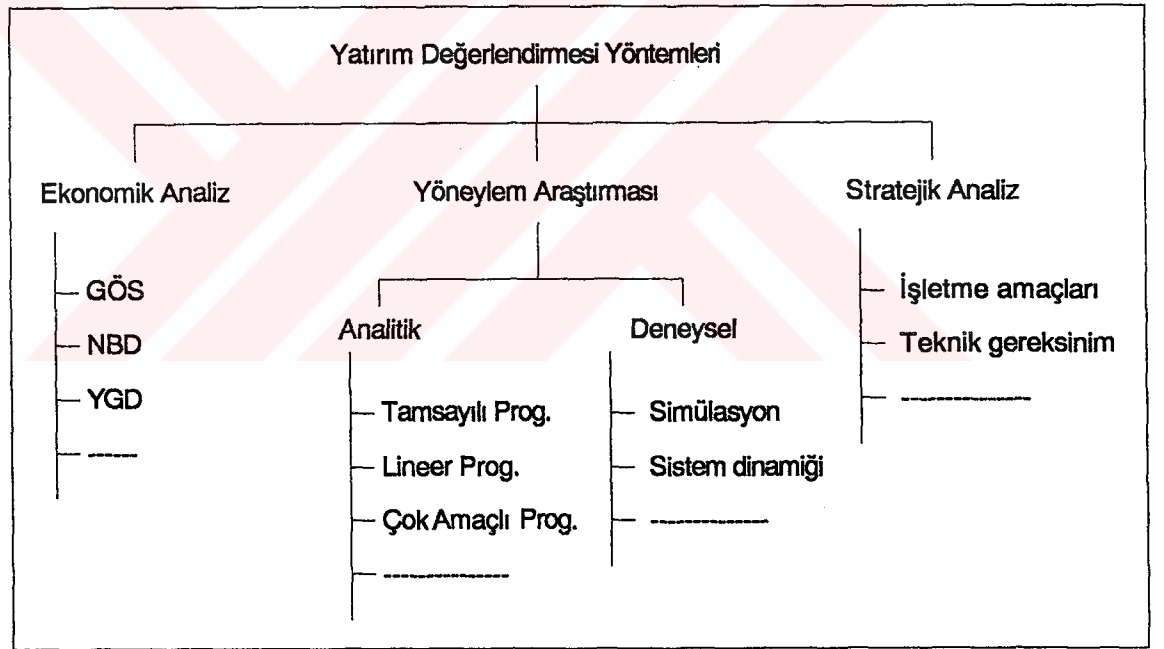
Son (1991a) ise genel giderlerin, ileri teknolojiden kaynaklanan yeni üretim koşullarında artık direkt iş gücüne bağlı değil, elemanlarına ayrılarak ayrı ayrı hesaplanması gerektiğini belirtmektedir. Buna gerekçe olarak Gerwin (1982), direkt iş gücü saati işlenen parçanın maliyeti ile değişmediğinden, maliyet standartlarının işleme zamanlarına göre oluşturulması gerektiğini söylemektedir.

Yüksek kalite, güvenilir teslim, kısa üretim zamanı ve esnek kapasite gibi stratejik önemi olan performans kriterlerinin en az maliyet düşürmek kadar önemli olduğunu belirten Park, Son (1988) geleneksel sistemin, bu değerlerin de temsil edebileceği yapıya dönüştürülmesine işaret etmektedir.



BÖLÜM 3. İMALAT SİSTEMİ YATIRIM DEĞERLENDİRMESİ KONUSUNDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

İmalat sistemi yatırım değerlendirmesi konusunda yapılan çalışmalar, teknolojinin gelişmesi ile birlikte, eski (klasik) ve yeni (ileri) teknolojilerin kıyaslanması üzerinde odaklaşmaktadır. Sistemlerdeki yapısal farklar ve operasyonların farklı kurallara göre yapılması, sistem özellikleri ile, bu özelliklerde elde edilen getirilerin aynı temele indirgenerek kıyaslanmasını güçleştirmektedir. Bu güçlüğü yenmek amacıyla yapılan çalışmalar, aşağıdaki tablodan görüleceği üzere ekonomik, yöneylem araştırması ve stratejik analiz yöntemlerine dayanmaktadır.



Şekil 3-1. Yatırım Değerlendirmesinde Kullanılan Teknikler.

Bu bölümde çalışmalar incelenirken iki nokta göz önünde bulundurulmalıdır. Bunlarda birincisi; Stratejik Analiz konusu teknolojinin, firma ve çevresi açısından ele alındığı Birinci Bölümde değerlendirildiğinden burada ayrı olarak tekrar edilmeyecektir. İkinci nokta ise, çalışmalar, genellikle-

le kullanılan yöntemlerin kombinasyonuna dayandığından tanıtımda yukarıdaki sınıflamaya bağlı kalınmayacaktır.

3.1. Çalışmaların Tanıtımları

Troxler ve Blank (1990) çalışmalarında değer analizi yöntemini kullanmış ve alternatif sistemlerin kullanıcı için olan değerlerini uygunluk, yetenek, performans ve üretkenlik faktörü olarak alt değer gruplarına ayırmışlardır. Uygunluk faktörünün sayısal değeri için çok amaçlı karar verme, yetenek için sayısal veya sezgisel, performans için analitik hiyerarşi proses, üretkenlik için ise net bugünkü değer yöntemi kullanılarak faktörlerin sonuç değerlerinden karar sonucuna ulaşmışlardır.

Krinsky ve Miltenburg (1991) çalışmalarında ileri teknoloji yatırımlarının stratejik ve ekonomik yönden incelenmesini savunmaktadırlar. Stratejik inceleme amacıyla maliyet, mamul performansı, kalite, teslim performansı, esneklik ve yenilik açısından sistemleri analize yarayan strateji haritasında değerlendirilen sistemler, net bugünkü değer kriterine göre seçime tabi tutulmaktadırlar.

Arbel ve Seidmann (1984) kurdukları modelde dört aşamalı bir değerlendirme sistemi önermişlerdir. Aşamalar; a) üretim zamanı, grup teknolojisi, tezgah, takım ve tertibat ile ilgili bilgilerin değerlendirildiği teknik analiz; b) finansal analiz; c) EİS seçeneğinin geçerliliği ve değişik sistem konfigürasyonlarının kapasite incelemeleri; d) sistem yeteneği ve alternatiflerin kıyaslanmasından oluşmaktadır. Bu değerlendirmelerde analitik hiyerarşi proses metodu, alternatif imalat sistemi getirilerinin ve maliyetlerinin yer aldığı iki ayrı yapı üzerinde uygulanmış ve sonuçlar kıyaslanarak sistem seçimi yapılmıştır.

Nişancı (1983) çalışmasında sistemlerin özelliklerini, değerlendirmelerini ve seçimlerini içeren modelini altı değişik modülden oluşturmuştur. Bu modüller:

M1- Parça ailesinin seçimi: Sistem karakteristiklerine uygun parça ailesinin seçimi ve üretim hacminin belirlenmesi,

M2- Proses Analizi: Parçaların imalat verileri ile kullanılacak ekipman verilerinin oluşturulması,

M3- Aday Sistem Seçimi: Tezgah, taşıma ve kontrol sistemi ile sistem konfigürasyonunun belirlenmesi.

M4- Maliyet Verimliliği Analizi: İmalatla ilgili maliyetlerin tesbiti,

M5- Performans Analizi: Belirlenen performans kriterlerine göre adayların testi ve seçimin yapılması.

Evren (1979) geliştirdiği modelde klasik ve sayısal kontrollü takım tezgahlarının karşılaştırılması amacıyla iki aşamalı değerlendirme yapmaktadır. Birinci aşamada, gerçekleşmesinde zorunluluk olan amaçlar tezgahlar arası ilk elemeyi yaptıktan sonra ikinci aşamada gerçekleşmesi arzu edilen amaçlar doğrultusunda Electre Yöntemi kullanılarak tezgah seçimi yapılmaktadır.

Kassciek ve Shultz (1987) karar destek sistemi kullandıkları çalışmalarında veri tabanı kullanımı ve senaryo analizi için gerekli kullanıcı girdilerini aynı anda değerlendiren bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Çalışmada modelleme ve veri tabanı ile karar verici arasındaki ilişkiyi sağlayan diyalog ile birlikte üç alt sistem bulunmaktadır. Model alt sisteminde, simülasyon, sermaye bütçeleme, finansal modeller, veri tabanı sisteminde EİS işgücü, malzeme ve indirekt maliyet verileri bulunmaktadır. Temelde kurulan simülasyon modelinin çıktılarını değerlendirmeye yarayan yaklaşım, değişik maliyet senaryolarının sonuçlarını incelemeye yarayan IFPS veya Express benzeri paketlerin kullanılmasını önermektedir.

Persazi ve Wilhelm (1989) lineer katlamalı (lineer additive) modellerinde firmanın otomasyon yatırım alternatiflerini değerlendirecek bir yapı oluşturmaya çalışmışlardır. Geleneksel tekniklere alternatif veya tamamlayıcı olarak kullanılabilen bu teknikte öncelikle firmanın stratejik amaçları belirlenir ve firma açısından önemine ve alternatiflerin bu amaçlara katkılarına göre iki ayrı puanlama yapıldıktan sonra normalize edilmiş birinci ve ikinci değerler çarpılarak elde edilen en büyük toplam değere sahip proje seçilir.

Sarin ve Chen (1986) çalışmalarında parça ailelerini sisteme atama, tezgah konfigürasyonu oluşturma ve uygun malzeme taşıma sistemini seçme işlemi yapan bir tamsayılı programlama modeli oluşturmuşlardır. Her sistemdeki mevcut tezgahların bütün parça ailelerini işleyebileceği kabulüyle kısıtlar tezgah kapasitesi olarak alınmış ve toplam yıllık imalat maliyetini enküçükleyen amaç denklemiyle model kurulmuştur. Bu amaç denkleminin parametreleri yıllık olarak tezgah, taşıma ve kontrol sistemi, işgücü, envanter ve hazırlık maliyeti ile genel giderlerden oluşmaktadır.

Yavuz (1984) yapay zeka tabanlı çalışmasını beş bilgi modülünden oluşturmuştur. Birinci modül, mamul ve firmayla ilgili bilgilere uygun teknolojiyi seçmekle görevlidir. İkinci modül, Birinci-

de belirlenen işin gerektirdiği özelliklere uygun sistem elemanlarının teknolojik özelliklerini arama işlemini gerçekleştirir. Üçüncü modül ise görevi belirlenen teknolojik gereksinimleri karşılayabilecek ekipmanın bulunmasıdır ve piyasadaki mevcut ekipmanların özelliklerini taşıyan bir veri tabanına sahiptir. Bu modülde seçilen aday sistemin analizi dördüncü modülde yapılır. Bu modül ekipmanın satış fiyatı, bakım, eğitim ve yazılım maliyeti ve çalışma ömürleri gibi bilgilere sahiptir ve ekonomik model kullanarak her bir aday sistemin eşdeğer yıllık maliyetlerini çıkarmaktadır. Beşinci modülde ise adaylar listesinden en uygun sistem seçimi, tam sayılı programlama kullanarak ekonomik, subjektif ve iş faktöründen oluşan performans kriterlerine göre yapılır.

Marçinyak (1985) çalışmasında otomasyondan verim alınması için malzeme, iç ve dış taşıma, planlama ve kontrol, pazarlama gibi donanımla dolaylı ilişkisi olan fonksiyonların durumlarının da incelenmesini savunduğu model altı modülden oluşmuştur.

- 1- Basit Modül: Üretim, işçi, malzeme ve benzeri temel bilgileri içerir,
- 2- Karmaşık Modül: İşçi ve tezgah verimliliği, sermaye ve malzeme gereksinimi ile otomasyon konularında mevcut durum analizi yapar,
- 3- Sentetik Modül: Birim maliyet, teşvikler, fiyat ve kâr durumunu inceler,
- 4- Etki Modülü: Yatırım koşulları incelenir,
- 5- Sermaye Modülü: Sermaye temini ve maliyeti ile ilgili bilgileri içerir,
- 6- Verimlilik Modülü: GÖS, YGD ve İmalat maliyetlerinden oluşan verimlilik endeksine göre sistem seçilir.

Tombak (1990)'ın oyun teorisi ile kurduğu teorik modelde, yatırımın başarısı benzer firmaların oligopolistik bir endüstriye birinci sırada girme mücadelesinin sonucuna bağlanmaktadır. Her bir firmanın stratejik alanı, mevcut sistemle devam etme veya yeni teknolojiye yatırım yapma seçeneklerini içermektedir. Sonuçta üretim teknolojisi seçim kararları ve zamanlaması, bunun firma üzerindeki etkisi tartışılmaktadır.

Monahan ve Smunt (1987) karar destek sistemini üç seviyede kurmuşlardır.

- 1- Otomasyon Dizayn Seviyesi: Tezgah türleri, taşıma sistemi, hazırlık ve üretim zamanı, alan ihtiyacı, kapasite kullanım oranı ve talep tahminleri alternatifli olarak belirlenir.

2- Orta vadeli, fabrika-operasyon seviyesi: Alternatif sistem planları simüle edilerek potansiyel darboğazlar birinci seviyeden alınan bilgilerle belirlendikten sonra üretim maliyetleri ve envanter seviyeleri bulunur.

3- Uzun vadeli, firma-planlama seviyesi: Maliyet değerleri ve talep değişme riskleri kullanılarak sistem otomasyon planı yapılır.

Kurulan karar destek sistemi, fabrika için geliştirilen planlarda kullanılmak üzere üçüncü seviyeden detaylı bilgi üretir. Bu işlem alternatif planların tanımlanması, bunların çevrenin taleplerine göre gözden geçirilmesi, envanter ve üretim maliyetleri tahminleri için alternatiflerin maliyetlerinin belirlenmesi, uygun seçimin ve zamanın tanımlanması şeklinde yapılmaktadır.

Singh ve Sushil (1990) ise çalışmalarında bütçe ve sürekliliği kısıt aldıkları 0-1 non-lineer programlama modelini üretim maliyetini minimize etme amacına yönelik kurmuşlardır. Model lineerleştirildikten sonra üç alternatif sistem üzerinde denenerek en iyi sonucu veren sistem seçilmektedir.

Miltenburg ve Krinsky (1987) modellerini aşağıdaki faaliyetlere dayandırmaktadırlar.

- 1- İmalat sisteminin doğasını deterministik ve stokastik değişkenler ile tanımlamak,
- 2- Eşdeğer yıllık maliyeti finansal kriter olarak almak,
- 3- Değişkenler arasında önem sıralaması yapacak bir mekanizma kurmak,
- 4- Problemdeki belirsizliği azaltmak için bir mekanizma kurmak,
- 5- Karar vericilerin risk davranışlarını dikkate alan bir mekanizma kurmak.

Modelde kullanılacak değişkenler deterministik veya stokastik olabilir. Stokastik değişkenlerden sonuca çok etkili olanların olasılık-yoğunluk fonksiyonları firmada uzman kişilerce oluşturulur, diğerleri modeli basitleştirmek amacıyla deterministik kabul edilir. Hazırlanan bilgisayar programı yardımı ile alternatiflerin eşdeğer yıllık maliyetleri oluşturularak seçim yapılır.

Park ve Son (1988) yaptıkları çalışmalarında amaç denkleminin net bugünkü değeri en büyüktüğü bir LP modeli kurmuşlardır. Ancak bu çalışmada kullandıkları fırsat maliyetlerinin hesaplanmasında gerekebilecek veriler için simülasyondan yararlanmayı tavsiye etmektedirler.

Nelson (1986) çalışmasında aşağıda detayları açıklanan teknolojik değerlendirme, donanım değerlendirmesi, kapasite esnekliği, maliyet bütçe analizi ve net bugünkü değer alt modüllerinin kombinasyonundan oluşan bir model kurmuştur.

Teknolojik Değerlendirme: Proje tanımı, geliştirilen mamul ve imalat işlemlerinden ve gerekli teknolojiyi gösteren teknoloji matrisi ve özel bir kodlama yapısı tarafından yapılır. Proje değerlendirmesi ise proje faydalarını inceleyen bir skala tarafından yapılır. Projelerin firma imalat stratejilerine uygunluğu da incelenerek diğer bilgilerle birlikte ağırlıklandırma yolu ile değerlendirilir.

Donanım Değerlendirme: Bu modül kullanılmakta olan donanımın modernizasyon ihtiyacını bulmaya yarar. Donanım tüm detaylarıyla koşul, model ve uygunluk açısından değerlendirilir.

Kapasite Esnekliği: Sermaye ve işyükündeki tahmini artışlar nedeniyle planlanan kapasite değişikliklerinin hassasiyetinin ölçümünde kullanılır.

Maliyet-Bütçe Analizi: Tahmini proje maliyetinin tahmini sermaye içindeki miktarını ölçer.

Net Bugünkü Değer: İlk yatırım maliyeti yüksek riskli projelerde net bugünkü değer in de risk faktörüne bağlı olarak düzenlenmesini sağlayan modüldür.

Suresh ve Meredith (1985) tarafından yapılan çalışmada yeni teknoloji yatırımlarının kabul görmediği ve başarısız olduğu durumlar yatırımın ve organizasyonun karakteristikleri gözönünde tutularak açıklanmaya çalışılmıştır. Yatırımın teknolojik seviyesine göre bir yatırım prosedürü izlenmesi öngörülmüş ve sistemin entegrasyon seviyesi arttıkça kararın üst seviyelerde, değerlendirmenin ise doğrudan finansal değil stratejik nitelikte bir yapıda odaklaşması öngörülmektedir. Çalışmanın uygulama kısmında Simscript simülasyon dili kullanılarak alternatiflerin performans kıyaslaması yapılmıştır.

Chandra ve Schall (1988) çalışmalarında birim zamanda üretim miktarı, ıskarta miktarı ve tezgahlar arası taşıma miktarlarını performans ölçütü olarak değerlerini Leontief girdi çıktı modeli ile hesaplayan ve sonuçlarını analitik hiyerarşik prosesle değerlendiren bir model geliştirmişlerdir.

O'Guin (1987) modernizasyon projelerinin yalnızca yatırımın geri dönüşü ile değerlendirilmesine karşı çıkmış ve firmanın malın kalitesini yükseltirken malın değerini, dolayısıyla satışını da yükselteceğinden yola çıkarak istatistiksel olarak kalite gelişmesi ile pazar hacmi büyümesi arasında

ilişki kurmuştur. Bu modelde mamulden beklentilere yönelik müşteri profili çıkarıldıktan sonra beklentiler önem derecelerine göre ağırlıklandırılırlar. Müşterilerin yapacağı ağırlandırmayla mamul kalite oranları belirlendikten sonra pazar payındaki değişim ve yeni proje değerlendirilmesindeki kalite değişikliği belirlenir. Değerlendirme maliyet, pazar payı ve nakit akışları çerçevesinde yapılarak mevcut durum ve yatırım sonrası durum için tahmini satışlar belirlenir. Bu modelin temel hareket noktası, rakipler yatırımla mamul performansını artırırken mevcut durumu koruyan şirketlerde izafi bir kalite kaybı olacaktır. Proje değerlendirmesi firmanın Du Pont eşitliğinden faydalanarak bulunan varlıkların geri dönüşüne (ROA) göre yapılır.

Stam ve Kuula (1991)'nin geliştirdiği modelde, ilk aday sistemler kalitatif ve kantitatif kriterler ile elendikten sonra geriye kalan sistemler geliştirilen çok amaçlı programlama modeli ile değişik parti hacmi ve üretim miktarları için denenirler. Performans ölçütleri olarak, yatırım ve üretim maliyeti, esneklik, üretim hacmi ve yatırım riski, model amaçları olarak, üretim miktarının ve esnekliğin maksimizasyonu ve maliyetinin minimizasyonu alınarak sistemlerin değişimlere cevapları incelenmekte ve karar verilmektedir.

Azzone ve Bertele (1989) çalışmalarında, firmanın stratejik pozisyonunu, imalat sisteminin sınırlarını çizen ve sayısal olarak tanımlayan performans göstergeleri ile ifade etmeye çalışmışlardır. Stratejik performanslara ulaşmanın maliyeti ve imalat sisteminin esneklik maliyeti arasındaki ilişki firmanın stratejik pozisyonunun bir fonksiyonu olarak kârlılığın hesaplanmasında kullanılan nakit akışlarının bulunmasını sağlar. Bundan dolayı firma stratejik pozisyonu için en uygun imalat sistemi seçimi en kârlı sisteme yapılacağından seçim kriteri olarak kârlılık önerilmiştir. Kârlılık, başlangıç mamul karışımı ile sınırlı olamayacağından, bu değere ileriye dönük olası mamul çeşidi ve hacminin de değerlendirmeye katıldığı nakit akışları yoluyla ulaşılması gerekmektedir. Stratejik performanslara ulaşma maliyeti ve imalat sistemi esnekliği tanımlandıktan sonra yatırımın gelecekteki nakit akışları üzerindeki etkisi tahmin edilerek karar verilir.

Suresh ve Sarkis (1989) kurdukları tamsayılı programlama modelinde amaç, planlanan periyottaki yatırımın geri dönüşlerinin sistem kapasitesi, sermaye, bir sonraki periyotta sistemin çalışıyor durumda olması, talep, üretim miktarı kısıtları altında maksimize edilmesidir. EİS yatırımının CNC teknolojisinin aşama aşama yerleştirildikten sonra birimlerin entegrasyonu ile yapılması öngörülmektedir.

Avonts ve diğ. (1988) çalışmalarında işlerin EİS ya da klasik sisteme atanması sonucundaki performans değerlerini elde etmek için lineer programlama modeli kurmuştur. Basitlik amacıyla

malzeme taşıma sistemi, takım ve tertibatın değerlendirmeye katılmadığı modelde envanter maliyeti, üretim maliyeti, hazırlık maliyeti, toplam maliyet ve kapasite kullanım oranı performans kriterleri olarak düşünülmüşlerdir. Temel kısıtlar ise üretim kapasitesi ve haftalık ortalama taleplerdir. Amaç fonksiyonu klasik sistem üretim maliyeti ile EİS üretim maliyetinin arasındaki farkın ve kapasite kullanım oranının maksimizasyonu olarak öngörülmüştür. Ancak çalışmanın sonunda sistemin operasyon esnasında dinamik etkilerinin gözlenmesi açısından simülasyon faydalı bir yöntem olarak önerilmektedir.

Suresh (1990) tarafından geliştirilen diğer bir model ise net bugünkü değeri maksimize eden ve sistemin konfigürasyonunu belirlemeye yönelik bütçe, kapasite, operasyonel sınırlamalar ve amortisman ile planlama sonucu varlıkların değerlerini belirleyecek kısıtlara sahip tam sayılı programlama modeli geliştirilmiştir. Daha sonra bu modelin çıktıları simülasyon modelinde işlenerek net bugünkü değer değişimleri incelendikten sonra alternatifler üzerinde karara varılması önerilmektedir.

Canada (1986)'nın geliştirdiği modelde projeleri hem finansal hem de stratejik açıdan değerlendiren iki modül söz konusudur. Finansal modül projelerin net bugünkü değerlerini bularak projeleri kıyaslamaktadır. Strateji modülü ise projelerin seçilen yirmiiki stratejik faktöre göre ağırlıklandırma yolu ile değerlendirmektedir. Sonuçta karar vericiye tüm projelerle ilgili finansal ve stratejik bulgular sunularak en uygun olanını seçmesi istenmektedir.

3.2. Çalışmaların Genel Değerlendirmesi

Ekonomik analiz yöntemleri oldukça sık kullanılmaktadır. Bunun nedeni uygulamadaki, anlaşılmadaki ve veri toplamadaki kolaylık olarak görülmektedir. Ancak genellikle tek değerli sonuç içermeleri nedeniyle, bu tekniklerin yanı sıra, karar aşamasında ilave bilgiler gerektiren karmaşık yapıdaki kararlar için ilave yöntem kullanma eğilimi görülmektedir.

Analitik yöntemler sayısal olmalarına rağmen ekonomik analiz yöntemlerine göre daha karmaşık yapıdadır. Bunun yanı sıra daha fazla bilgiye ihtiyaç duyan belirsizlik ve çok ölçütlülük durumlarını gözönüne alan yaklaşımlardır. Ancak ileri teknoloji gibi karmaşık üretim sistemlerinin incelenmesinde gerçek sistemin tam anlamı ile yansıtılabilmek, modelin çok karmaşık olmasına, dolayısı ile çözümünün de güç olmasına neden olmaktadır. Bu tür modellerde modelin kabullerle basitleştirilmesi yoluna gidilmektedir ki, bu da modeli gerçek sistemden kabullere bağlı olarak uzaklaştırır.

Deneysel yöntemlerde genellikle simülasyon kullanılmaktadır. Yatırım değerlendirmesinde özellikle analitik ve ekonomik tekniklere bilgi üretmesi açısından çok kullanışlı olmasına karşın incelenen çalışmalara göre, modelin kurulması güç ve çalıştırılması masraflıdır. Bu yüzden diğer yöntemlere oranla daha az kullanılmaktadır.

Stratejik analiz yöntemlerinin ise genelde firmanın stratejik amaçlarına doğrudan katkıda bulunan projeler için kullanıldığı gözlenmiştir. Firma hedefleri ile doğrudan bağlantılıdır ancak genellikle sözel ifadelerle dayandığından tek başlarına değil diğer sayısal yöntemlerle desteklenmesi veya kontrol edilmesi eğilimi vardır.

Çalışmaların genel değerlendirmesinden de anlaşılacağı üzere genellikle yatırımlar değişik yöntemlerden oluşan modüler bir yapı içerisinde değerlendirilmektedir. Ancak genelde kullanılan yöntemlerle yapılan çalışmalardan, özellikle yatırım konusunun ileri teknoloji olması nedeniyle aşağıdaki eksikliklerin bulunduğu söylenebilir.

- Yatırımın her yönüyle ele alınması,
- Kurulan modellerde gerçek sistemden aşırı uzaklaşabilecek kabuller yapma sonucunda sonuçların güvenilirliklerinin sağlanması,
- Modeli çalıştıracak verilerin genellikle model içinden değil dışarıdan temin edilebileceği kabulü,
- Yatırım kararı vermeye yönelik karar vericiye sağlanan bilgilerin miktar ve niteliği,
- Sayısallaştırılması güç olan imalat sistemi getirilerinin modelde temsili,
- Sistemin işe uygunluğu yani sistemin imalat içindeki davranışının analiz edilerek modelde değerlendirilmesi,
- Fiziksel sistem yapısı ve sistemin finansal değerlendirmesinin aynı model içerisinde entegre çalışması.

BÖLÜM 4. İLERİ TEKNOLOJİLİ İMALAT SİSTEMLERİ İÇİN YATIRIM DEĞERLENDİRME MODELİ

4.1. Giriş

Bu bölümde ileri teknoloji yatırım analizlerinde kullanılan yöntemlerin Bölüm 3'te anlatılan yetersizliklerini ortadan kaldırmayı amaçlayan çalışmamız ve geliştirilen model açıklanmaktadır. Model, imalat sanayinde parti üretimi yapan mevcut tesislerini modernize etmeyi düşünen veya yeni bir yatırım planlayan bir firmanın yatırım kararı vermesine ve değerlendirme işlemini gerçekleştirmesine yardımcı olmayı amaçlamaktadırlar. Yatırım kararı ile ilgili tüm firma içi ve firma çevresi değişkenler ve bu değişkenlerde meydana gelebilecek değişimler bu modelin kapsamı içerisinde incelenmeye çalışılmıştır.

Konuya firmaların yatırım analizine yaklaşımı açısından bakıldığında, teorik çalışmalardaki eksikliklerin yanısıra, sezgiselliğin ön planda olduğu bir eğilim görülmektedir. Genellikle endüstride gözlenen eğilim GÖS, NBD, YGD gibi yalnızca direkt finansal getirileri dikkate alan yöntemlerin değerlendirme sonuçlarının, yatırımın diğer boyutları doğrudan karar vericinin kişisel yargısına bağlı olan sezgisel değerlendirme sonuçları ile birleştirilerek karara varılmasıdır. Bu eğilimin, ileri teknoloji yatırımlarının hem ilk yatırım maliyetlerinin çok yüksek olması, hem de firmanın rekabet pozisyonu üzerindeki önemli etkisi nedeniyle firma açısından riskli bir boyutu olduğu göz önünde tutulmuştur. Bu amaçla kurulan modelin uygulanabilirliğine büyük önem verilmiştir.

4.2. Probleme Yeni Bir Yaklaşım

Modelin amacına uygun olarak kurulması amacıyla yapılan yaklaşımın temel özelliği aşağıda anlatıldığı gibidir.

Suresh (1990), Suresh, Sarkis (1989)' e göre firmalar çoğunlukla ileri teknolojinin günümüz için son aşaması olan esnek imalat sistemine aşamalı geçmek eğilimindedirler. Bu aşamalı geçiş genellikle CNC teknolojisinden faydalanılarak, büyümeyi modüler bir yapı içinde başlattıktan sonra,

zaman içerisinde EİS' nin oluşumu için gerekli modüllerin (Malzeme taşıma sistemi, Merkezi bilgisayar vs.) eklenmesi ile planlanan entegre sisteme erişmek yoluyla gerçekleştirilmektedir. Bu sayede hem ileri teknolojinin çok yüksek olan ilk yatırım maliyeti zamana yayılarak finansman sağlama gücü artırılır, hem de yeni sisteme daha yavaş geçilerek organizasyonun yeni sisteme uyumu daha etkin bir şekilde gerçekleştirilmiş olur.

Kurulan modelde incelenen modellerde rastlanmayan bu çok önemli konunun işlenmesi amacıyla Akkurt (1986) tarafından geliştirilen birbirinden farklı üç otomasyon seviyesine sahip ve birbirinden farklı operasyonel kurallara göre işleyen üç sistem tanımından faydalanılmaktadır. Bu tanım aşağıda görülmektedir.

Herhangibir parçanın işleme süresi t , bu işleme süresi içerisinde insan müdahalesi ile yapılan işlemlerin süresi t_i ve insan müdahalesi olmadan yapılan işlemlerin süresi t_o ile ifade edilirse, otomasyon derecesi,

$$M = \frac{t_o - t_i}{t_o}$$

olarak ifade edilir. Bu ifadeye göre aşağıdaki üç şık geçerlidir.

a) $t_o < t_i$ yani $M < 0$ olduğunda sistem otomatik değildir. Bu seviye kurulan modeldeki klasik imalat sistemi olarak adlandırılan sisteme denk gelmektedir. Bu sistem üniversal takım tezgahlarının operatörler tarafından kullanıldığı, klasik atelye tipi üretimin karakteristiklerini taşımaktadır.

b) $0 < M < 1$ olduğu durumda sistem yarı otomatiktir. Bu seviye ileri teknolojiye geçişteki birinci aşamayı temsil etmektedir. Bu aşamada sisteme CNC teknolojisi yerleşmiştir. Tezgahlar CNC tezgahlar olup bu sistemin sağladığı temel getiriler CNC tezgahların verimliliğinden kaynaklanmaktadır.

c) $t_i = 0$ yani $M = 1$ olduğunda, sistem tam otomatiktir. Bu seviye esnek imalat sistemini tanımlanmaktadır. Bu sistem yapısı ve işleyişi hakkından detaylı bilgilerin işlendiği Bölüm (2)' den hatırlanacağı üzere işleme merkezleri ve/veya CNC tezgahlar, merkezi bilgisayar ve malzeme taşıma sistemi, bu sistemin ana elemanlarını oluşturmaktadır.

Geliştirilen Modelin Kapsamı

Geliştirilen modelde, yatırım açısından karşılaştırılan sistemlerin birbirlerine karşı üstünlüklerini ölçmek için performans ölçütlerine ihtiyaç duyulmuştur. Bu sayede farklı sistemler aynı platforma indirgenerek aralarında ölçütleri en iyi tatmin eden sistemin seçimi mümkün olacaktır. Bu amaçla firma performansını imalat açısından etkileyen faktörlerin tesbiti gerekmektedir.

4.3. Firma Performansı

Fortuin (1988)' e göre firma performansı, firmanın gelişmesi için yapılan faaliyetlerin sonuçlarını göstermek amacıyla kullanılan bir ölçü olarak tanımlanmaktadır. Venkatraman ve diğ. (1986)' e göre gerçek sonuçları önceden belirlenen hedeflerde kıyaslamak ve aradaki sapmaları ortaya koymak ve kontrol etmek amacıyla yönetim tarafından kullanılan araçtır. Eilon (1985)' a göre firma performansını belirleyici faktörler iki amaca hizmet eder. Birincisi, firmanın eski performansı hakkında bilgi vererek mevcut durumun oluşma nedenleri hakkında fikir vermek, ikincisi ise gelecekteki faaliyetleri yönlendirici nitelikte rol oynamaktadır. Performansta belirleyici rol oynayan faktörler, bir firmadan diğerine değişen bir kombinasyon ve yoğunluk içinde rol oynarlar. Bu nedenden dolayı faktörlerin tanımlanması ve performansın ölçümü zorlaşır. Ayrıca bazı faktörlerin sayısallaştırılmasındaki güçlükte net bir performans ölçüm formülasyonuna gidilmesini güçleştirir.

Bu aşamada, performans göstergelerinde bir standardizasyon olmadığı, herbir göstergenin kendi karakteristiklerini taşıdığı ve uygulama alanına göre performans göstergesi seçilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Venkatraman ve diğ. (1986)' a göre performans göstergeleri açısından diğer önemli bir nokta da bütün performans kriterlerinin aynı anda iyileştirilmesinin son derece güç olduğudur. Çünkü bazı performans kriterleri arasında negatif korelasyon sözkonusu olabilir (Örneğin YGD ve Nakit akışı davranışı aynı doğrultuda iken pazar payı zıt doğrultuda olabilir) Day ve diğ. (1987). Yönetimler rekabetçi çevrenin yapısı ve rakip firmaların bu yapı içerisindeki pozisyonları hakkında bilgi sahibidirler. Bu bilgiden yararlanarak yapılan firma stratejisine uygun olarak, performans ölçütleri arası ödünleşme (Trade Off) yoluyla belli ölçütler üzerinde yoğunlaşmaya gidilir.

Yukandaki ifadelerden de anlaşılacağı gibi yatırımın sonuçlarının firma amaçlarına uygun olup olmadığını ve uygunluk ölçüsünü gösteren performans kriterlerinin ortaya konması

gerekmektedir. Bu amaçla Kenny, Dunk (1989)' ın Avustralya' da 155 firmada yaptıkları performans ölçütleri incelemesi, Tombak ve De Meyer (1988)' in ABD ve Avrupa' daki 578 firmayı içeren çalışmalarında kullandıkları performans ölçütleri ile Fortuin (1988)' nin çalışmasından derlenen endüstriyel firmaların kullandıkları performans ölçütlerinden doğrudan imalatla ilgili olanlar derlendikten sonra aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 4.1 Performans Ölçütleri

Üretim Hızı
Kapasite Kullanım Oranı
Iskarta Miktarı
Yeniden İşlenen Parça Miktarı
Üretim İçi Envanter Seviyesi
Envanter Devir Oranı
Tezgah ve İşgücü Üretkenliği
Firma İmajı
Yeni Teknoloji Adaptasyon Hızı
Sipariş Karşılama Hızı
Teslim Güvenilirliği
Müşteri Şikayet Miktarı
Mamul Hacim ve Dizayn Değişirme Hızı
Yeni Mamul Üretimine Geçiş Hızı
Üretim içi Aksamalara Uyum Hızı
Birim Mamul Maliyeti
Birim Periyottaki Kar
Birim Periyottaki Satış
Yatırımın Geri Dönüşü
Satışların Geri Dönüşü
Pazar Payı Değişimi

Geliştirilen model oluşturulan alt modeller incelenirken, modeller ile ilgili performans kriterleri yukarıdaki kriterler arasından seçilerek kullanılacaktır.

4.4. Modelin İç Yapısı

Bu modelin kurulma fikrinden uygulanmasına kadar olan süreç çeşitli aşamalardan oluşmuştur. Bu aşamalar aşağıda görülmektedir.

- 1- Problemin tanımı
- 2- Modelin kurulması
- 3- Modelin uygulanması
- 4- Modelin değişkenlere olan hassasiyetinin ve geçerliliğinin sınanması

Bu çalışmanın konusunu oluşturan problemin tanımı önceki Bölüm (2)'de yapılmıştı. Bundan sonra diğer aşamaların uygulanmasına geçilecektir.

Geliştirilen model imalat teknolojisi üzerinde farklı iki durumda uygulanma yeteneğine sahiptir. Bu durumlar şu şekilde tanımlanabilir.

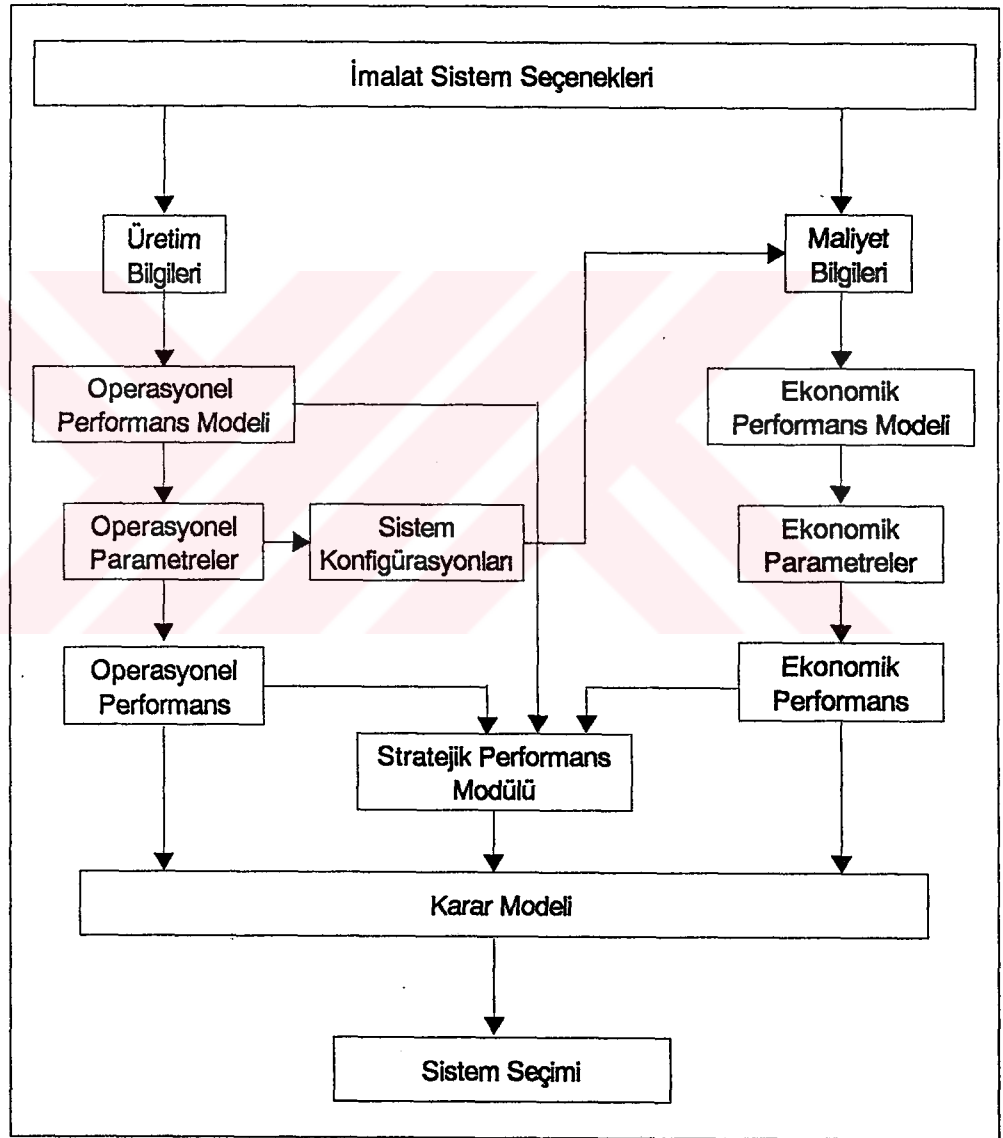
- 1- Firma halen üretimde ve mevcut sistemin performansının ölçülmesi, gerekirse teknoloji modernizasyonuna gidilmesi,
- 2- Firma kurulma aşamasında ve firma amaçlarına en uygun imalat teknolojisinin kurulması.

Bu tanımlardan da anlaşılacağı üzere firma mevcut veya tasarladığı imalat sistemi üzerinde herhangi bir faaliyette bulunmak istediği andan itibaren kurulan modelin kullanım geçerliliği başlar. Mevcut imalat sisteminin firma içi veya çevre faktörleri tarafından belirlenen mevcut imalat sistemindeki eskime nedeniyle modernizasyon zamanlaması bu modelin kapsamının dışındadır. Ancak modernizasyon zamanlaması, imalat teknolojisi yatırımından bağımsız düşünülemeyeceğinden çalışmanın başında Bölüm (2)'de işlenmiş ve gerekli bilgiler verilmeye çalışılmıştır.

Bunun yanısıra kurulan modelin sınırları imalatın yapıldığı donanımın bulunduğu alan ile sınırlıdır. Modelin çalıştırılması için gerekli bilgiler sadece bu alan ile ilgili bilgiler olup yönetim, mühendislik hizmetleri, dağıtım gibi imalatla doğrudan ilgili olmayan, ancak imalatın sürdürülmesi açısından gerekli olan birimlere ait bilgiler ve değerlendirmeler modelin kapsamı dışındadır.

Kurulan model aşağıda görüldüğü gibi 3 ayrı alt modelden ve 1 modülden oluşmaktadır.

- Operasyonel Performans Modeli
- Ekonomik Performans Modeli
- Stratejik Performans Modülü
- Karar Modeli



Şekil 4-1. İleri Teknolojili İmalat Sistemi Yatırım Değerlendirme Modeli

Ana modeli oluşturan alt modeller arasında bilgi alışverişi vardır. Operasyonel performans modeli diğer alt modeller için girdi oluşturmaktadır. Bu girdiler ekonomik performans modeli girdileri ile birlikte stratejik performans modülünde sistemin değişimlere karşı davranışını incelemek üzere kullanılır. Son aşamada, alt modellerin çıktıları karar modelleri için girdi oluştururlar. Karar modeli bu bilgileri işledikten sonra firma karakteristiklerine en uygun sistemi seçer.

Çalışmanın bundan sonraki bölümünde, her bir model ayrı ayrı incelenerek karar işleminin tüm aşamaları detaylandırılacaktır.

4.4.1. Operasyonel Performans Modeli

Operasyonel performans modelinin amacı, üretim bilgilerini kullanarak klasik, yarı otomatik ve esnek imalat sistemi için istenilen performans değerlerini sağlayan en uygun sistem konfigürasyonlarının oluşturulmasını sağlamak ve bu sistemlerin operasyonel parametrelerini ekonomik modele, performans değerlerini ise stratejik performans modülüne ve karar modeline göndermektir.

Bu modelin kurulmasında simülasyon yöntemi kullanılmıştır, dolayısıyla simülasyon modeli olarak da adlandırılabilen bu model aşağıdaki sırada incelenecektir.

- Neden Simülasyon
- Geliştirilen Simülasyon Modeli
- Operasyonel Performans Kriterleri
- Operasyonel Performans Modelinin Tanıtımı

4.4.1.1. Neden Simülasyon

İmalat sistemlerinin performans değerlendirmesinde hem analitik yöntemler, hem de simülasyon kullanılmaktadır. Her iki yaklaşımın birbirlerine göre kullanım alanlarına bağlı olarak üstünlükleri olmasına karşın genelde yazarlar imalat sistemi performans değerlendirmesinde simülasyonu tercih etmektedirler.

Crossley (1988), Rathmil, Chan (1985)'e göre imalat simülasyon modellerinin ana amaçları şunlardır ;

- 1- İmalat sisteminin dinamik davranışının incelenmesi,

- 2- Dinamik bir karar destek aracı oluşturulması,
- 3- Yatırımlarda risk bölgelerini açığa çıkarmak,
- 4- Firmaların işletme stratejilerini ve imalat stratejilerini geliştirmeleri için yardımda bulunmak.

Meredith (1985)'e göre operasyonel seviyede operasyonların analizi kolaydır, ancak entegrasyon hiyerarşisinde üst düzeylere çıkıldıkça bu analizlerin analitik olarak yapılması güçleşir. Yüksek seviyedeki teknolojilerin analiz ve kontrolünde simülasyonun değerli bir kullanım aracı olmasının sebebi budur. Kalkunte (1986) aynı konuda, simülasyon modellerinin, analitik modellemenin yapamayacağı detayda esnek imalat sisteminin temsil edilmesine olanak verdiğini, dolayısıyla uygulamada karşılaşılan spesifik detayların rahatlıkla incelenmesini sağladığını belirtmektedir. EİS'nin tesis edilmesi aşamasında deneyimler göstermektedir ki planlama çalışmaları gelecekteki imalat prosesinden beklenen esneklik ve entegrasyona da bağlıdır. Bu hesaplamaların simülasyon çalışmalarıyla sürekli olarak desteklenmesi planlanan sistemin avantaj ve dezavantajlarının sayısallaştırılması, sistem seçimi ve tasarımı için gerekli temel planlama parametrelerinin hazırlanmasında yegane yol olarak gözükmektedir.

Suri (1985)'e göre ileri teknoloji imalat sistemi modelleri üzerinde uygulamada pahalı ve uzun zaman gerektirmesine karşın en çok kullanılan modelleme aracı olarak simülasyon görülmektedir. Buna ilaveten Buzacott, Yao (1986)'ya göre esnek imalat sistemleri oldukça karmaşık sistemlerdir ve genellikle tek bir analitik modelin esnek sistemin davranışını tamamiyle temsil etmesi beklenemez ve hatta öyle bir model kurulabilse bile çözmek mümkün gözükmemektedir. Bu nedenden dolayı analitik modeller genellikle konunun alt bölümleri için uygun görünmektedir.

Bu tartışmaya katkı olarak Son, Park (1990) şunları söylemektedir. Maliyet hesabında gerekli olan, parçaların sistem içerisinde beklediği sürelerin ve ekipmanın kapasite kullanım oranının analitik yöntemlerle hesaplanması özellikle atelye tipi üretim için sistemin çok karmaşık, davranışlarının ise probablistik, dinamik ve etkileşimli olmasından dolayı güçtür. Ancak simülasyon açısından bu değerlerin hesaplanması problem yaratmaz. Avonts (1988)'e göre simülasyon sistemin operasyon sırasındaki dinamik etkilerinin gözlenmesi açısından faydalıdır. Ayrıntılı operasyon planları, parçaların sisteme giriş sıraları ve tezgahlara atanmalarındaki öncelikler ile taşıyıcılar için kurallar rahatlıkla denenebilir ve sistem için en uygun olanı seçilebilir.

Nişancı (1983) ise sistem yatırımı açısından konuya şu şekilde yaklaşmaktadır. Aday sistemler değerlendirilirken çeşitli çalışma koşulları altında test edilmeleri gerekmektedir. İmalat

sistemlerinin karmaşık ve dinamik etkileşimlerini gerçekçi şekilde ortaya koyan bu tür analizler için simülasyon ideal bir yoldur. Kurulacak simülasyon modeli değişik çalışma politikalarının alternatif sistemlerin ve koordinasyonlarının denenmesi ve belli kriterler altında kıyaslanması için kullanılabilir. Warneckeze (1985) ise bu konuda, dinamik ve zamandan kaynaklanan sistem davranışları üzerinde bilgisayar destekli simülasyon tekniğinin esnek üretim ortamındaki karmaşık işlemleri incelemek için en etkin ve en güvenilir yol olarak gözükmekte olduğunu söylemektedir.

Yukarıdaki tartışmadan da anlaşılacağı üzere, firmalar tarafından halen en çok kullanılan yöntem araştırması tekniği olan simülasyon (Kıran, Tümay, 1992) diğer tekniklere göre uygulama açısından pahalı ve daha fazla çaba gerektirmesine rağmen başarı ile uygulanmaktadır. Özellikle bu çalışmanın konusunu oluşturan geleneksel imalat sistemine sahip firmaların modern imalat sistemlerine geçişleri sırasında değişikliğin etkilerinin önceden incelenebilmesi, sistemlerin bu etkilere göre tasarlanması ve işletilmesi açısından bu yöntem büyük fayda sağlamaktadır (Dinçmen, Araz, 1992).

4.4.1.2. Geliştirilen Simülasyon Modeli

Çalışmanın kapsamını oluşturan üç farklı imalat sistemi farklı kurallara göre çalıştığından geliştirilen simülasyon modelleri de farklı olacaktır. Bu nedenle akış diyagramları ayrı çizilecektir.

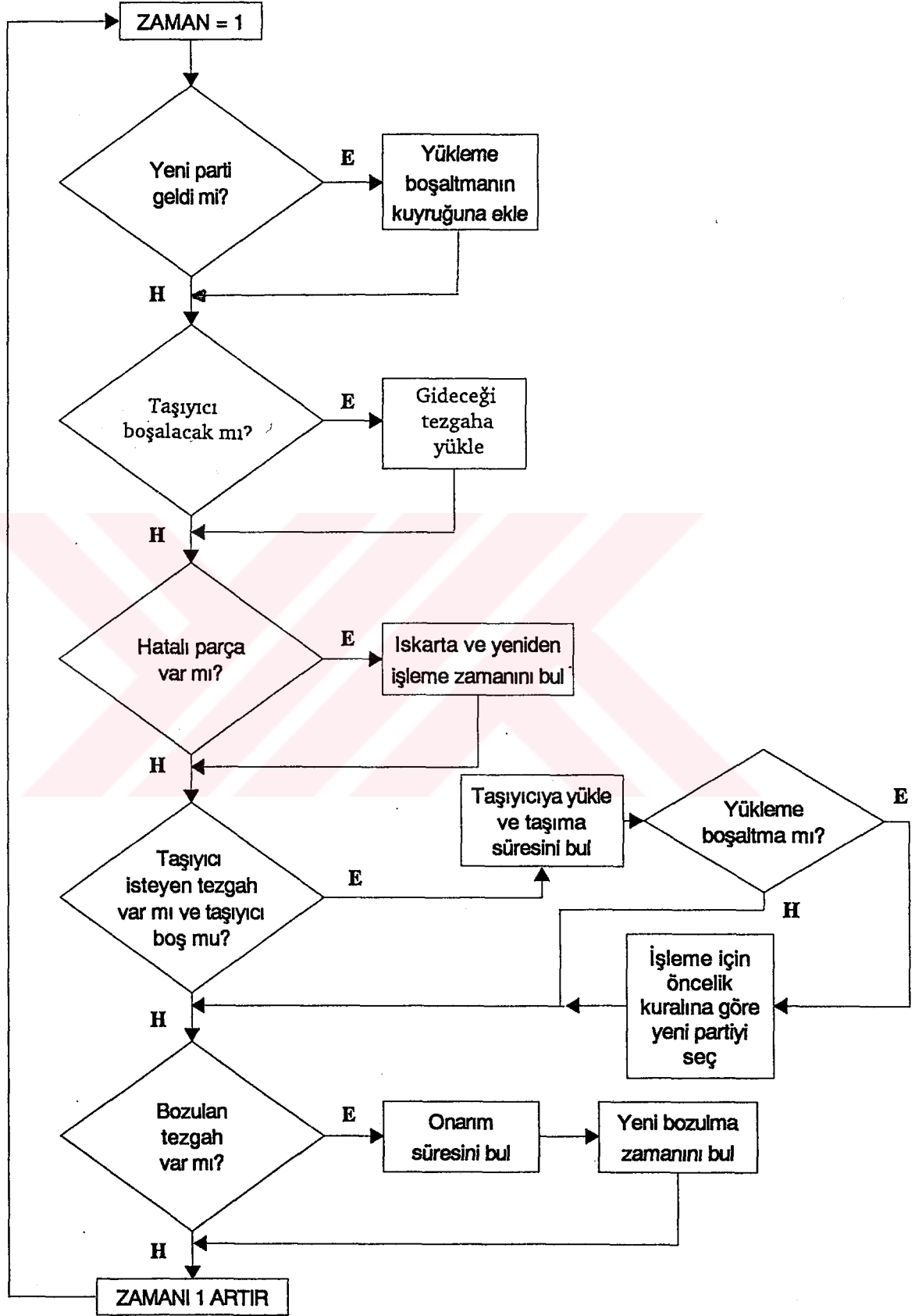
Aşağıda Klasik, Yarı Otomatik ve Esnek İmalat Sistemi için zamana bağlı olarak hazırlanmış akış diyagramları görülmektedir.

Modellerin bilgisayar programı, imalat sistemlerinin benzetiminde sıkça kullanılan Pascal dili ile yazılmıştır. Kullanılan yazılım Borland firması tarafından üretilen Turbo Pascal 3.0 adlı yazılımdır. Pascal dili statik ve dinamik veri yapılarına izin vermekte, basit mantıksal yapısıyla çabuk öğrenilebilmektedir. Özellikle modüler yapıya sahip olması ve imalat sistemindeki faaliyet guruplarının ayrı ayrı modüllerinin oluşturularak tüm programa ulaşılması, programın yazılım aşamasında büyük yarar sağlamaktadır.

Geliştirilen simülasyon modeli aşağıdaki modüllerden oluşmaktadır.

- Veri girişi
 - Ürün ve partilerle ilgili verilerin girişi
 - Tezgahlarla ilgili verilerin girişi

Şekil 4-2. Klasik ve Yarı Otomatik İmalat Sistemi Akış Şeması.



Şekil 4-3. Esnek İmalat Sistemi Akış Şeması.

- Veri İşleme
 - Ürün ve partilerle ilgili verilerin işlenmesi
 - Tezgahlarla ilgili verilerin işlenmesi
 - İstatistiksel dağılımlar
 - Başlangıç değerlerini atama
- Benzetim aşaması
 - Onarım zamanlarının atanması
 - Yeni bozulma zamanlarının atanması
 - Tezgaha yeni iş atama
 - Öncelik seçimi
 - Biten işleri yeni tezgahlara atama
 - Taşıyıcı yükleme (Esnek imalat sistemleri için)
 - Taşıyıcı boşaltma (Esnek imalat sistemleri için)
- Sonuç verileri
 - Ürünlerle ilgili sonuç verileri
 - Tezgahlarla ilgili sonuç verileri

Veri Girişi

Sistemin çalışması için gerekli olan verilerin girişi aşamasında, önce ürün ve partilerle ilgili verilerin girişi yapılır. Bunlar :

- Ürün çeşidi
- Ürünlerin tanımları
- Ürünlerin talepleri
- Ürünlerin parti hacimleri
- Ürünlerin teslim zamanları
- Ürünlerin gelişler arası sürelerinin dağılımı
- Ürünlerin gelişler arası sürelerinin ortalaması
- Ürünlerin gelişler arası sürelerinin standart sapması
- Ürünlerin geçtikleri operasyon sayısı
- Ürünlerin geçtikleri operasyonların çeşitleri (bir ürün aynı operasyondan birçok kez geçebilir)

- Ürünlerin geçtikleri operasyonların süreleri
- Ürünlerin geçtikleri operasyonlardaki ıskarta olasılığı
- Ürünlerin geçtikleri operasyonlardaki yeniden işleme olasılığı
- Ürünlerin geçtikleri operasyonlardaki hazırlık süreleri
- Ürünlerin geçtikleri operasyonlardaki kontrol süreleri
- Ürünlerin geçtikleri operasyonlardaki bağlama çözme süreleri

Bu verilerden sonra bu kez de tezgahlarla ilgili verilerin girişi yapılır. Bu veriler de şunlardır :

- Tezgah çeşitleri
- Tezgah tanımları
- Tezgahların sayıları (aynı tür tezgah için)
- Tezgahların bozulmalar arası sürelerinin dağılımı
- Tezgahların bozulmalar arası sürelerinin ortalaması
- Tezgahların bozulmalar arası sürelerinin standart sapması
- Tezgahların onarım sürelerinin dağılımı
- Tezgahların onarım sürelerinin ortalaması
- Tezgahların onarım sürelerinin standart sapması
- Tezgahlar arası taşıma süreleri
- Tezgahlarda uygulanacak öncelik kuralı

Veri İşleme

Bu modülde program çalışmaya başlamasından önce hesaplanması gereken değerler hesaplanır. Bu değerler,

- Ürünlerin parti sayıları,
- Ürünlerinin ilk partilerinin geliş zamanları,
- Tezgahların ilk bozulma zamanlarıdır.

Ayrıca program çalışmaya başlamadan önce sıfırlanması gereken değerler sıfırlanır ve böylece programın giriş verileri hazırlanmış olur. Bu modülde ürün geliş zamanlarını, tezgah bozulma

ve üretim sürelerini, dağılımlarına uygun olarak bulmamızı sağlayacak istatistiksel dağılımlar için alt modüller de bulunmaktadır.

Benzetim Aşaması

Bu aşamada bozulma zamanı gelen tezgahların onarım süreleri bulunurken, bir daha ne zaman bozulacağı belirlenir. İş bekleyen tezgahlara önceliğe göre yeni işler atanır. İş biten tezgahlardan işler alınır ve bu işler yeni tezgahlara gönderilir. Esnek imalat sistemleri için taşıyıcı kontrol edilir. Bu aşamada yukarıda adı geçen tüm değerlere ek olarak aşağıdaki değerler de kullanılır :

- Sistemin çalışma zamanı,
- Ürünün sistem içindeki parti sayısı,
- Ürünün sistem içinden çıkan parti sayısı,
- Ürünlerin partilerinin görmekte olduğu işlemlerinin numarası,
- Tezgahtaki kuyruk uzunluğu,
- Tezgahta o ana kadar gerçekleşmiş maksimum kuyruk uzunluğu,
- Tezgahta o andaki iş yükü,
- Tezgahtaki işin biteceği zaman,
- Tezgahta parça olup olmadığını kontrol eden değer,
- Tezgahtan en son çıkan parça,
- Taşıyıcı üstünde parça olup olmadığını kontrol eden değer,
- Taşıyıcının parçayı bir başka tezgaha götürme süresi.

Sonuç Verileri

Sistemin benzetim süreci sonunda elde ettiği verilerin gösterildiği aşamasıdır. Bu aşamadaki operasyonel parametreler aşağıda görülmektedir.

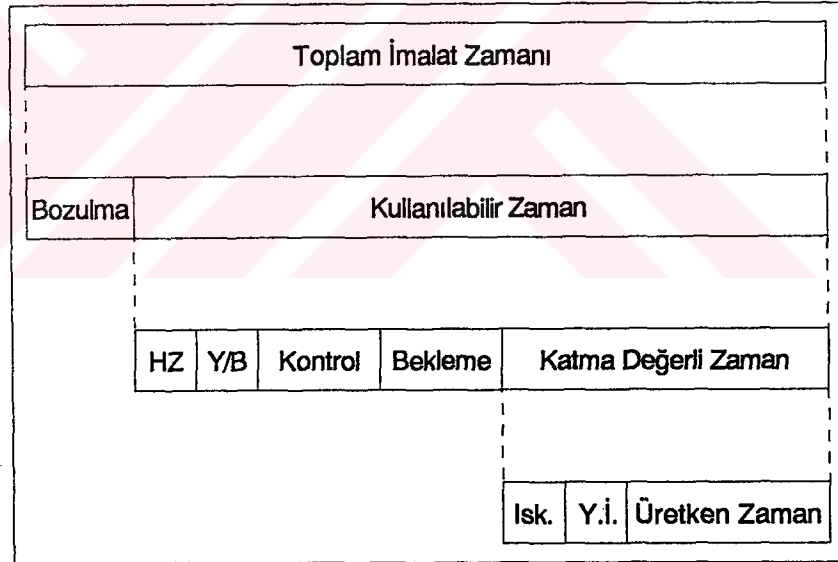
- Her ürün ve tezgah için toplam işleme süreleri,
- Her ürün ve tezgah için toplam hazırlık süreleri,
- Her ürün ve tezgah için toplam ıskarta süreleri,
- Her ürün ve tezgah için toplam yeniden işleme süreleri,
- Her ürün ve tezgah için toplam bağlama çözme süreleri,
- Her ürün ve tezgah için toplam kontrol süreleri

- Her tezgahın toplam bozulma ve boşa bekleme süreleri,
- Sistemin çalışma süreci boyunca oluşan ortalama üretim içi envanter miktarı.

Bu parametre değerleri simülasyon modelinin çalıştırılmasından elde edilir ve ortalama değerleri operasyonel performans modelinde kullanılır. Ortalama değerler $n = Z^2 * (\sigma' / \bar{x})^2 / (x - \bar{x})^2$ den elde edilen simülasyon deneme sayısına bağlıdır. n deneyin sonuçlarının ortalaması bu parametrelerin ortalama değerleridir.

4.4.1.3. Operasyonel Performans Ölçütleri

Çeşitli firma stratejilerinin model üzerinde denenmesinde ve göreceli olarak karşılaştırılmasında imalat sistemi davranışlarını yansıtan değerlendirme ölçütleri kullanılmaktadır. Bu ölçütlerin ve değerlerinin bulunabilmesi için atelyedeki faaliyetlerin aşağıdaki gibi detaylı analizi gerekir.



Şekil 4-4. Toplam İmalat Zamanının Faaliyetlere Göre Dağılımı

Yukarıdaki şekilden görüleceği üzere imalat sırasında harcanan zaman, katma değerli ve katma değersiz olmak üzere ikiye ayrılabilir. Katma değerli zamanda, parçaya hiç bir değer yüklenmez, dolayısıyla parça nitelikleri değişmez. Ancak bu zaman içerisinde yapılan faaliyetler firma aç-

sından bir kayıptır. Reeve (1990)'e göre katma değersiz faaliyetlere harcanan zamanın müşteri gözünde hiç bir değeri yoktur. Çünkü parçanın taşınması, kontrolü, hazırlanması, beklemesi müşteri açısından hiç bir katma değer oluşturmayıp, mamul maliyetini artırmaktadır. Bu faaliyetlerin azalması sayesinde envanter, parti hacmi, maliyet ve belirsizlikteki azalma sistemin pazar isteklerine daha hızlı uyum göstermesini sağlayacaktır.

Katma değerli faaliyetler ise parça üzerine değer katılmak için gerçekleştirilen faaliyetlerdir. Ancak hatalı mamül imali sonucu ortaya çıkan iskarta ve aynı mamulün yeniden işlenmesi, katma değerli olmasına rağmen malzeme ve zaman kaybına yol açtığından kazanç değil kayıp olarak kabul edilmelidir.

İmalat sistemi özellikle ileri teknolojiye sahipse, sistem maliyeti yüksek olduğundan iki konu ön plana çıkar. Bunlardan birincisi kapasite kullanım oranı, ikincisi ise imalat zamanıdır.

Kapasite Kullanım Oranı (KKO) : Bir tezgah (veya sistem) üzerindeki üretken zaman (operasyon zamanı) toplam imalat zamanı ile karşılaştırıldığında tezgahın (veya sistemin) ne kadar etkin kullanıldığı hakkında fikir verir. İdeal halde kayıplar sifıra yaklaşacağından KKO % 100'e yaklaşır. Bu oranın özellikle pahalı sistemlerde yüksek tutulması istenir (Avonts ve diğ., 1988).

$$KKO = \frac{\text{Operasyon Zamanı}}{BZ + HZ + YBZ + KZ + AZ + IZ + YİZ + OZ}$$

KKO : Kapasite kullanım oranı

BZ : Bozuk bekleme zamanı

HZ : Hazırlık zamanı

YBZ : Yükleme - Boşaltma zamanı

KZ : Kontrol zamanı (sayma, kaydetme, örnekleme, ölçme faaliyetlerinden kaynaklanır)

AZ : Atıl (bekleme) zaman (talep olmaması ve parça taşınmasından kaynaklanır)

IZ : Iskarta zamanı

YİZ : Yeniden işleme zamanı

OZ : Operasyon zamanı

Kayıp Zaman Oranı (KZO) : Bu ölçütte imalat sistemi içerisinde parça işlenmesi için zorunlu olarak yapılan faaliyetler atıl zamandan bağımsız olarak karşılaştırılır. Burada yeterli talep sağlamakla görevli organizasyonun değil bir parçanın işlenmesi için zorunlu olarak yapılması gereken

faaliyetlerin durumu söz konusudur. Bu değer katma değersiz faaliyetlerin varlığı ve önem dereceleri hakkında yönetime bilgi verir. Kayıpların azaltılması sistemin atıl kalmasına yol açsa dahi, katma değersiz faaliyetlerde bir kaynak kaybı söz konusu olduğundan maliyet unsuru niteliği taşır.

$$KZO = \frac{BZ + HZ + YBZ + KZ + IZ + YİZ}{\text{Toplam İmalat Zamanı}}$$

Yukarıdaki ifadeden de görüleceği üzere KKO'nın 1'e yaklaşması talebinin tersine, KZO'nun 1'den uzaklaşıp 0'a yaklaşması dolayısıyla bir kapasite boşluğu yaratarak yönetimi talebi artırma konusunda uyarması, planlamayı ise kaynak kaybı konusunda uyarması istenir (Huang, Sakurai, 1990).

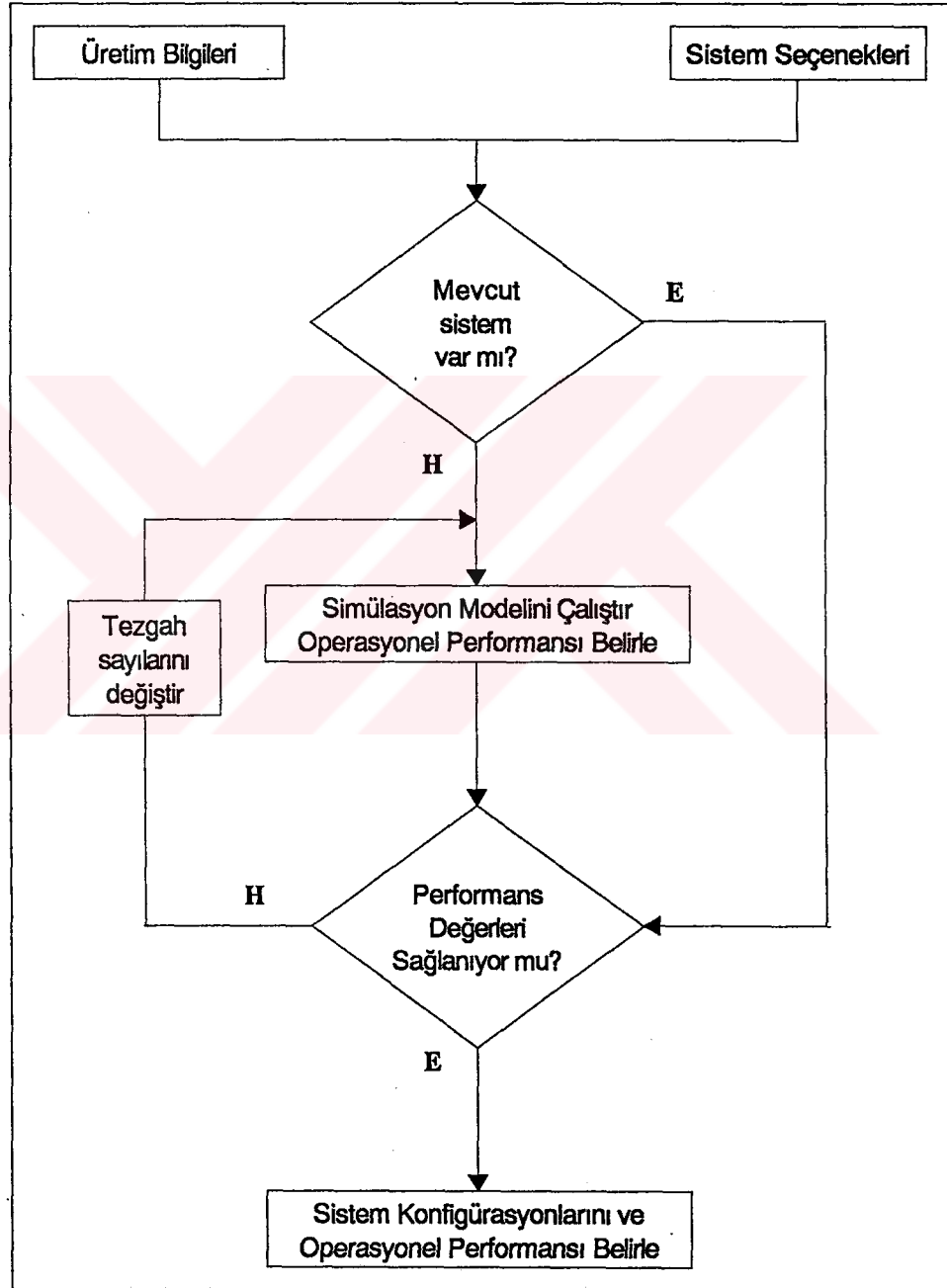
İmalat Zamanı : Esnekliğin en iyi ölçütlerinden biri sistemin imalat zamanına gösterdiği duyarlılıktır. Firma tarafından, toplam imalat zamanıyla katma değerli faaliyet zamanı arasındaki farkın olabildiğince azaltılması istenir. Bu sayede hem pazar isteklerine daha çabuk cevap verilebileceği hem de birim maliyetin düşeceği kabul edilir (Reeve, 1990).

Üretim İçi Envanter (ÜİE) : Bu değer fiziksel imalat alanı içinde kuyruklarda, ara stoklarda ve tezgah üzerlerinde bulunan iş parçası miktarını gösterir. Bu değer fiziksel alan sıralaması nedeniyle düşük tutulması gerekir. Buna ilaveten, üretim içi envantere sermaye bağlanması gerektiğinden yönetim tarafından arzu edilmez. Çünkü bu sermaye atıl kaldığından bir fırsat maliyeti oluşur. Özellikle hammadde maliyeti yüksek parçalarda bu maliyet yüksek değerlere ulaşır.

Yukarıdaki operasyonel performans ölçütleri oluşturan elemanlar yatırım kararında sistem konfigürasyonunun oluşturulmasında çok önemli rol oynarlar. Owen (1991)'e göre imalat sistemi seçiminde maliyetler üzerinde olduğu kadar maliyetlere doğrudan etki eden faktörler üzerinde de durmak gerekir. Yatırımın getirilerini gözönüne alarak mevcut maliyet yapısının oluşturacağı tablo tek başına yeterli olamaz. Çünkü ileride örneğin üretim hacmi değiştiğinde maliyetin değişmesini veya sabit kalmasını, maliyeti doğuran faktörlerdeki değişim sağlar. Dolayısıyla ÜİE, KKO gibi faktörlerinde yatırım aşamasında gözönünde bulundurulması gerekir.

Seçilen sistemin teknolojik seviyeleri, yukarıdaki performans değerlerini bu değerleri oluşturan elemanları etkileyerek değiştirir. İmalat sırasında katma değersiz faaliyetlerin azaltılması, ortadan kaldırılması veya operasyon faaliyetinden bağımsız (off line) gerçekleştirilmesi istenir. Örneğin EİS'nde hazırlık zamanı bilgisayar, otomatik parça ve takım yükleme mekanizmaları sayesinde ihmal

edilebilir düzeydedir. Kontrol işlemi operasyon anında tezgah tarafından yapılabilmektedir. Taşıma-
dan dolayı beklemenin zorunluluğu son zamanlarda tezgah üzerine konulmaya başlayan giriş ve çı-
kış stokları sayesinde (Leimkuhler, 1983) ortadan kaldırılmıştır. Yükleme ve boşaltma işlemi ise ta-
şıma gibi operasyon sırasında (off line) yapılabilmektedir. Buradan anlaşılacağı gibi ileri teknoloji
sistemler kayıpları azaltmaya yönelik sistemler olarak düşünülmelidir.



Şekil 4-5. Operasyonel Performans Modeli

Operasyonel performans modelinin ana görevi sistem konfigürasyonlarının oluşmasını sağlayarak o sistemin operasyonel performanslarını bilgi olarak diğer modellere iletmektir. Bu model, yeni bir sistem oluşturmakla birlikte eğer varsa mevcut sistemin de performans kontrolünü yapabilmektedir. Mevcut sistem olmadığı takdirde, üretim bilgileri ve klasik, yarı otomatik ve EİS'nin oluşturduğu sistem seçeneklerinden alınan bilgilerle, her tezgah çeşidine başlangıç değeri olarak 1 verilerek model çalıştırılır. Her iki durum için tezgah ve parça başına simülasyon modelinde anlatılan çıktı değerleri elde edilerek firma tarafından belirlenen aşağıdaki performans ölçütlerinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir.

- İmalat zamanı,
- Kapasite kullanım oranı,
- Kayıp zaman oranı,
- Maksimum kuyruk,
- Ortalama üretim içi envanter miktarı,
- Tezgah tür ve sayıları,
- Birim zamanda biten iş miktarı,
- Yönetimin belirleyebileceği diğer ölçütler.

Sistemlerin bu ölçütleri sağlama durumlarına göre tezgah sayıları değiştirilerek sonuç konfigürasyonuna ulaşılır. Bu işlem her üç seçenek (ve/veya yönetimin belirleyeceği örneğin klasik ve CNC tezgahların birlikte çalışacağı hibrit sistem seçeneği) için yapılır ve performans değerleri diğer modellere gönderilmek üzere saklanır.

4.4.2. Ekonomik Performans Modeli

Ekonomik performans modelinin amacı, operasyonel performans modelinden sağlanan konfigürasyon bilgileri ile sistem seçeneklerine bağlı olarak sağlanan maliyet bilgilerini kullanarak sistemlerin ayrı ayrı ekonomik performans değerlerini elde ettikten sonra stratejik performans ve karar modeline iletilmesini sağlamaktır.

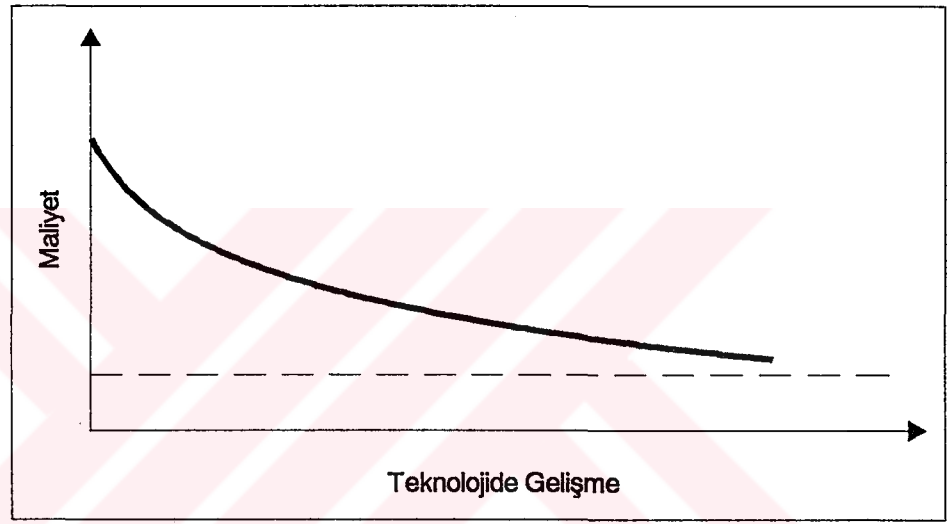
Yatırım kararının önemli diğer bir adımını oluşturan bu model aşağıdaki sırada incelenecektir ;

- İmalat Teknolojisindeki Gelişmenin Mamul Maliyetine Etkisi,
- İmalat Maliyeti,

- Ekonomik Performans Ölçütleri,
- Ekonomik Performans Modelinin Tanıtımı.

4.4.2.1. İmalat Teknolojisindeki Gelişmenin Mamul Maliyetine Etkisi,

Teknoloji ve mamuldeki gelişmenin mamul maliyetine etkisi iki şekilde incelenebilir. Bunlardan birincisi mamul performansı sabit tutulduğunda, teknolojiye gelişmenin mamul maliyetine olumlu yönde etkiğini gösteren aşağıdaki diyagramdır.

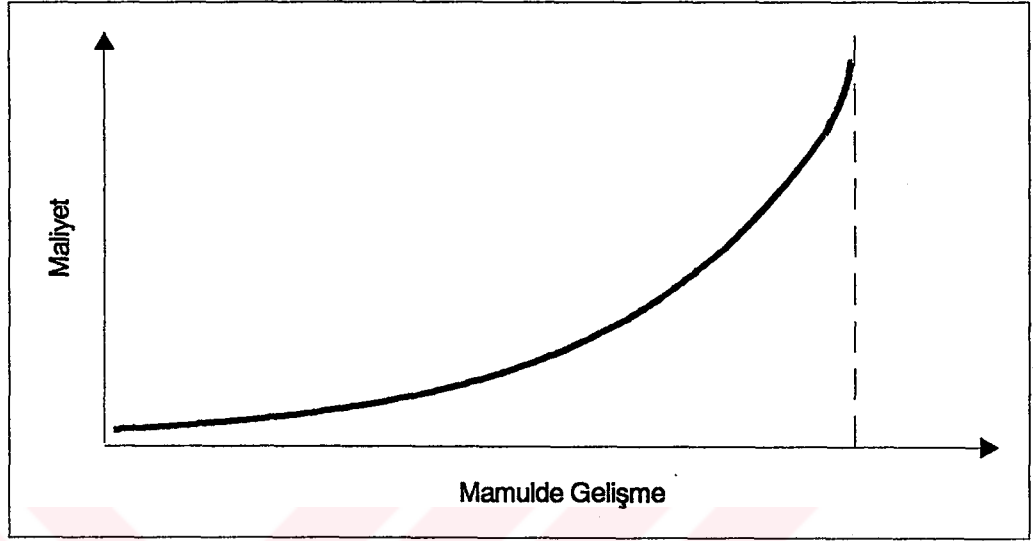


Şekil 4-6. Maliyetin İmalat Teknolojisine Bağlı Değişimi

Yukarıdaki maliyet eğrisi mamulün imali için gerekli hammadde, işgücü ve sermaye ile sınırlanmaktadır. Yani mamul performansının sabit olması durumunda, (mamulde herhangi bir değişiklik yapılmaması) teknoloji gelişimi birim maliyeti bu sınıra kadar indirebilmektedir.

İmalatın maliyete olan etkisinin diğer bir ifadesi ise aşağıdaki şekilden izlenebilir. Burada, imalatçının mamul geliştirmeye yönelik faaliyetinin imalat ekipmanında hiç bir değişiklik yapmaksızın, mamul maliyetini ne şekilde etkilediği görülmektedir.

Burada uzun dönemde, mamuldeki gelişme imalat teknolojisinin yeteneklerine bağlı olan mamul performans limiti ile sınırlanacaktır. Bu sınırdan mamul maliyeti ise en üst noktasına ulaşmış olacaktır, (Hough, 1989)



Şekil 4-7. Maliyetin Mamul Performansına Bağlı Değişimi

Yukarıdaki şekillerden anlaşılacağı üzere imalat sistemini modernize etmenin birim maliyet üzerinde açıkça görülen bir etkisi vardır. Buradan da anlaşılacağı üzere imalat sistemlerini değerlendirirken sistem özelliklerinden kaynaklanan imalat maliyetinin ve bu maliyeti oluşturan elemanların, imalat sistemleri ile bağlantılı olarak ayrı ayrı incelenmesi gerekmektedir.

4.4.2.2. İmalat Maliyeti

Mamul maliyetinin belirlenmesindeki temel amaç, mamulun satış fiyatına ulaşmaktır. Mamul satış fiyatı aşağıda gösterilen maliyet kalemlerinin toplamından oluşmaktadır.

$$\begin{aligned} \text{Satış Fiyatı} = & \text{Mamul Mühendislik Maliyeti (MM)} + \text{İmalat Maliyeti (İM)} \\ & + \text{Dolaylı İmalat Maliyeti (DİM)} + \text{Satış Maliyeti (SM)} \\ & + \text{Gelir Vergisi (GV)} + \text{Kar (K)} \end{aligned}$$

Mamul Mühendislik Maliyeti : İmalatı düşünülen mamulün imalat fikrinin doğuşundan, prototipin gerçekleşmesine kadar geçen süreçteki tüm mühendislik hizmetleri maliyetlerini kapsar.

İmalat Maliyeti : İmal edilen mamulün imalat sırasında tükettiği kaynak miktarıdır.

Dolaylı İmalat Maliyeti : İmalatla dolaylı olarak ilgili yönetim, muhasebe ve diğer idari işlerden kaynaklanan giderler, tesis, işçi taşıma, beslenme, sosyal hizmetler ve benzeri maliyetleri kapsar.

Satış Maliyeti : Satış için gerekli reklam, pazarlama, dağıtım ve benzeri faaliyetlerden kaynaklanan giderlerdir. (Dallas, 1976)

Önceki bölümlerden hatırlanacağı üzere bu çalışmanın sınırları, üretim ekipmanının bulunduğu imalat alanı ile sınırlı tutulmuştur. Diğer bir deyişle imalat atelyesi dışındaki mühendislik, satış yönetim ve benzeri faaliyetlerden kaynaklanan maliyetler çalışma kapsamı dışındadır. Dolayısıyla burada, imalat sistemlerinin birbirine göre üstünlüklerinin ölçülmesi söz konusu olduğunda yalnızca üretim ekipmanı ve mamul üretimi ile doğrudan ilgili maliyet kalemleri yani imalat maliyeti üzerinde durulacaktır. Model içerisinde diğer maliyet kalemlerine de yer verilecek, ancak bunların, her bir mamul için değerlerinin hesaplandığı ve modele dışarıdan girildiği varsayılacaktır.

Satış fiyatının en önemli parametrelerinden biri olan imalat maliyeti aşağıdaki eşitlikten elde edilir.

$$\text{İmalat Maliyeti (İM)} = \text{Direkt Malzeme (DM)} + \text{Direkt İşgücü (Dİ)} + \text{Genel Gider (GG)}$$

Direkt Malzeme: Mamul imalinde doğrudan kullanılan hammaddelerin maliyeti,

Direkt İşgücü : Atelyedeki imalat ekipmanının parça işleme fonksiyonunun gerçekleşmesini sağlayan işgücü giderleridir,

Genel Gider : İmalat içindeki direkt malzeme ve işgücü haricindeki giderleri kapsar. Herhangi bir mamul yada operasyonla doğrudan ilgili olmayıp üretilen tüm mamullere dağıtılan bir maliyet kalemidir. Örnek olarak ısı, aydınlatma, elektrik enerjisi gösterilebilir. (Miller, Vollmann, 1985)

Groover (1980)'a göre imalat sistemlerinin kıyası için kullanılan en önemli kriterlerden biri birim maliyettir. Birim maliyet Reeve (1990)'ye göre, her bir parça tarafından tüketilen kaynak miktarını temsil etmektedir ve bu çalışmada yatırım kararı için kullanılacak kriterlerden biri olarak

seçilmiştir. Her bir mamulun birim maliyetine ulaşmak için birim maliyeti oluşturan tüm maliyet kalemlerinde detaylandırmaya gidilmektedir. Birim imalat maliyetindeki genel gider değeri, amortisman, taşıma ve diğer kalemlere bölünerek hesaplanmaktadır. Bu sayede genel gider değeri hem daha hassas olarak bulunacak, hem de sistemler arası detaylanmış maliyet kalemlerinin aynı kıyasına imkan verilerek mevcut sistemin performansının tesbiti ile yatırım kararı için yeni bilgiler oluşması sağlanacaktır.

İmalat maliyeti hesaplanırken mahsurları Bölüm (2)'de anlatılan klasik maliyet muhasebesi değil aktivite bazlı maliyet planlaması (Activity based cost planning) yöntemi kullanılacaktır. Mamulün imalat sırasında imalat içindeki kaynakları (tezgah, işgücü, taşıma sistemi vb.) tüketmesi oranında katma değer kazandığı, dolayısıyla maliyetinin arttığı kabul edilmektedir. Bu sayede Owen (1991)'nında belirttiği gibi özellikle genel giderlerin mamuller üzerinde direkt işgücü veya işleme süresi yüzdesi olarak dağıtılması yerine doğrudan fiziksel aktiviteye bağlı olarak dağıtılması sağlanmaktadır. Bu konuda Kleindorfer, Partovi (1990) genel giderlerin çoğu çalışmada olduğu gibi, üretim hacminden bağımsız hesaplanmasının mahsurlu olduğunu belirterek Owen ile aynı kanıyı paylaşmaktadır. Bu yaklaşımda önemli olan, birim maliyetin gerçek işleme zamanından değil, parçanın sistem içinde kalma zamanından etkilendiğidir.

Bu tür yaklaşıma diğer bir destek de sistemin kendisinden gelmektedir. Slogy (1984)'ye göre bir parçanın veya parça ailesinin imalatında, EİS klasik imalat sistemine göre üretim sisteminin süreklilik göstermesi açısından daha kolay ve net analiz etme olanağı vermektedir. Özellikle klasik sistemde parçanın değişik operasyon gerektiren bütün işleme faaliyetinin tek bir tezgahta yapılabilmesi, gelen parçaların rassal olabilmeleri, net bir maliyet veri tabanının oluşturulmasını güçleştirir. Buna ilaveten esnek imalat sistemlerinde parçanın imalat sırasında geçirdiği aşamaların zamanları ile birlikte bilgisayarda saklanması ve sistemde direkt işgücü kavramının fonksiyonunu yitirmesi maliyetlerin hesabına hassasiyet getirmektedir.

Bu aşamada yukarıda çerçevesi çizilen esaslara göre imalat maliyeti kendini oluşturan elemanlarına diğer bir deyişle ekonomik parametrelere ayrılacak, elemanların imalat sistemlerine göre tanımları yapılarak değerlerini elde etmede kullanılan eşitlikler türetilmektedir.

İmalat Maliyeti Elemanları

Klasik, yarı otomatik ve EİS donanım özellikleri ve çalışma prensipleri bakımından farklı özelliklere sahip olduğundan klasik ve yarı otomatik sistem maliyetleri aynı eşitliklerle temsil edilirken EİS için farklı eşitlikler kullanılacaktır.

Amortisman Maliyeti

Değişik imalat sistemlerinin karşılaştırılması sırasında işleme genel giderleri açısından en önemli elemanlardan biri amortismandır. Bunun nedeni aynı zaman dilimi içinde modern tezgahların klasik tezgahlara göre daha yüksek ilk yatırıma sahip olması nedeniyle, eğer kapasite kullanım oranı yüksek değilse oldukça yüksek amortisman maliyetine sahip olacaktır.

Farklı imalat sistemleri için amortisman hesabı aynıdır ve değeri ilk yatırım maliyeti, ekipman ömrü ve çalışma saatinin bir fonksiyonudur. Ancak belirli bir t zamanı için bir amortisman maliyeti söz konusuysa, bu t zamanında sistem ne kadar çok kullanılırsa veya ne kadar çok mamul işlenirse birim mamul başına düşecek amortisman maliyeti o kadar düşük olacaktır. Diğer bir deyişle ekipmanın ömrünün firma politikası olarak, çalışma saatinin ise kanunlarla düzenlendiği kabul edilirse, aşağıdaki eşitlikten de görüleceği üzere amortisman maliyetinin vardiya sayısı ve kullanım oranının artmasıyla düşeceği söylenebilir.

Bununla beraber sayısal kontrollü tezgahlarda kontrol sorumluluğunun operatörden tezgaha geçmesi, uygun çalışma planlaması ve çizelgeleme sayesinde azalan hazırlık zamanları, artan işleme hızları, otomatik ve hassas operasyonlar sayesinde bölüm (4)' te de anlatıldığı üzere sistem kullanım oranı artmaktadır. Ancak her ne kadar bu sistemler birim maliyeti düşürmeye yönelik özelliklere sahiplerse de yüksek ilk yatırım maliyeti ve düşük KKO'nın birim maliyeti artırmaya yönelik olabileceği gözönünde tutulmalıdır. (Wang, 1976)

Esnek imalat sisteminin ömrü açısından henüz güvenilir nitelikte veri yoktur. Ancak hesaplamalar sırasında yarı otomatik ve klasik sistem gibi, genellikle 10 yıl alınmaktadır. Klasik ve yarı otomatik sistem genellikle iki vardiya olarak çalışmaktayken EİS 24 saat çalışma potansiyeline sahiptir. Bu aşamada diğer önemli bir nokta da, EİS'nin çalışmasındaki süreklilik ve operatörden bağımsızlığın kesikli çalışan sistemlere göre daha az yıpratıcı olduğudur.

EİS'nde amortisman maliyeti hesaplanması gereken malzeme taşıma sistemi ve merkezi bilgisayar (DNC) amortisman ifadeleri de burada yer alacaktır.

$$C_{a,i}(p) (KİS, YİS, EİS) = \sum_{t=1}^{\bar{T}} \frac{C_i - H_i}{\ddot{O}_i} \times [OZ(p,t) + YİZ(p,t) + İZ(p,t)]$$

$$C_{a,MTS}(p) (EİS) = \frac{C_{MTS} - H_{MTS}}{\ddot{O}_{MTS}} \times TTZ(p)$$

$$C_{a,DNC}(p) (EİS) = \frac{\sum_{t=1}^{\bar{T}} OZ(p,t) + TTZ(p)}{\sum_{p=1}^{\bar{P}} \sum_{t=1}^{\bar{T}} OZ(p,t) + \sum_{p=1}^{\bar{P}} TTZ(p)} \times \frac{C_{DNC} - H_{DNC}}{\ddot{O}_{DNC}} \times İZ$$

İşgücü Maliyeti

İşgücü maliyeti yasal düzenlemeler çerçevesinde vasıf, sosyal olanaklar, sigorta, vergi, normal/fazla mesai, ikramiye, prim, eğitim ve benzeri maliyet elemanlarından oluşur (Kulatilika, 1984). Sistemde çalışan işçilerin vasıf seviyeleri, çalıştıkları alanlar, sermaye maliyetinin düşürülmesi amacıyla çalışma süresinin vardiyalar yoluyla artırılması, çalışanlar için işyerinin, işçinin rahat çalışabilmesi amacıyla düzenlenmesi ve teçhizatlandırılması işgücü maliyetine etki eden diğer unsurları oluşturmaktadır (Mitchell, Townsend, 1981).

Klasik sistemde genellikle tezgah başına bir operatör düşerken sayısal kontrollü tezgahlarda bir operatör birden fazla tezgahı (YİS'de 2,5 CNC, EİS'nde 4 tezgah) idare edebilmektedir. Ancak parça işleme zamanı, parça özellikleri, tezgah kapasite kullanım oranı bu değerler üzerinde belirleyici bir ölçü olmaktadır. (Wang, 1976)

Esnek imalat sistemlerinde klasik sistemlerdeki tezgah ve operatör çalışma saatleri ile sayıları arasındaki doğrusal ilişki geçerli değildir. Bazı uygulamalarda operatörsüz vardiyaların yürütül-
düğü görülmektedir.

EİS'nde operatör ve tezgah çalışma saatleri arasındaki ilişki önemini yitirdiğinden direkt ve indirekt işgücü arasındaki fark da önemini kaybeder. Yükleme-boşaltma, takımları yerleştirme, sis-

tem bakımı, program kontrolü ve benzeri işlerin operatörler tarafından yapıldığı uygulamalara rastlanmaktadır. (Primrose, Leonard, 1985)

Maliyet hesaplaması, klasik sistemde bir işçinin ücreti, başında bulunduğu tezgahın çalışma saatine veya çıktısına bağlı olarak yapıldığından kolaydır. Modern imalatla operatör birden fazla tezgahı idare eder yani çok fonksiyonludur. Herbir tezgahın çalışma saati, çıktısı veya çalışma gideri farklı ve ölçülmesi güç olabileceğinden fonksiyon olarak indirekt bir konumdadır. Operatörler, problem çözmeye tezgah çalıştırmaktan daha fazla zaman ayırmaktadır (Son, 1991b). Bununla paralel olarak otomasyon seviyesi artmasıyla iş gücünün toplam maliyet içersindeki payının azalması toplam maliyet tahmininde genel gider ve diğer maliyet faktörlerinin işçilik maliyeti üzerinden hesaplanması artık uygun görülmemektedir. Çünkü direkt işgücü maliyeti azaldıkça işgücü saatinde yapılacak hatalı tahminin diğer maliyetleri hesaplamak amacıyla, bu değer kullanılması sonucu genel maliyete olan etkisi artacaktır. Dolayısıyla maliyet tahminindeki direkt işgücü ve malzeme üzerindeki yoğunlaşma indirekt maliyetler üzerine kaymak durumundadır. (Hough, 1989)

Sistemler için işgücü maliyeti aşağıda gösterilmektedir,

$$C_i(p) (Kis, Yis) = \frac{\sum_{t=1}^T OZ(p,t) + Yiz(p,t) + IZ(p,t) + HZ(p,t) + KZ(p,t) + Y/B(p,t)}{\sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T OZ(p,t) + Yiz(p,t) + IZ(p,t) + HZ(p,t) + KZ(p,t) + Y/B(p,t)} \times N_{adam} \times C_{adam} \times iz$$
$$C_i(p) (Eis) = \frac{[(\sum_{t=1}^T OZ(p,t) + Yiz(p,t) + IZ(p,t)) + TTZ(p)] \times N_{adam} \times C_{adam} \times iz}{[\sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T OZ(p,t) + Yiz(p,t) + IZ(p,t)] + \sum_{p=1}^P TTZ(p)} + TY/BZ(p) \times N_{adam} \times C_{adam} \times iz$$

Kontrol Maliyeti

Kalite dört ayrı sınıfta incelenebilir.

- A- Dizayn Kalitesi : Mamulün müşteri ihtiyaçlarını karşılama şeklidir.
- Performans : Mamulün çalışma karakteristikleri,
 - Özellikler : Mamul fonksiyonunu destekleyen ikincil karakteristikler,
 - Güvenilirlik : Bir zaman diliminde mamulün fonksiyonunu yerine getiremeye olasılığı,

- Dayanıklılık : Fiziksel bozulmadan önceki kullanım,
- Estetik : Dış görünüş.
- B- Konformans : Mamulün dizayn ve operasyonel karakteristiklerinin belirlenen standartlara uygunluğudur.
- C- Servis : Onarım niteliğidir.
- D- Kabul edilen kalite : Mamulün yukarıda belirtilenlerle birlikte marka, tanıtım ve imajına bağlı olarak müşteri tarafından değerlendirilmesidir.

Kleindorfer, Partovi (1990)'nin yukarıdaki kaliteyi tüm boyutlarıyla incelemesi, kalitede imalat dışında başka faktörlerin de etkili olduğunu göstermektedir. Ancak bu çalışmanın sınırları imalatın fiziksel alanı ile çizildiğinden konuyla ilgili maliyet kalite maliyeti olarak değil, kontrol maliyeti olarak adlandırılmıştır. Diğer bir deyişle, Park, Son (1988)'in kalite maliyeti tanımında yer alan kalite sisteminin kurulması, garanti, taşıma ve diğer maliyetlerle ilgilenilmeyecek yalnızca imalat içi kontrol ve takip eden bölümde parça yeniden işleme ve iskarta maliyeti inceleme kapsamını oluşturacaktır.

Kontrol maliyeti, kullanılan tezgah türüne ve üretilen parçaya göre değişir. Üretimine yeni başlanan partinin ilk veya ilk bir kaç parçası standartlara uygunluk kontrolüne tabi tutulur. İşlenen parça miktarını sayma ve bilgileri kayda geçirmede kontrol işleminin bir parçasıdır. (Klahorst, 1983)

CNC tezgahlar ve işleme merkezlerinde genellikle geometrik parametrelerin ölçümünü sağlayan koordinat ölçüm mekanizması ve programı mevcuttur. Mevcut olmadığı durumda ise tezgahın çalışması esnasında kontrol mümkün olabilmektedir. (Coleman, 1990)

EİS'nde kullanılan koordinat ölçme tezgahları ise sistemin tasarımına göre, parça taşıma sistemine bağlı olarak bilgisayar kontrolü altında kullanılabilirler. Parçalar genellikle örnekleme yoluyla kontrol tezgahına gönderilir. Tezgah bilgisayar sistem bilgisayarı ile ilişkiye geçip kontrol için gönderilen parça ile ilgili verileri alıp ölçümleri yaptıktan sonra kontrol sonuçlarını geri bildirir. (Redmond, 1983) Otomatik parça kontrolü olmadan EİS'in getirilerinden tam olarak yararlanmak mümkün değildir. Çünkü kontrol için sistem hızının azaltılması, ekipmanların periyodik olarak durdurulması, kontrol ve depolama için yer tahsis sistemi etkin kullanımını engelleyici rol oynar (Golomski, 1990).

Aşağıda kontrol maliyetinin hesaplanmasındaki ifadeler gösterilmektedir.

$$C_k(p) (KİS, YİS) = TKZ (p) \times C_{kontrol}$$

$$C_k(p) (EİS) = TKZ (p) \times C_{kontrol}$$

İskarta ve Parça Yeniden İşleme Maliyeti

İmal edilen parçanın istenen standartlara uygun olmaması dolayısıyla parça ıskartaya ayrılabilir veya yeniden işlenebilir. Yeniden işlenecek parça genellikle aynı tezgahta işlenir. Ancak bazı EİS uygulamalarında sistemin çalışma düzenini bozmaması için sistem dışında klasik tezgahlarda yapıldığı da görülmektedir. (Primrose, Leonard, 1985b)

Mamulde hata hem parça yüklemesi hem de işleme sırasında oluşabilir. Sayısal kontrollü tezgahlarda malzeme veya döküm hatası gibi hammaddenin kendisinden kaynaklanan hata olmadıkça, yükleme sırasında ıskarta meydana gelmez (Scotcher, 1985). İmalat aşamasında parça klasik sisteme göre daha az katma değersiz faaliyete maruz kaldığından ıskarta ve yeniden işleme olasılığı son derece düşüktür. Ancak takım aşınması veya yanlış yüklemeden dolayı klasik ve CNC tezgahta hata olabilmesine karşın yüklemenin otomatik olarak yapıldığı takım aşınması gibi hataların optik cihazlarla anında kontrolünün sağlandığı EİS dahilinde çalışan CNC tezgahlar ve İM'nde ıskarta yok denecek kadar azdır ve ihmal edilebilir. (Coleman, 1990)

İskarta ve yeniden işlemenin, sistemde üretkenlik azalması, malzeme kaybı, enerji ve üretken olmayan takım aşınmasına ve ayrıca ilave idari ve taşıma yüküne neden olması dolayısıyla olumsuz bir etkisi vardır. Bu etki hesaplarda iki şekilde işlenmektedir. Birincisi malzeme kaybı ki bu etki malzeme maliyetinde işlenecektir, ikincisi sistem kaynaklarını tüketme bu da her bir kaynak maliyetinin içerisinde ve fırsat maliyeti kısmında işlenmektedir.

Malzeme Maliyeti

Mamul için gerekli hammadde ile ıskarta miktarının bir fonksiyonudur ve aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir;

$$C_m(p) (KİS, YİS) = (Talep (p) + İskarta(p)) \times C_{malzeme}$$

$$C_m(p) (EİS) = (Talep (p) + İskarta(p)) \times C_{malzeme}$$

Alan Maliyeti

Alan maliyeti üretim içi envanter, tezgah, malzeme taşıma sistemi, bilgisayar ve diğer ekipmanların boyut ve sayılarının bir fonksiyonudur. Maliyet eşitlikleri aşağıda görülmektedir.

$$C_a(p)(Kis, Yis) = \frac{\left[\sum_{t=1}^T OZ(p, t) + YiZ(p, t) + IZ(p, t) + HZ(p, t) + KZ(p, t) + Y/BZ(p, t) \right] + TTZ(p)}{\left[\sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T OZ(p, t) + YiZ(p, t) + IZ(p, t) + HZ(p, t) + KZ(p, t) + Y/BZ(p, t) \right] + \sum_{p=1}^P TTZ(p)} + TA \times C_{alan} \times \dot{I}Z$$
$$C_a(p)(Eis) = \frac{\left[\sum_{t=1}^T OZ(p, t) + Yi(p, t) + IZ(p, t) + Y/BZ(p, t) \right] + TTZ(p)}{\left[\sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T OZ(p, t) + Yi(p, t) + IZ(p, t) + Y/BZ(p, t) \right] + \sum_{p=1}^P TTZ(p)} + TA \times C_{alan} \times \dot{I}Z$$

Bakım Maliyeti

Bakım maliyeti bozulma periyodu, koruyucu bakım programı, ekipmanın karakteristikleri ve sistemdeki tezgah sayısına göre değişir.

EİS'nde bakım maliyetinin, sistemin daha karmaşık ve KKO'nın daha yüksek olması dolayısıyla klasik sisteme göre daha yüksek olması beklenir. Diğer yandan bu sistem kendisini sürekli kontrol etmektedir. Bir tezgah arızası durumunda teknik olanaklar elverdiği ölçüde işlenecek parçanın rotası değiştirilebilir (rota esnekliği) ve sistem sürekli çalışmaya devam eder. Bu arada tezgahın onarımı da yapılır. (Salomon, Biegel, 1984) Yüksek sermaye maliyeti, ekipmanın sürekli kullanımını gerekli kılar. Özellikle iki ya da üç vardiya çalışan sistemler başta olmak üzere genelde planlı bakım hafta sonları yapılmaktadır. Ekipman kullanım oranının imalat yönetimi için üretim programının ve mamul teslim zamanının karşılanabilmesi açısından anahtar rol oynadığı söylenebilir (Badiru, 1990).

Bakım maliyetinin düşmesi için onarım sürelerinin kısaltılması, arızalararası sürenin ise büyütülmesi gerekir. Ancak sistem karmaşıklığı, rota esnekliği, ekipman güvenilirliği, yatırım sermayesi ve kayıp üretim zamanı maliyeti arasında bir ödünleşme (trade off) olduğu gözönünde tutulmalıdır.

Ekipman onarımı için gereken zaman aşağıdaki gibi sınıflanabilir.

- 1- Arızayı bulmak için geçen süre,
- 2- İlgili bakım görevlisini bulmak için geçen süre,
- 3- Arıza nedenlerini ortaya çıkarmak için geçen süre,
- 4- Arıza onarımı için geçen süre,
- 5- Tezgahın test edilip yeniden üretime başlaması için geçen süre.(Leimkuhler ve diğ.1983)

Bakım maliyeti aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$C_b(p) (KİS, YİS) = \frac{\sum_{t=1}^T OZ(p,t) + YİZ(p,t) + IZ(p,t)}{\sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T OZ(p,t) + YİZ(p,t) + IZ(p,t)} \times C_{bakım} \times İZ$$

$$C_b(p) (EİS) = \frac{\sum_{t=1}^T OZ(p,t) + YİZ(p,t) + IZ(p,t)}{\sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T OZ(p,t) + YİZ(p,t) + IZ(p,t)} \times C_{bakım1} \times İZ + TTZ(p) \times C_{bakım2}$$

Takım Maliyeti

İşleme esnasında takım sürtünmeden dolayı aşınır ve kesici taraftaki açılarının bozulması sonucu görev yapmaz hale gelir. Bu durumda takımın değiştirilmesi gerekir. Bu süre çalışma koşulları, takımın yapıldığı ve işlendiği malzemeye bağlı olarak değişir (Son, 1991b).

Takım maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır;

$$C_{tak}(p) (KİS, YİS, EİS) = \sum_{t=1}^T \frac{C_{tak}(t)}{\bar{O}} \times [OZ(p,t) + YİZ(p,t) + IZ(p,t)]$$

Tertibat Maliyeti

Tertibatın hazırlık zamanının kısa tutulması ve mümkün olduğu kadar fazla parçada kullanılması istenir. Bu istek, karmaşık dolayısıyla pahalı tertibatları göndeme getirir. Ancak parti hacimlerindeki küçülmeyi ekonomik hale getirmek amacıyla modern tezgahlar için hazırlık zamanını küçültecek niteliklere sahip esnek tertibatlar geliştirilmiştir (Son, Park, 1990).

Finansal değerlendirmede, tertibatın amortismanının hesabının söz konusu olduğu ifade aşağıda görölmektedir.

$$C_{\text{ter}}(p) (KİS, YİS, EİS) = \sum_{t=1}^{\bar{T}} \frac{C_{\text{ter}}(t)}{\bar{O}} \times [OZ(p,t) + YİZ(p,t) + İZ(p,t)]$$

Programlama Maliyeti

Programlama maliyeti yeni parça üretimi, parça geometrisinin karmaşıklığı, operasyon sayısı, parti hacmi ve sistem niteliklerine bağlı olup programcı maliyeti ile belirlenir (Suresh, 1990). EİS' de sistem yazılımının satınalma maliyeti genellikle donanımın maliyetinin içindedir. Esas maliyet, yazılımın güncelleştirilmesi ve imalata uygun olarak çalıştırılmasından kaynaklanır (Son, 1991b).

Programlama işi imalat teknolojisinden anlayan takım ve kesme koşulları hakkında bilgisi olan vasıflı kişiler tarafından yapılır. İşletmenin minimum maliyette ve hassas gerçekleştirilmesi programcının yüksek vasıflı olmasını gerektirir ki bu da programlama maliyetini yükseltir. (Scother, 1985)

Programlama maliyeti yalnızca YİS ve EİS için geçerlidir ve aşağıda gösterilmektedir;

$$C_p(p) (YİS, EİS) = \frac{\left[\sum_{t=1}^{\bar{T}} OZ(p,t) + YİZ(p,t) + İZ(p,t) \right] + TTZ(p)}{\left[\sum_{p=1}^{\bar{P}} \sum_{t=1}^{\bar{T}} OZ(p,t) + YİZ(p,t) + İZ(p,t) \right] + \sum_{p=1}^{\bar{P}} TTZ(p)} \times C_p \times İZ$$

Üretim İçi Envanter (ÜİE) Maliyeti

Hutchinson (1984)'a göre ÜİE maliyeti, pekçok imalatçı için direkt işgücü maliyetinden sonra en büyük değeri oluşturur. Dolayısıyla bu değerin düşük tutulmasına yönelik yoğun çalışmalar yapılmaktadır.

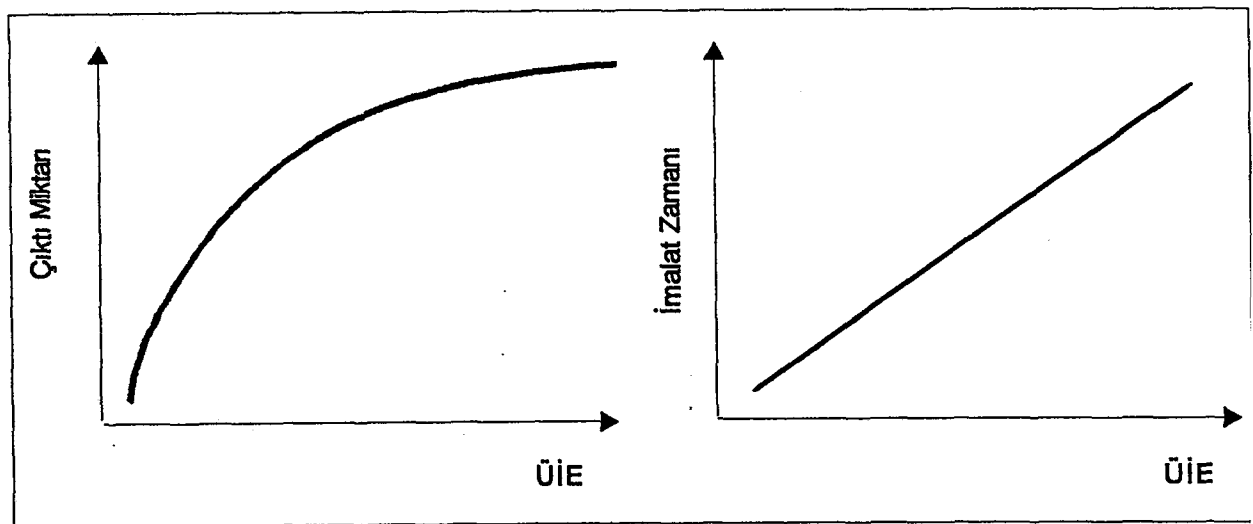
Üretim içi envanter sisteme giriş yapmış, taşınan, kuyrukta bekleyen ve işlenmekte olan yani sistemden çıkış yapmamış tüm iş parçalarının oluşturduğu miktardır. ÜİE, iki faktörden dolayı

mahsurludur. Birincisi, imalat sistemlerinde genellikle tezgahlar arası parça birikim yerleri sınırlıdır. Tezgaha gelen ve operasyonu biten parçaların oluşturdıkları kuyruk miktarları tezgahta rahat çalışmayı engellemeyecek şekilde sınırlandırılmıştır. İkinci faktör ise, ÜİE şirket sermayesinin bir kısmını kendine bağlayarak fırsat maliyeti oluşturur (Yenersoy, 1990). Özellikle parça hammaddeleri pahalı ve uzun imalat zamanı gerektiriyorsa bu büyük değerlere ulaşır.

West ve Randhawa (1990)'nın kapasite planlaması konusunda yapmış oldukları çalışmada ÜİE' in çıktı miktarı ve imalat zamanına bağlı değişimi aşağıdaki grafiklerde görülmektedir.

Birinci grafikte birim zamandaki çıktı miktarı artış hızı, sisteme giriş süresi ile zaman içinde düşer ve doyuma ulaşır. Bu noktadan itibaren girdideki herhangi bir artış ÜİE' nin artmasına yarar. Diğer grafikte ise üretim zamanı arttıkça, sistemdeki parça sayısını ve ÜİE' nin artacağı görülmektedir. Buradaki grafikler vasıtasıyla dikkatin çekilmeye çalışıldığı nokta tezgah sayısının artmasının, çıktı miktarının artması ve imalat zamanının kısalması yoluyla ÜİE' de azalma yönünde etki edeceğidir. Maliyet açısından çok önemli olan bu değerlendirme, ÜİE azaltılarak düşürülen maliyeti, sistem kapasite kullanım oranını azaltarak artan maliyet ile karşı karşıya getirmektedir, yani iki faktör arasında bir ödünleşme (Trade off) söz konusudur. West, Randhawa (1990).

İleri teknoloji ile çalışan sistemlerde, iş parçalarının katma değersiz faaliyetler için sistemde beklememesi nedeniyle her parçanın sistemden geçiş hızı daha yüksektir. Bu yapı, ÜİE' i klasik sisteme oranla daha düşük düzeyde tutar (Avonts ve diğ. , 1988).



Şekil 4-8 ÜİE' nin Çıktı Miktarı ve İmalat Zamanına Bağlı Değişimi (West, Randhawa, 1990)

ÜİE maliyeti, Groover (1980)' in çalışmasında kullandığı şekilde ifade edilecek ve formülü yeniden türetilmeyecektir;

$$C_{\text{ÜİE}}(p) (KİS, YİS, EİS) = (C_{m(p)} + \frac{C_{1(p)}}{2}) \times l \times İZ$$

$$C_{1(p)}(KİS) = C_{a,l(p)} + C_{l(p)} + C_{l(p)} + C_{lak(p)} + C_{ler(p)} + C_{a(p)} + C_{p(p)} + C_{k(p)} + C_{d(p)}$$

$$C_{1(p)}(YİS) = C_{1(p)}(KİS) + C_{p(p)}$$

$$C_{1(p)}(EİS) = C_{1(p)}(KİS) + C_{p(p)} + C_{a,MTS(p)} + C_{a(DNC)}$$

Diğer (enerji, ısıtma, ışık, temizlik vb.) Maliyetler

İmalatın gerçekleştirilebilmesi için genellikle destek maliyetleri niteliğinde kabul edilirler ve iş parçalarına sistemde kaldıkları oranda dağıtılırlar.

$$C_{d(p)}(KİS, YİS) = \frac{\left[\sum_{l=1}^T OZ(p,t) + YİZ(p,t) + İZ(p,t) + HZ(p,t) + KZ(p,t) + Y/BZ(p,t) \right] + TTZ(p)}{\left[\sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T OZ(p,t) + YİZ(p,t) + İZ(p,t) + HZ(p,t) + KZ(p,t) + Y/BZ(p,t) \right] + \sum_{p=1}^P TTZ(p)} \times C_d \times İZ$$

$$C_{d(p)}(EİS) = \frac{\left[\sum_{l=1}^T OZ(p,t) + Yİ(p,t) + İZ(p,t) + Y/B(p,t) \right] + TTZ(p)}{\left[\sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T OZ(p,t) + Yİ(p,t) + İZ(p,t) + Y/B(p,t) \right] + \sum_{p=1}^P TTZ(p)} \times C_d \times İZ$$

Hazırlık Maliyeti

Hazırlık zamanı, donanımın ve parçanın imalata hazırlanması sırasında kaybedilen zaman olarak tanımlanmaktadır. Klasik ve yarı otomatik sistemde hazırlık faaliyetleri aşağıda açıklandığı gibidir (Akkurt, 1986).

- İmalat resmi ve teknolojik bilgileri inceleme,
- İşyerini düzenleme,
- Parçayı işleme değerlerine göre tezgahın ayarlanması
- Parça ile ilgili takım ve tertibatın hazırlanması, ayarlanması, ölçülmesi,
- Parçanın yükleme ve işleme bitişinde boşaltma işleminin yapılması,
- Parça kontrolü yapılması,
- Programın tezgaha yüklenmesi (YİS için)

Esnek imalat sisteminde ise bu faaliyetler aşağıdaki gibidir (Redmond, 1983)

- Parçanın bağlı olduğu paletin yüklenmesi,
- Takımın yerleştirilmesi ve pozisyonlaması,
- Programın yüklenmesi,
- Tezgah, MTS ve kontrol sisteminde yapılacak diğer faaliyetler.

EİS' nin diğer sistemlerden farkı hazırlık faaliyetlerinin tezgah çalışırken de(off line) yapılabilir olmasıdır. Bu özellik zaten küçük zaman değeri taşıyan bu tür faaliyetleri önemsizleştirir ve bu sistemlerde hazırlık maliyeti ihmal edilebilir (Gold, 1982, Redmond, 1983). Bu ifadeden de anlaşılacağı üzere EİS' de birim maliyet parti hacminden bağımsızdır denilebilir. Klasik sistemlerde ise hazırlık maliyeti birim maliyete, parti hacmi arttığında hazırlık maliyeti artan birim sayısına yayılacağından, azalma yönünde etki edecektir (Hutchinson, 1984).

Günümüz endüstrisindeki imalat eğilimi, hızlı değişen pazar talepleri ile yeni mamullere veya mevcut mamullerde farklılaştırmaya gitmeyi zorunlu kılmaktadır. Mamul karışımındaki bu değişimde mamul ömürlerinin kısılmasına ve mamul çeşidi artarken, parti hacimlerinin azalmasına, dolayısıyla hazırlık zamanı ve maliyetinin artmasına neden olmaktadır (Son, Park, 1990).

Bir ekonomik analizde fırsat maliyeti, bir davranış tarzı seçildiğinde diğerlerinden vazgeçmenin yaratabileceği kayıp olarak değerlendirilir ve yatırımın ekonomik getirilerinde değişiklik yapacağından yatırım kararı ile ilgilidir (Park, Son, 1988). Hazırlık faaliyeti işgücü gerektirmesi ötesinde, katma değersiz ve imalatı engelleyici bir faktör olduğundan pahalı donanımın boşa beklemesine, dolayısıyla bir fırsat maliyetine neden olmaktadır.

Bu fırsat maliyeti, üretim ekipmanına bağlanan sermayedeki kayba eşit olarak (Yenersoy, 1990) aşağıda görüldüğü gibi ifade edilmektedir;

$$C_h(p)(Kis, Yis) = \left[\sum_{t=1}^T HZ(p,t) + YIZ(p,t) + IZ(p,t) + KZ(p,t) + Y/BZ(p,t) \right] [C_x \cdot t]$$

4.4.2.3. Ekonomik Performans Ölçütleri

Yatırımın değerlendirilmesi sırasında farklı sistemlerin üretim koşulları içerisindeki ekonomik davranışlarının ölçülmesi gerekir. Bu ölçümlendirme, bu çalışmada aşağıda anlatılmakta olan birim imalat maliyeti ile bölüm (2)' de anlatıldığı üzere, gerek ileri teknoloji yatırımlarında en çok kullanılan teknikler olması, gerekse yatırımı engellemeye yönelik eğilimleri dolayısıyla yatırımın geri dönüşü, geri ödeme süresi ve net bugünkü değer yöntemleri ile yapılacaktır.

Birim İmalat Maliyeti

Birim imalat maliyeti yukarıda anlatılan maliyet elemanlarının toplamından oluşmaktadır ve aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$C_u(p)(Kis, Yis) = C_m(p) + C_{a,i}(p) + C_i(p) + C_l(p) + C_{lak}(p) + C_{ter}(p) + C_a(p) + C_p(p) + C_k(p) + C_d(p) + C_{üie}(p) + C_h(p)$$

$$C_u(p)(Eis) = C_m(p) + C_{a,i}(p) + C_{MIS}(p) + C_{DNC}(p) + C_i(p) + C_l(p) + C_{lak}(p) + C_{ter}(p) + C_a(p) + C_p(p) + C_d(p) + C_{üie}(p)$$

Yatırımın Geri Dönüşü

Firmanın operasyonel verimliliğinin ve sermayesinin ne kadar etkin kullanıldığının bir ölçüsüdür. Yıllık kar ilk yatırım maliyetine bölünerek hesaplanır. Değişik kullanım şekilleri olmasına rağmen en genel ifadesi aşağıda görülmektedir; (Maynard, 1971)

$$YGD = \frac{\text{Gelir} - \text{Üretim Maliyeti}}{\text{İlk Yatırım Maliyeti}}$$

Gerİ Ödeme Süresi

Yatırımın kendini ne kadar sürede geri ödeyebileceğinin bir ölçüsüdür ve aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

$$GÖS = \frac{\text{İlk Yatırım Maliyeti}}{\text{Gelir} - \text{Üretim Maliyeti}}$$

Net Bugünkü Değer

Nakit giriş ve çıkışlarının bugünkü değeridir ve aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$NBD = \frac{\text{Nakit Girişler} - \text{Nakit Çıkışlar}}{(1 + i)^n} - \text{İlk Yatırım Maliyeti}$$

i = yıllık sermaye maliyeti

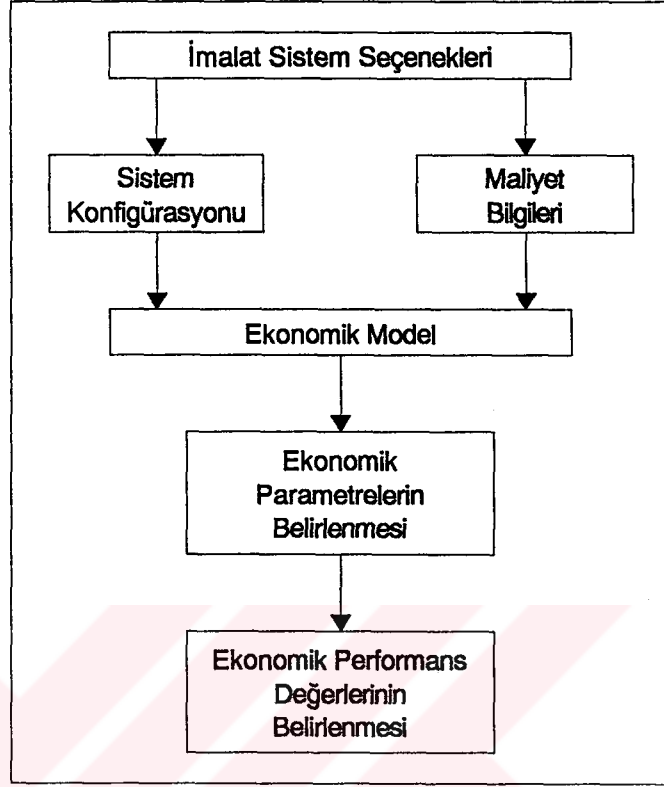
n= proje ömrü

Ekonomik Performans Modeli

Ekonomik performans modelinin görevi, sistemlerin konfigürasyon ve maliyet bilgilerini değerlendirek ayrı ayrı aşağıda gösterilen ekonomik performans ölçütlerini hangi değerlerde sağladığını bulmaktır.

- Birim İmalat maliyeti,
- Yatırımın geri dönüş oranı,
- Geri ödeme süresi,
- Net bugünkü değer,
- Yönetimin belirlediği diğer ölçütler.

Sistemlerin bu ölçütleri sağlama durumuna göre operasyonel modele geri dönülebilir veya ana model içerisinde stratejik performans modülü ve karar modeline ekonomik bilgiler sağlamak üzere işleme devam edilebilir.



Şekil 4.9 Ekonomik Performans Modeli

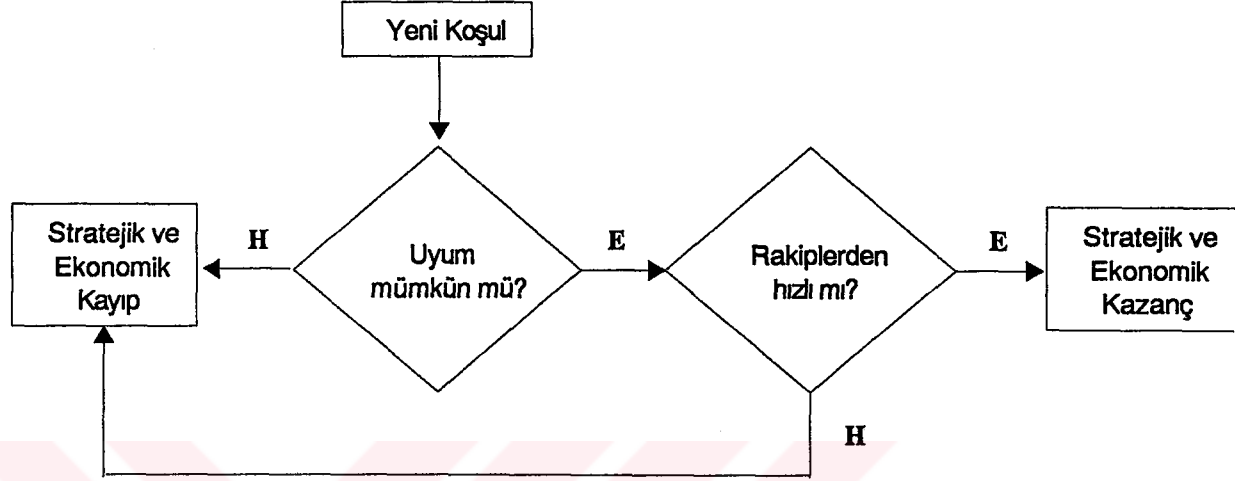
Stratejik Performans Modülü

Stratejik performans modülü kendine özgü sınırları, varsayımları ve iç yapısı ile bir model olmayıp, sistemlerin ayrı ayrı üretim koşullarına ve bu koşullardaki değişmeye uyumlarını test etmeye yönelik olarak, operasyonel ve ekonomik performans modellerinin birlikte çalışmaları ile değer üreten bir modüldür. Bu modül aynı zamanda ana modelin önemli görülen değişkenlere göre duyarlılığını analiz etmek için de kullanılmaktadır.

Erkut (1983), Dinçmen (1991)' e göre yaşamının şartı çevreye uyumdur. Çevreye uyum sağlayamayan organizasyonlar yaşamlarını sürdüremezler. Konuya imalat açısından bakıldığında, imalatın pazar isteklerine cevabının sistemin esneklik yeteneklerine bağlı olduğu görülür.

Esneklik konusu Bölüm (2)' de incelendikten sonra esneklik kavramı mamul çeşidi, mamul dizaynı, rota ve mamul hacmi esnekliği olarak alt bileşenlerine ayrılmıştı. Esasen, bu bileşenlerden

anlaşılaçağı gibi esneklik aşağıda görüleceğı üzere,yeni koşula imkan ve zaman açısından verilecek cevaba bağıli olarak firmaya kazanç sağlanmaktadır.



Şekil 4-10. Esnekliğin Stratejik Kazanç Üzerindeki Etkisi

Yukarıdaki yapının birinci sorusunda yeni imalat koşulunun imalat sisteminin teknolojik yetenek sınırlarının içinde olup olmadığı tartışılmaktadır. Eğer dışında ise yeni koşul red edilir. Eğer sınırlar dahilinde ise, sistem yeteneklerinin yeni koşula rakiplere oranla daha iyi cevap vermesi, firma için stratejik ve ekonomik bir kazanç getirecektir.

Leong ve diğ. (1990) yaptığı araştırmaya göre, mamul teslim hızı ve teslim güvenirliği firmaların stratejik açıdan en çok önem verdikleri kavramlar arasındadır. Owen (1990)' a göre yatırım değerlendirmesinin yalnızca mevcut mamullere göre yapılması yanlış olur. Çünkü klasik imalat sistemi, ileri teknoloji imalat sistemi ile aynı işi yapabilir. Halbuki ileriye dönük mamul çeşitliliğindeki olası değişimi gerçekleştirme yeteneğı olan sistem, mamul ömürlerinin kısa olduğu pazarda rekabet gücünü elinde bulunduracaktır. Dolayısıyla yatırım değerlendirmesinde sistemlerin ileriye dönük projeksiyonlar karşısındaki davranışları mutlaka incelenmelidir.

Yatırım değerlendirmesinde sistemin gelecekteki koşullara göre davranışı risk ve belirsizlik kavramlarını da beraberinde getirmektedir. Bundan dolayı kurulan modelin risk değerlendirmesinin yapılması gerekmektedir.

Belirsizlik ve Risk Analizi

Üretim sisteminin ve çevresinin zaman içerisinde değişime uğraması belirsizlik kavramını gündeme getirir. Bu kavram Gerwin (1988) tarafından finansal ve teknik olarak iki açıdan ele alınmıştır.

Finansal belirsizlik teknoloji seçim probleminde belirleyici rol oynayan önemli bir faktördür. Yönetimler bu belirsizliğin kaynağı olarak subjektif faktörleri göstermektedirler. Bu finansal belirsizliğin yenilmesi için yönetim tarafından genellikle iki yol kullanılmaktadır. Birincisi, kısa dönemli politikalar yoluyla karar aşamasında, kısa süreli finansal kontrol mekanizmaları kullanılarak belirsizlik azaltılmaya çalışılır. Ayrıca yatırım kararında projenin minimum kabul edilen getiri sınırı risk payı eklenerek genişletilir. İkincisi ise uzun dönemli politikalar yoluyla yatırım kararı temel olarak kalitatif getiri- lere dayandırılarak yapılır. Bu yolun firmalarda da teknolojik yenilik eğilimini canlandığı gözlenmektedir. Bu iki yaklaşımdan birincisi kontrol ve verimlilik, ikincisi ise adaptasyon ve uzun vadeli yaşama daha çok önem veren yöntemler tarafından tercih edilmektedir.

Teknik belirsizlik ise kaynağını eleman sayısı çokluğu ve etkileşimi nedeniyle karmaşık yapıya sahip olan ileri teknolojili imalat sistemlerinin ekipman tipi, yeteneği ve sınırları, çalışması ve gereksinimleri vb. konuların firma ihtiyaçlarına uygun olup olmayacağı ve teknoloji ihtiyaçlarının firma kaynaklarından karşılanıp karşılanamayacağı konularından alır.

Belirsizlik açısından risk analizi yapılırken temel amaç, girdi değişkenlerindeki değişimlere sistemin vereceği cevabın analiz edilmesi ve bunun yatırım kararına yansıtılmasıdır. Bu amaçla çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler arasında probabilistik olanlar bir takım mahsurlar içermektedirler. Giriş değerlerinin olasılık dağılımlarının belirlenmesi için gerekli olan bilgilerdeki eksiklik, yapılan kabullerdeki hata payları, risk analizi sonuçlarının değerli projeleri bile reddetmeye neden olabileceği görüşünü doğurmaktadır. Bu konu üzerinde Kim, Farragher (1981) ve Pike, Ho (1991) tarafından yapılan araştırmalar bu bulguyu doğrular nitelikte olup bir risk analizi tekniği olan duyarlılık analizi tekniğinin en çok kullanılan teknik olduğu tesbit edilmiştir.

Owen (1990)' a göre duyarlılık analizinde firma açısından önemli görülen değişkenlerin değerlerinde +/- %25, Son (1991b)' e göre +/- % 20 değişim gerçekleştirilerek sistemin davranışı incelenmelidir. Bu sayede hem yatırımın gelecekteki davranışı yatırım kararına yansıtılabilecek, hem de yönetim beklenmeyen durumlar için önceden uyarılmış olacaktır. Suresh (1990) ise özellikle gelecekteki talep değişikliklerine yönelik riskin incelenmesini önermektedir.

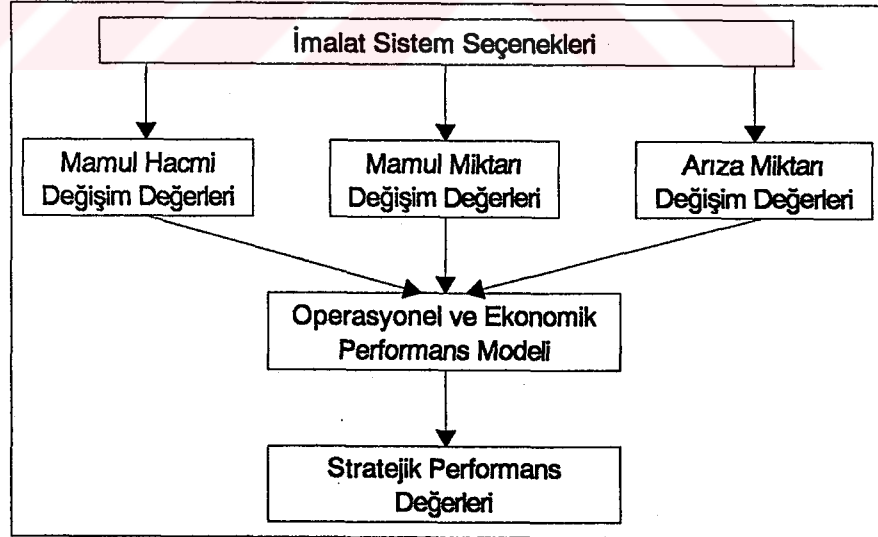
4.4.3. Stratejik Performans Modülü

Bu çalışmada, sistemin üç farklı değişken üzerinde davranışının incelenmesi uygun görülmektedir. Bu sayede, hem yatırımın duyarlılık analizinin yapılması, hem de sistem seçeneklerinin gelecekteki üretim koşullarındaki değişikliklere cevap yeteneği olan esneklikleri yatırım değerlendirilmesi açısından kıyaslanmaktadır.

Tablo 4-1 Esneklik Yeteneği Yapısı

Esneklik Yeteneği	Değişimler	Davranış Ölçütleri
Güvenilir Teslim Erken Teslim Adaptasyon	Sistemde teknik arızalar Mamul çeşit ve hacim değişimi	Üretim zamanı Birim maliyet YGD Diğer performans ölçütleri

Yukandaki tablodan anlaşılabacağı üzere imalat sistemi esneklik yeteneğinin üç bileşeni olduğu, üretim koşullarının değişmesi ile bu bileşenlerdeki değişimin, imalat açısından çevreye uyumun bir göstergesi olacağı kabul edilmektedir. Bu amaçla sistem seçeneklerinin arıza frekansları ve onarım süreleri artırılarak talep edilen termin zamanına ne ölçüde uyulduğu, mamul çeşit ve sayısı +/- % 20 değiştirilerek, sistemlerin teslim sürelerinin kıyası ve yeni koşullara uyuma ne ölçüde cevap verdikleri incelenmektedir. Aşağıda stratejik performans modülünün iç yapısı görülmektedir.



Şekil 4-11. Stratejik Performans Modülü

4.4.4. Karar Modeli

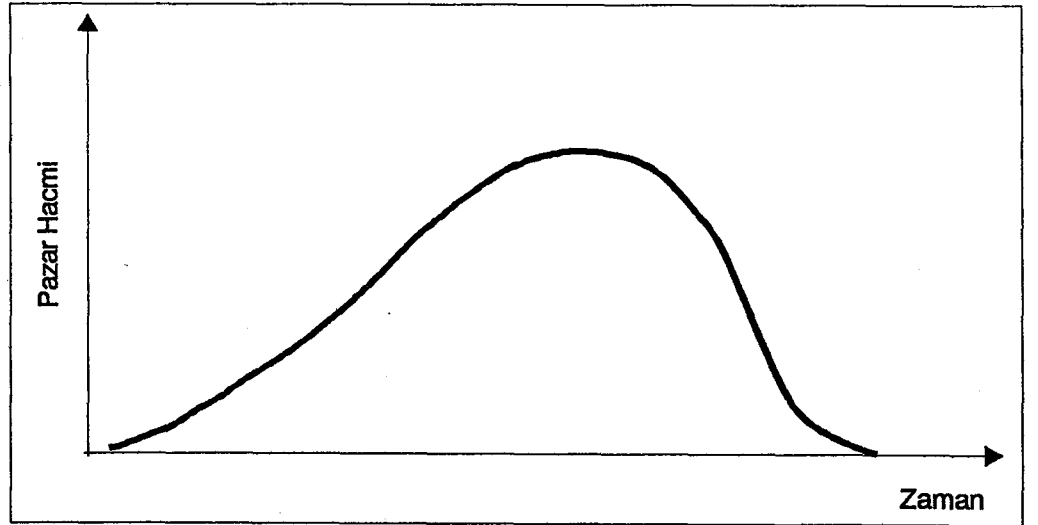
Troxler, Blank (1990)'a göre stratejik faktörlerin ihmalı yatırım kararı sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu model ile verilmesi istenen, firmanın hangi stratejileri izlemesi gerektiği değil, yatırım yaparken izlemek istediği stratejiyi de göz önünde bulundurmasının sağlanmasıdır.

Porter (1985)' a göre teknoloji değişimi, endüstrinin yapısal değişiminde ve yeni endüstri oluşumunda ana rolü oynar. Rekabet kurallarını tanımlayan veya değiştirebilen tüm etkenler arasında teknoloji değişimi en etkili olanıdır. Bu nedenle Wheelwrigth (1974)' a göre imalatı teknoloji seçimi yalnızca firmanın teknoloji üzerindeki herhangi bir neden dayanan özel tercihi veya mamul karakteristiklerine dayanan tercihi sonucu yapılamaz. Bu seçimde pazardaki rekabet baskısının büyük rolü olduğundan göz önünde tutulması gerekir.

Firmaların rekabette başarı amacıyla oluşturdıkları stratejide, pazar koşulları ve teknolojik gelişmişliğin belirleyici rolü vardır. Bu amaçla yatırım kararına etkisi bulunan bu iki çevre faktörü üzerinde durulması gerekmektedir.

4.4.4.1. Mamul Ömrü

Porter (1980)' e göre üretim stratejilerindeki değişikliklerin zamanlaması açısından, mamul ömrü yapısı pazardaki değişimleri içermesi nedeniyle son derece önemlidir.



Şekil 4-12. Mamul Ömrü Eğrisi (Sprague, Whittaker, 1986)

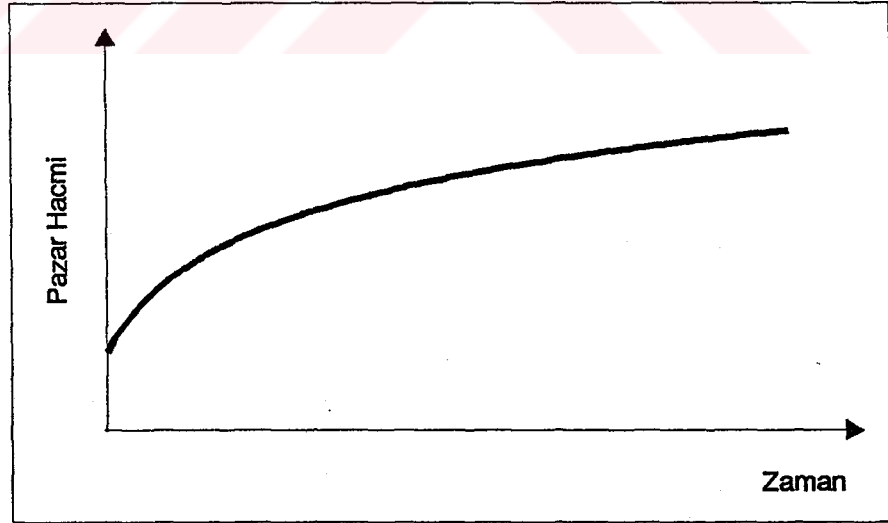
Yukarıdaki mamul ömrü eğrisi Rue ve Holland (1986)' a göre pazar açısından gelişme, büyüme, büyüme hızında yavaşlama, olgunluk ve doygunluk olmak üzere altı aşamada incelenmektedir. Doygunluk öncesi dönemlerde pazar hacminde artan veya azalan ivmede de olsa bir büyüme görülmektedir. Doygunluk döneminde ise bu büyüme önce sıfır değerini aldıktan sonra negatif değere dönüşür ve mamul ömrü sonlanır.

Bu çalışmada büyüme hızının pozitif olduğu büyüyen pazar ve sıfır veya negatif olduğu doygun pazar incelenecektir.

a) Büyüyen Pazar

Mamule olan talebin zamanla büyüdüğü aşamadır.

Pazardaki bütün firmalar bu büyümeden etkilenmeyebilir. Ancak firmanın sahip olduğu teknolojik gelişmişlik oranında pazarda söz sahibi olacağı söylenebilir. Bu aşamada hızlı dizayn değişiklikleri yaşanıldığından imalat, değişen pazar isteklerini karşılamak ve mamuldeki değişiklikleri hızla gerçekleştirebilecek imalat teknolojilerini adapte etmek durumundadır. Bu aşamada mamulde yenilik ve müşteri isteklerine hızlı ve güvenilir cevap performans ölçüsünü belirler. Büyüme hızının zamanla azalması ile birlikte rekabet, mamul üzerinde değer artıncı değişikliklere devam etmekle birlikte maliyet performansına dayanmaya başlar. (Richardson, Gordon, 1980)



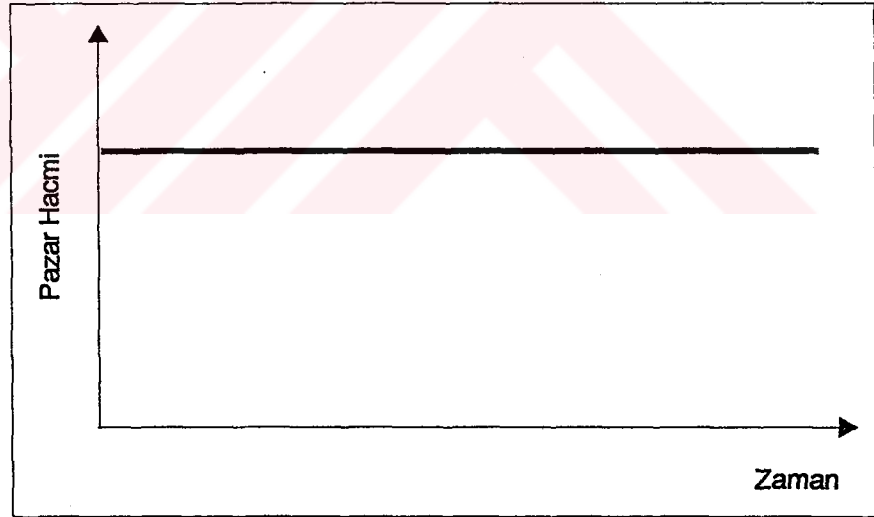
Şekil 4-13. Büyüyen Pazar

Bu aşamada firmalar açısından temel iki strateji görülebilir. Bunlardan birincisi pazara giriş yapıldıktan sonra kar marjları daralmaya ve diğer büyük ölçekli firmalar aynı pazarda gözükmeye başladığı zaman mevcut mamul terkedilir. Üretim teknolojisinin sağladığı esneklik sayesinde yeni bir mamulün üretimine geçiş yapılır. İkinci stratejide ise mamulün ömrü boyunca firmanın pazarda büyümesi için çalışılır. (Hayes, Wheelwright, 1979)

b) Doymun Pazar

Pazarda çok az bir büyümenin mümkün olabildiği ancak ideal halde mamul için talebin değişmediği periyot olarak kabul edilmektedir. Bu aşamada satışların hızlı düşüş dönemi sonucu yeni mamule geçilmeyi gerektirdiği için pazar hacmi azalması ile ilgilenilmeyecektir.

Bu aşamada ileri teknoloji firmaya avantaj sağlasa da temel rekabet avantajı genellikle maliyet azaltıcı tekniklerin uygulanmasına dayanır. Proseste yapılacak değişikliklerle işgücü, malzeme, sermaye üretkenliği sayesinde düşük mamul fiyatına erişilerek rekabet edilir. (Richardson, Gordon, 1980)



Şekil 4-14. Doymun Pazar

Pazarın doymunluğa ulaşması ile yüksek hacimli standart mamul üretimini ile pazara giren firmalar kendilerinin, diğer firmalara oranla daha güçlü olan üretim, dağıtım ve pazarlama kaynakları vasıtasıyla pazar pozisyonunu güçlendirebileceklerini düşünürler.

Pazar koşullarına bağlı olarak yukarıda değinilen stratejiler firmaların karakteristiklikleri ile yakından ilgilidir. Uygulanması düşünülen strateji ile firmanın yapısı uyumlu olmak durumundadır. Bu uyum genel haliyle firmanın kaynaklarına, pazar durumuna, rekabet baskısına ve genel işletme felsefesine bağlıdır. Dolayısıyla firma mamul ve imalat sistemiyle ilgili davranışını seçtiği stratejiye göre ayarlamak durumundadır. Bu konuda mamul ömrü ile birlikte imalat teknolojisi yeniliği de seçilen stratejide başarılı olma konusunda belirleyici olacaktır. (Hayes, Wheelwright, 1979)

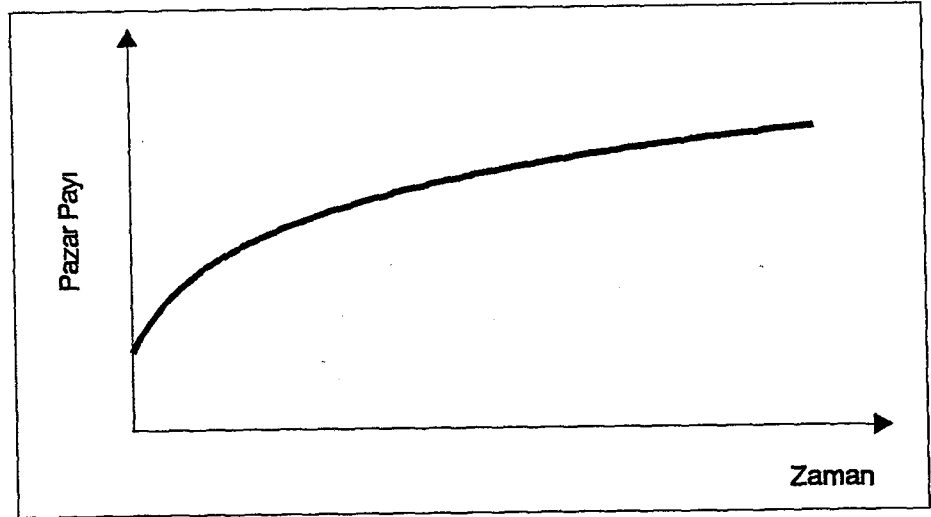
Bununla beraber ileri teknolojinin sağlayacağı üretim esnekliğinin firma açısından yukarıdaki stratejiler arasında seçim yapma esnekliği sağlayacağı da düşünülebilir (Gold, 1982).

4.4.4.2. Teknolojik Gelişmişlik

Teknolojik gelişmişlik konusu, firmaların pazarda oynadıkları role bağlı olarak teknoloji lideri, teknoloji takipçisi ve teknolojiye duysız firmalar olarak üç grupta incelenebilir.

a) Teknoloji Lideri

Tüm pazar içerisinde ilk olarak imalat sistemlerinde yeni teknolojiyi adapte eden firmalar teknoloji lideri olarak tanımlanmaktadır. Bu firmaların zaman içerisinde imalat teknolojilerini güncelleştirmelerinde bir süreklilik görülür. Kısa üretim zamanı, yüksek kalite, güvenilir teslim zamanı, maldeki değişikliğe hızlı adaptasyon ve düşük birim maliyet gibi yeni teknolojinin getirileri bu firmalara pazara ilk girmenin avantajını vererek pazar paylarını artırma olanağı sağlar. (Kaplan, 1986)

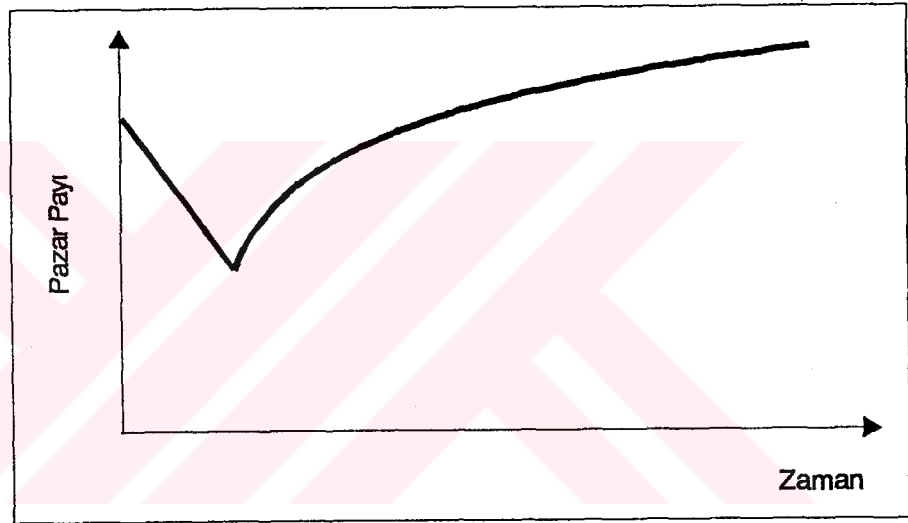


Şekil 4-15. Teknoloji Liderinin Pazar Payı Değişimi

Porter (1985)' e göre bu tür firmalarda stratejiler genellikle mamulde farklılaşmaya yönelik bir eğilim göstermektedirler. Pazarda ilk olmanın maliyeti ve koşulların değişme riskinin dezavantajı yanısıra rekabetçi kuralların tanımlanmasında söz sahibidir.

b) Teknoloji Takipçisi

Yeni teknolojiye sadece mevcut endüstriyel teknolojiye kopmamak için yatırım yaparlar. Aşağıdaki grafikten de görüleceği üzere, teknolojik atılım yapan firmaların kendi pazar paylarını artırarak diğer firmalar da yarattıkları pazar payındaki düşme eğilimi yatırım ile birlikte yerini yükselmeye bırakır.

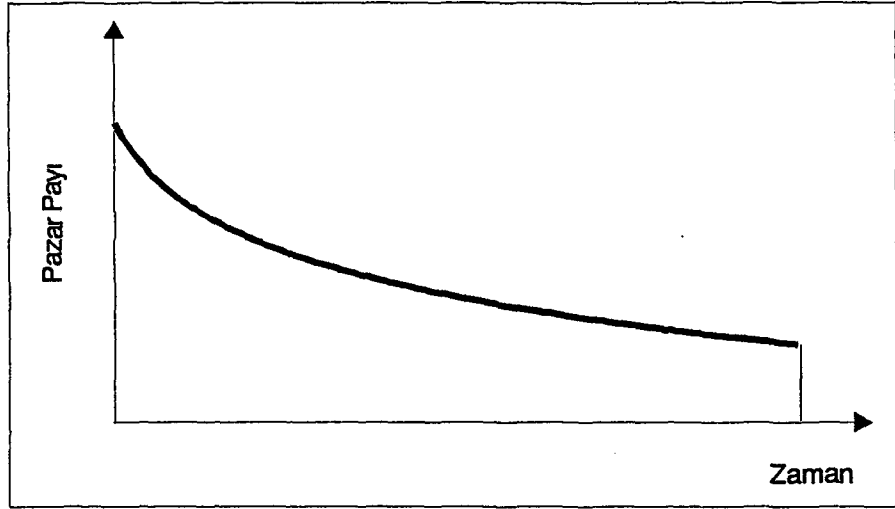


Şekil 4-16. Teknoloji Takipçisinin Pazar Payı Değişimi

Teknoloji takipçisinin, liderin doğru ve hatalı davranış şekillerinden oluşan deneyimlerinden yararlanma şansı da bir avantaj olarak kabul edilebilir (Soni, 1988). Porter (1985)'e göre bu tür firmalarda uygulanan stratejiler genel bir kural olmakla birlikte düşük maliyetli üretim üzerinde yoğunlaşmaktadır.

c) Teknoloji Duyarsız Firmalar

İleri teknolojiye yatırım yapmayan firmalar zaman içinde pazar paylarını kaybederek, pazardan dışarı atılmaya zorlanırlar. Bu firmalar bu çalışmanın kapsamı dışında tutulacaktır.



Şekil 4-17. Teknoloji Duyarsız Firmaların Pazar Payı Değişimi

4.4.4.3. Karar Modelinin Yapısı

Mamulde ve imalat prosesinde yenilik firma gelişmesi için etkili bir araç olarak kabul edilmektedir. Firma politikaları bu aracı güçlendirecek şekilde yönlendirilmelidir (Sinha, 1984). Bu sayede mamul ve imalatla paralel yürümesi gereken yenilik rekabette belirleyici rol oynayacaktır. Diğer yandan pazardaki firmaların teknoloji farkları konusunda Wheelwright, Hayes (1985), firmaların davranış stratejilerini hazırlarken gözönünde bulundurdıkları konuların arasında rakiplerin mevcut durumları ve uyguladıkları stratejilerin yapısının büyük önem içerdiğini belirtmektedirler. Soni (1988) bu görüşleri tamamlar nitelikte olarak teknoloji seçiminin, pazar koşulları ve firmanın rakiplere göre teknolojik gelişmişliğine dayandırılması gerektiğini savunmaktadır.

Bu çalışmada, karar modeli yukarıdaki görüşlerin ışığında teknolojik gelişmişlik ve pazar büyümesi faktörlerinin kombinasyonları ile oluşturulacaktır. Bu amaçla dört adet durum söz konusu olmaktadır.

- 1- Doygun Pazar (DP) - Teknoloji Lideri (TL)
- 2- Doygun Pazar (DP) - Teknoloji Takipçisi (TT)
- 3- Büyüyen Pazar (BP) - Teknoloji Lideri (TL)
- 4- Büyüyen Pazar (BP) - Teknoloji Takipçisi (TT)

Çalışmanın başında da belirtildiği gibi, firmanın seçeceği klasik, yarı otomatik veya esnek imalat sistemi firma yönetimi tarafından tanımlanan firma başarısına en iyi hizmet verebilecek sistem olmalıdır. Bu seçim yapılırken, seçeneklerin karakteristiklerinin pazar ve firma yönetimi tarafından belirlenen karakteristiklere ne ölçüde uyduğunun belirlenmesi gerekir. Çünkü firma başarısının, bu uyumunun derecesi arttıkça yükselmesi beklenir.

Bu tür yatırım kararlarında ödünleşme açısından kararla ilgili olan faktörlerin değerlerinin iyi belirlenmesi ve karara iyi yansıtılması gerekir. Bu amaçla geliştirilen başlıca yöntemlere aşağıda kısaca değinilmektedir.

1- Çoklu Regresyon (Multiple Regression) : Bu methodda karar vericinin tüm seçenekler üzerinde cevap sıkalası kullanarak değerlendirme yapması istenir. Çoklu regresyon kullanılarak bağımsız değişkenlerin izafi önemleri en küçük kareler methoduyla bulunur.

2- Direkt Ödünleşme (Direct Trade off) : Karar vericiye ikili seçenekler verilir ve her iki seçeneğin de eşit derecede tatmin edici olması için zayıf olan seçeneğe girdi eklemesi yapması istenir. Metodoloji çeşitli teoriler içermesine rağmen sonuçta çoklu fayda fonksiyonuna indirgenir. Bu methodun zayıf yanı değerlendirilmedeki uyumsuzlukları ve hatayı gözardı etmesidir.

3- Nokta Tahsisi (Point Allocation) : Bu methodda karar vericiden ödünleşme elemanlarına izafi önem derecelerine uygun olarak belli bir puanın (örn. 100) dağıtılması istenir. Basit bir yöntemdir ancak formel teorisi yoktur.

4- Birim Ağırlıklandırma (Unit Weighting) : Bağımsız değişkenler önce ortalama ve varyansını göstermek amacıyla standartlaştırıldıktan sonra birlikte toplanarak kompozit bir değer oluşturulur. Bu methodda değişkenlerin dağılımlarının belirli olduğu varsayılır.

5- Analitik Hiyerarşi Proses : Özellikle ödünleşme elemanlarının kıyaslanmasının güç olduğu durumlar için çok uygundur. Karar vericinin izafi değerlendirilmedeki eğilimi ile karmaşık hedef yapılarını hiyerarşi içerisinde organize etme eğilimini yansıtmaya açısından önemli bir tekniktir. Methodun temel avantajı, geleneksel teknikler için çok bulanık ve politik olmasının yanısıra yapısal olmayan karar alanları için iyi sonuç vermesidir. (Schoemaker, Waid, 1982)

4.4.4.5. Uygulanacak Yöntemin Seçimi

İmalat sistemlerinin karakteristiklerinin önemleri sistem kullanıcısının öncelik değerleriyle belirleneceğinden detaylı inceleme hiyerarşik yapıda bir yaklaşım gerektirir.

Teknik, ekonomik ve stratejik performans ölçütleri sistem seçiminde temel belirleyici parametreler olduğundan hiyerarşinin ilk basamağında yer alacaklardır. İkinci basamakta ise bu performans ölçütlerinin tatmin ettiği incelenen konuyla ilgili olarak, çevre olarak tanımlanabilecek ihtiyaçlar veya temel hareket noktaları yer alır. Seçenekler, performans ölçütleri ve çevreden oluşan üç basamaklı hiyerarşik yapı içerisinde sistemlerin öncelikleri, getiriler ve maliyetler çerçevesinde incelenerek karara varılır. Bütün bu karar elemanlarının hiyerarşik yapısının oluşturduğu performans modeli aşağıda görülmektedir.

İlgilenilen seçeneklerle ilgili olan önceliklere ulaşmak için hiyerarşinin bütün elemanlarının amaçlara göre önceliklerinin belirlenmesi gerekir. Kurulan modeldeki eleman sayıları önceliklendirme için uygundur. Stam, Kuula (1991)'a göre mental değerlendirme seçenek sayısının 5-7'yi geçmesi durumunda etkinliğini yitirmektedir.

Önceliklendirme işlemi Saaty tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) yöntemiyle yapılacaktır. AHP yöntemi aşağıda görüleceği üzere bir üst seviyedeki kritere göre elemanlararası ikili kıyas yapmaya ve kıyas sonucu oluşacak değerlerin tutarlılığını, uyum oranı olarak adlandırılan bir değerle sorgulamaya olanak vermektedir. Bu da problemin çözümünde sezgisel değerlendirme ile ortaya çıkabilecek hata payını minimize etmektedir. (Wind, Saaty, 1980)

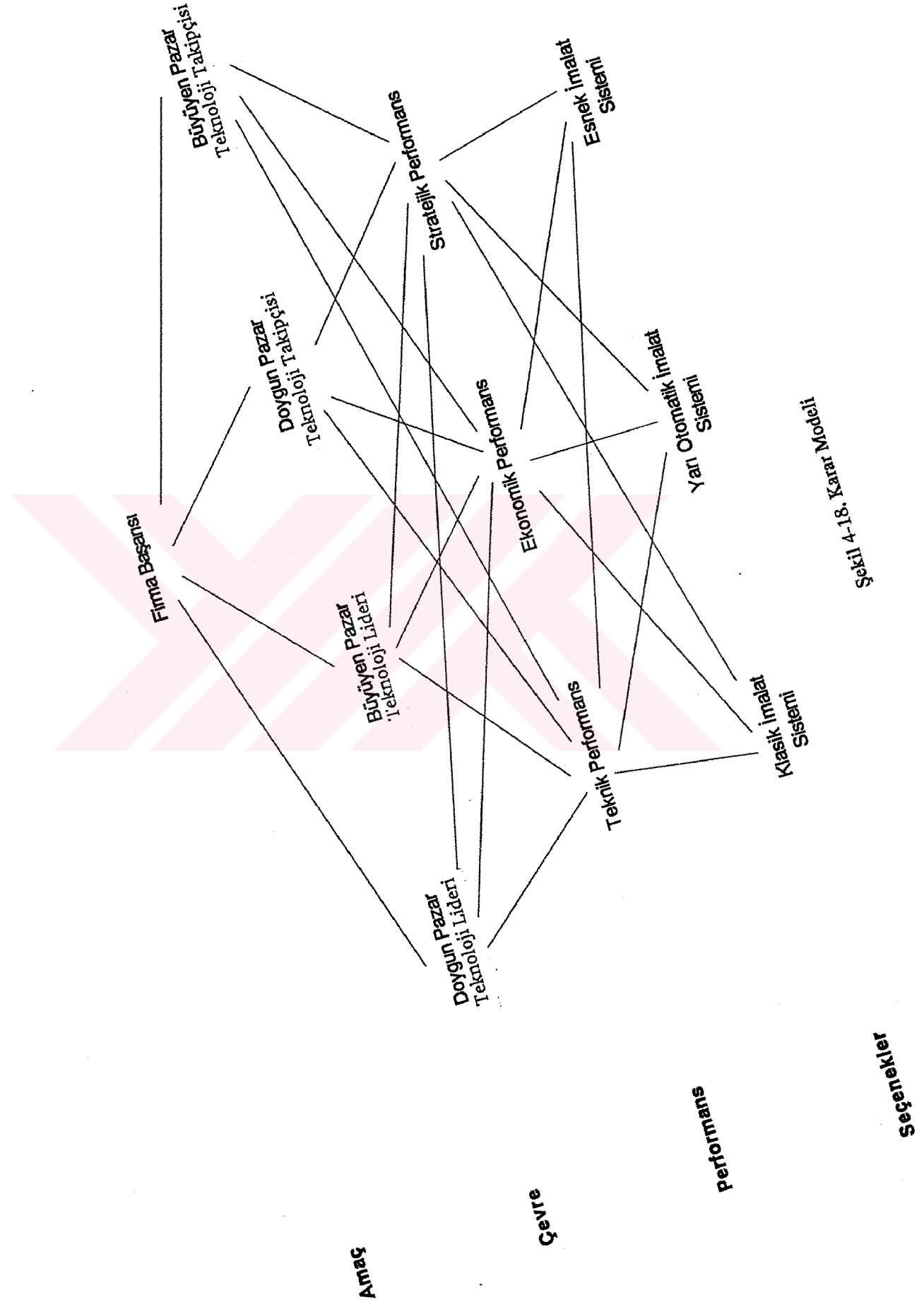
AHP karmaşık problemlere sistematik bir çözüm getirmesi yanısıra kalitatif ve kantitatif değerlerin tek bir çerçevede değerlendirilmesine olanak vererek kararın sağlığı açısından önemli rol oynar.

AHP yöntemi dört aşamadan oluşur,

- 1- Karar problemi kendi aralarında ilişkili karar elemanları hiyerarşisine dönüştürülür,
- 2- Karar elemanlarının ikili kıyaslamalarıyla giriş verileri toplanır,
- 3- Karar elemanlarının izafi ağırlıkları özdeğer metodu kullanılarak bulunur,
- 4- Karar elemanlarının izafi ağırlıkları karar seçenekleri üzerine yansıtılır.

Hiyerarşik yapıda birinci seviye problemin ana amacını, daha aşağıdaki seviyeler ise detaylandırılmış amaçları, en son seviye ise karar alternatiflerini oluşturmaktadır.

AHP yöntemi bir seviyedeki elemanların bir üst seviyedeki bir elemana göre, bu elemanların kıyas konularına olan göreceli katkılarını yansıtan lokal önceliklerini belirlemek amacıyla ikili olarak kıyaslama işlemine dayanır. Bu şekilde modelin birinci seviyesindeki üç çevre parametresinin firma başarısı açısından kıyaslanmasıyla aşağıdaki matris elde edilir.



Tablo 4-2. Öncelik Matrisi

Çevre Yapısı	D.L.	B.L.	D.T.	B.T.	Öncelik Değeri
D.L. B.L. D.T. B.T.					
C.R.					

Bu matris A matrisi olarak isimlendirilirse, A matrisinin girdileri sorulan altı kıyas sorusuyla elde edilir. Bu girdiler aşağıdaki tablo yardımıyla bulunur.

Tablo 4-3. Önem Derecesi Matrisi

Değerler	Önem Dereceleri
1	Eşit önem
3	Diğerine göre daha önemli
5	Diğerine göre daha çok önemli
7	Diğerine göre çok fazla önemli
9	Diğerine göre aşırı önemli
2,4,6,8	Ara değerler

Örneğin D.L. ile B.L.'nin kıyaslanması yani $a(1,2)$ elemanının değeri D.L.'nin B.L. üzerinde 5 puanlık yani tablo (4-2)'ye göre daha çok öneme sahip olduğunu göstermektedir. Matrisin bu elemanının simetriği ise $a(i,j) = 1/a(j,i)$ olduğundan $a(2,1) = 1/5$ olacaktır.

A matrisinin uygunluk kontrolü ise aşağıdaki ifadenin sağlanmasıyla yapılır.

$$a(i,j) = a(i,k) a(k,j) \quad \forall i,j,k \in A$$

Yukarıdaki durum matris elemanları arasındaki mükemmel uyumluluğu göstermektedir. Ancak, pratikte tablo (4-2)'deki A matrisinin elemanları aşağıdaki tablo (4-4)'de verilen değerler yoluyla tahmin edilerek bulunur. Mükemmel uyumlu durumda eşitlik hali geçerli olmak üzere A matrisinin en büyük öz vektörü (eigen value) $\lambda_{\max}$, $\lambda_{\max} \geq n$ ifadesini sağlar. Burada uyumluluk indeksi CI, n: matris boyutu, $\lambda_{\max}$: en büyük özdeğer vektör olmak üzere,

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad (1)$$

olarak gösterilir ve mükemmel uyumluluk hali için ifade sıfıra eşittir. Buradaki λ_{max} şu şekilde hesaplanır,

$\det (A - \lambda I) = 0$, I : birim matris olmak üzere

$$\det (A - \lambda I) = \begin{vmatrix} a_{11} - \lambda & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} - \lambda & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} - \lambda \end{vmatrix} = 0$$

buradan bulunacak λ değerleri içerisinde en büyüğü en büyük özdeğer vektör. λ_{max} adını alır (Huang, Lin, 1987).

Saaty, uyumluluk değerlendirmesi amacıyla, elemanları tesadüfi olarak seçilmiş kıyas matrisinin oluşturduğu en uyumsuz yeterli sayıda durum ile kıyaslayarak aşağıdaki genel değerleri elde etmiştir.

Tablo 4-4. Tesadüfi İndeks Değerleri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Yukarıdaki tabloda n matris boyutu, RI ise tesadüfi matris için (1) ifadesinde değerlendirilen tesadüfi indeks adını alır. Uyum oranı CR aşağıda ifade edildiği gibi bulunmaktadır.

$$CR = CI / RI$$

Sonuçların geçerli kabul edilmesi için bu ifadenin 0,1 den küçük olması gerekmektedir. Ancak $CR \geq 0,1$ durumunda karar vericinin, yeni enformasyonla desteklendikten sonra aynı matrisi yeniden kurması istenir. E : kıyas elemanları, k : seviye, $l = k$. seviye elemanı olmak üzere kurulan A matrisinin kıyas elemanlarının ağırlıklarını bulmak üzere aşağıdaki işlem gerçekleştirilir.

$$A = \begin{array}{c|cccc} & E_{k1} & E_{k2} & \dots & E_{kl} \\ E_{k1} & a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ E_{k2} & a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ E_{kl} & a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{array}$$

$$W_{E1} = \frac{a_{11}}{\sum_i a_{n1}} + \frac{a_{12}}{\sum_i a_{n2}} + \dots + \frac{a_{1n}}{\sum_i a_{nn}}$$

$$W_{E2} = \frac{a_{21}}{\sum_i a_{n1}} + \frac{a_{22}}{\sum_i a_{n2}} + \dots + \frac{a_{2n}}{\sum_i a_{nn}}$$

$$W_{E3} = \frac{a_{n1}}{\sum_i a_{n1}} + \frac{a_{n2}}{\sum_i a_{n2}} + \dots + \frac{a_{nn}}{\sum_i a_{nn}}$$

Bu aşamada bulunan W_{Ekl} 'ler normalize edilerek A matrisinin özdeğer vektörleri ($W_{E1}, W_{E2}, \dots, W_{Ekl}$) elde edilir. Aynı işlem bir üst seviyedeki her eleman için ayrı ayrı bir alt seviyenin kıyas elemanlarından oluşan matrisler için de gerçekleştirilerek k. seviye özdeğer vektörleri bulunur. k. seviye seçenekler seviyesi olduğundan her bir E_{kl} elemanına birinci seviyeden itibaren etki eden normalize edilmiş ağırlıklar çarpılarak W_{Ekl} değerleri, yani seçenek ağırlıkları elde edilir (Harker, Vargas, 1987, Saaty, 1980).

$$W_{ij}(h) = \sum_{j=1}^n W_{ij}(h) \cdot W_j(h-1)$$

$W_{ij}(h)$: h seviyesindeki i,j elemanının öncelik değeri

h : hiyerarşik modeldeki seviye

m : (h-1) seviyesindeki eleman sayısı

n : h seviyesindeki eleman sayısı

Tüm değerler bulunduktan sonra en büyük ağırlığa yani getiriye sahip sistem seçilir.



BÖLÜM 5. GELİŞTİRİLEN MODELİN BİR FABRİKA İÇİN UYGULANMASI

Fabrikada yapılan uygulamanın amacı, firma yönetimi tarafından istenen, mevcut sistemin performansını belirledikten sonra teknoloji modernizasyonuna gitmenin, firma performansı açısından yapacağı etkiyi ortaya koyarak mevcut sistemle üretime devam kararını vermek veya alternatif sistem adaptasyonunu gündeme getirmektir.

Bu amaçla, geliştirilen model için gerekli tüm veriler fabrikanın imalat ve planlama departmanlarından sağlandıktan sonra alternatif sistemler için veriler ve varsayımlar konuyla ilgili bilimsel makalelere dayanılarak, imalat sistemi satıcıları ve fabrika yönetimi ile etkileşimli çalışarak belirlenmiştir.

5.1. Fabrikanın Tanıtımı

İncelenen fabrika; tarım, balıkçılık ve endüstriyel alanlarda kullanılan motorları üretmektedir. Modelin uygulanacağı alan bu fabrikanın dişli ve volan imalat kısmıdır.

Bu kısımda, değişik tipteki motorların imalatında kullanılan 17 adet farklı parça, 11 farklı tezgahta işlenmekte ve daha sonra fabrikanın diğer bölümlerine gitmektedir. Parçalar farklı büyüklükteki gruplar halinde sisteme girerler ve grup olarak işlem görürler. Parçaların işlem gördükleri tezgah, parti işlem gördükten sonra serbest kalır ve sıradaki işlem göreceği parti serbest kalan tezgaha girer.

Yıllık üretim miktarları eşit olan parçaların parti hacimleri eşit, gelişler arası süreleri aynı, üretim miktarları farklı olan partilerin gelişler arası süreleri farklıdır. İmalatta çalışma süresi, günde 8 saat ve ayda 22 gün olarak belirlenmiştir. Aşağıdaki tablolarda model ile ilgili tüm bilgilerin dökümü verilmektedir.

Tablo 5-1. Dişli ve Volan İmalat Bölümündeki Tezgahlar

Tezgah Kodu	Tezgah Nosu	Tezgah Adı	Yaptığı İşler
1	T035	Torna (Gildemeister)	Silindirik yüzey tornalama, pah kırma, alın yüzey tornalama
2	T043	Dik Torna	Delik, alın yüzey, konik tornalama
3	F25	Azdırma	Diş açma
4	F30	Azdırma (TOS OFE22)	Diş açma
5	F31	Azdırma (HURT WF10)	Diş açma
6	F32	Dişli Raspalama	Dişlerin rasplanması
7	M6	Matkap (V20)	Delme işlemi
8	PL6	Dik Planya	Kama yuvasının açılması
9	BŞ2	Broş (Varinelli)	Broşlama işlemi
10	BA1	Dikey Balans (HOV 25)	Balans ayarı
11	PAH	Dişli Pah Kırma	Dişlerin temizlenmesi, çapaklarının alınması

Tablo 5-2. Partilerin Tezgahlardaki İşlem Sıraları,
İşlem ve Hazırlık Süreleri

Parça Çeşidi	İşlem Sırası	Tezgah Uğrama Sırası	Operasyon Süresi (dk)	Tezgah Hazırlık Süresi (dk)
1	1	TO35	180	45
	2	TO43	60	25
	3	PL6	60	5
	4	M6	130	5
	5	BA1	120	25
2	1	TO43	166	23
	2	TO35	158	43
	3	PL6	60	15
	4	M6	90	3
	5	BA1	64	23
3	1	BA1	37	37
4	1	BA1	37	37
5	1	BA1	26	37
6	1	BA1	37	37
7	1	BŞ2	12	23
	2	F31	40	43
	3	PAH	10	5
	4	F32	32	43
8	1	F30	20	25
9	1	F30	32	25
10	1	F31	100	43
	2	F32	60	43
	3	PL6	64	5
11	1	F31	74	43
	2	PAH	30	5
	3	F32	58	43
	4	BŞ2	20	23
	5	M6	12	2

Parça Çeşidi	İşlem Sırası	Tezgah Uğrama Sırası	Operasyon Süresi (dk)	Tezgah Hazırlık Süresi (dk)
12	1	F25	20	35
	2	PAH	10	3
13	1	F25	25	35
14	1	F31	43	44
	2	PAH	15	3
	3	F32	20	44
	4	BŞ2	5	25
15	1	F25	96	35
	2	PAH	30	3
	3	F32	30	45
16	1	F31	80	43
	2	PAH	30	5
	3	F32	20	43
	4	BŞ2	20	25
17	1	F25	152	25
	2	PAH	20	5
	3	F32	58	29

Tablo 5-3. Yarı Otomatik Sistem İçin Partilerin Tezgahlardaki İşlem Sıraları,
İşlem ve Hazırlık Süreleri

Parça Çeşidi	İşlem Sırası	Tezgah Uğrama Sırası	Operasyon Süresi (dk)	Tezgah Hazırlık Süresi (dk)
1	1	TO	240	12
	2	PL	60	2
	3	M	130	2
	4	BA	120	5
2	1	TO	324	11
	2	PL	60	4
	3	M	90	1
	4	BA	64	6
3	1	BA	37	13
4	1	BA	37	13
5	1	BA	26	13
6	1	BA	37	13
7	1	BŞ	12	11
	2	F	40	11
	3	PAH	10	1
	4	F	32	11
8	1	F	20	12
9	1	F	32	12
10	1	F	160	21
	2	PL	64	1
11	1	F	74	17
	2	PAH	30	2
	3	F	58	17
	4	BŞ	20	12
	5	M	12	2

Parça Çeşidi	İşlem Sırası	Tezgah Uğrama Sırası	Operasyon Süresi (dk)	Tezgah Hazırlık Süresi (dk)
12	1	F	20	18
	2	PAH	10	1
	3	F	25	18
13	1	F	25	13
14	1	F	43	17
	2	PAH	15	1
	3	F	20	17
	4	BS	5	13
15	1	F	96	17
	2	PAH	30	1
	3	F	30	17
16	1	F	80	17
	2	PAH	30	2
	3	F	20	17
	4	BŞ	20	8
17	1	F	152	8
	2	PAH	20	3
	3	F	58	6

Tablo 5-4. Esnek İmalat Sistemi İçin Parçilerin Tezgahlardaki İşlem Sıraları,
İşlem ve Yükleme/Boşaltma Süreleri

Parça Çeşidi	İşlem Sırası	Tezgah Uğrama Sırası	Operasyon Süresi (dk)	Yükleme/Boşaltma Süresi (dk)
1	1	TO	240	10
	2	IM	310	5
2	1	TO	324	10
	2	IM	214	5
3	1	IM	37	10
4	1	IM	37	10
5	1	IM	26	10
6	1	IM	37	10
7	1	IM	94	10
8	1	IM	20	10
9	1	IM	32	10
10	1	IM	224	20
11	1	IM	194	10
12	1	IM	30	10
13	1	IM	25	10
14	1	IM	83	50
15	1	IM	156	10
16	1	IM	130	10
	2	IM	20	5
17	1	IM	172	5
	2	IM	58	5

Tablo 5-5. Tezgahlara Alt Ömür, Maliyet, Iskarta ve Yeniden İşleme Değerleri

	Yatırım Maliyeti (TL)				Tezgah Hurda Maliyeti (10 ⁶)	Takım Ömrü (dk)	Iskarta Olasılığı	Y/i Olasılığı
		Tezgah(10 ⁶)	Tezgah(10 ³)	Tertibat(10 ⁶)				
K İ S	F32	150	50	50	15	1000	0.15	0.1
	F31	100	50	50	10	1000	0.15	0.1
	F25	100	50	50	10	1000	0.15	0.1
	F30	80	50	50	5	1000	0.15	0.1
	BA1	45	40	30	4.5	900	0.05	0.05
	PL6	60	35	20	6	1150	0.1	0.05
	BS2	50	50	40	5	800	0.15	0.1
	M6	40	30	20	4	700	0.1	0.05
	TO35	140	60	30	14	900	0.1	0.05
	TO40	170	60	30	17	900	0.1	0.07
	PAH1	40	40	30	4	900	0	0
Y İ S	F	650	50	50	65	1000	0.05	0.02
	BA	350	40	30	35	900	0.04	0.01
	PL	350	35	20	35	1150	0.03	0.01
	BS	400	50	40	40	800	0.04	0.01
	M	450	30	20	45	700	0.03	0.01
	TO	500	60	30	50	900	0.05	0.02
	PAH	450	40	30	45	900	0	0
E İ S	TO	500	50	40	50	900	0.02	0.02
	IM	1.100	40	30	110	1000	-	-
	MTS	2.000			200			
	DNL	2.000			400			

Yukarıdaki bilgilere ilaveten tezgah ve tertibat ömürleri 10 yıl, arızalar arası süre ortalaması 5200 dk., onarım süresi ortalaması 211 dk. ve tezgahlar arası taşıma süresi KİS ve YİS için 10 dk., EİS için 2 dk. olarak tesbit edilmiştir.

Tablo 5-6. Parça Çeşidine Bağlı Parti, Talep, GAS ve Hammadde Değerleri

Parça Tipi	Parti Hacimleri			Talep	Gelişler Arası Süre (GAS)	Hammadde	
	7	10	20		Ortalaması	Maliyeti(TL)	
	Parti Sayıları						
1	1		42	833	251,4	20.000	
2			42	833	251,4	20.000	
3		6		56	1760	50.000	
4		7		66	1509	50.000	
5				7	10560	50.000	
6		13		128	812	50.000	
7			42	843	251,4	20.000	
8		1		10	10560	50.000	
9			42	843	251,4	20.000	
10			42	843	251,4	20.000	
11			42	843	251,4	20.000	
12			7	69	1509	50.000	
13			7	66	1509	50.000	
14			7	66	1509	50.000	
15				3	56	3520	50.000
16				6	121	1760	50.000
17				3	59	3520	50.000

Tablo 5-7. Sistemlere Ait Maliyet Değerleri

	KİS (TL)	YİS (TL)	EİS (TL)
Üretim Alanı ve Maliyeti	450 m ² , 0,52	175 m ² , 0,52	210 m ² , 0,52
Operatör Miktarı ve Maliyeti	24 kişi , 250	7 kişi , 250	3 kişi , 250
Vasıfsız İşçi Miktarı ve Maliyeti	3 kişi , 83	2 kişi , 83	1 kişi , 83
Programlama Maliyeti	0	19	38
Bakım Maliyeti	86	100	125
Kontrol Maliyeti	625	625	-
Diğer (ısı, ışık, eğitim vd.)	695	695	710

5.1.1. Modelin Uygulanması

Dişli ve volan imalatı bölümünün mevcut imalat koşulları içindeki davranışını incelemek amacıyla sistem mevcut haliyle çalıştırılır. Operasyonel ve maliyet değerleri fabrika kaynakları, literatür ve tezgah veya sistem satıcıları ile etkileşimli çalışarak elde edildikten sonra yalnızca CNC tezgahlardan meydana gelen Yan Otomatik Sistem ile Torna ve İşleme Merkezlerinden meydana gelen Esnek İmalat Sistemi incelenmektedir. Bu incelemede aynı miktar talebi mevcut sistemle aynı sürede üretme önşartı, kapasite kullanım oranlarının mümkün olduğu kadar yüksek tutulması ve kuyruk miktarının imalatçı tarafından belirlenen değerlerin altında kalması kısıtı gözönünde tutularak, sistem konfigürasyonları ile operasyonel performans ve ekonomik performans değerleri elde edilmektedir.

Üç farklı sistemin mevcut imalat koşullarından sonra, geleceğe yönelik olarak parça çeşit, hacim ve sistem arıza değerlerine yeni değerler atanarak operasyonel, ekonomik ve stratejik açıdan sistemin davranış değerleri elde edilir. Bu aşamada sisteme üretim zamanı, talep, KKO ve kuyruk miktarı açısından bir kısıt getirilmemiştir.

Modelin son aşamasında, karar verici yapılan incelemelerden elde edilen bilgilere dayanarak karar modeline girdi sağlar ve sistem seçimi yapılır.

Aşağıda, model varsayımlarından sonra sırasıyla, yapılan işlemlerden elde edilen tezgahlara bağlı zaman değerleri, ürünlere bağlı zaman ve maliyet değerleri ile sistemlerin değişimlere verdiği cevapların değerleri verilmektedir.

Varsayımlar

- Yatırım değerlendirmesinde sistemlerin firma performansına etkileri yalnızca fiziksel imalat alanı içindeki faaliyetlerle sınırlıdır. Yönetim, planlama, pazarlama gibi dolaylı imalat faaliyetleri model kapsamı dışındadır. İmalat alanı olarak parçanın hammadde deposundan çıkıp mamul deposuna girinceye kadar geçirdiği işlemlerin yapıldığı alan kastedilmektedir.

- İşlem süreleri parti işlem süreleri olarak alınmıştır.

- Mamul talebi ve mühendislik değişiklikleri planlama periyodu süresince bilinendeğerlerde ve sabit olarak kabul edilir.

- Sistem seçeneklerini klasik yarı otomatik ve esnek imalat sistemi oluşturmaktadır. Klasik ve CNC tezgahların birlikte çalıştığı hibrit sistem fabrika yönetimi tarafından talep edilmediğinden incelenmemiştir. Ancak geliştirilen modellerle bu işlem mümkündür.

- İmalat sistemlerini oluşturan elemanların; tezgahlar, MTS, merkezi bilgisayar vd. türleri, özellikleri, yetenek sınırları, ömürleri yatırım maliyetleri vb. ile işlenecek parça özellikleri ve operasyonlar ile ilgili tüm bilgiler bilinmektedir.

- Bütün parçalar her üç seçenek sistemde de işlenebilir. Karmaşık parçalardan doğan güçlük yalnızca zaman üzerinde etkilidir.

- EİS'de parçalar bir sonraki operasyona gitmeden y/b istasyonuna giderler.

- Kuyruk kısıtı vardır ve karar verici tarafından belirlenir.

- Model içerisinde ilk giren ilk çıkar, son giren ilk çıkar, en kısa termin zamanı önce, en kısa işlem zamanı önce ve en uzun işlem zamanı önce olmak üzere beş çeşit öncelik kuralı tanımlanmıştır. Kuyruktaki parçalar, karar vericinin seçeceği önceliğe göre işleme alınırlar. Uygulama ilk giren ilk çıkar kuralına göre yapılmıştır.

- Palet, takım ve tertibat kısıtı yoktur.

- Amortisman maliyeti hesabında doğrusal amortisman yöntemi kullanılmıştır.

- Parça kontrolleri (Inspection) KİS ve YİS'de operatör tarafından EİS'de ise tezgah tarafından otomatik olarak yapılır.

- Sistemlere ait satıcı tarafından verilen servis kolaylıkları ve sistem emniyeti her üç sistem içinde aynıdır ve yatırım kararını etkilememektedir.

- EİS'de bir otomatik klavuzlu taşıyıcı vardır.

- Taşıma zamanı her üç sistemde de işleme zamanını geciktirmez (off line)

- Tesis tasarımı yatırım kararını etkilemez.

- Tezgahların periyodik bakımı hafta sonları yapılmakta ve yıllık bakımla birlikte üretim zamanını engellememektedir.

- Sistemlerde yalnızca tezgah bozulmaları gözönüne alınmaktadır. MTS ve merkezi bilgisayar bozulmaları gözönüne alınmamıştır.

- Enflasyon etkisi model kapsamı dışında bırakılmıştır.

- Modelde kullanılan dağılımların güvenilirlik testi yapılmamıştır. İncelenen sisteme ilişkin geçmiş dönemlere ait verilere ulaşmak ve sistemi uzun süre gözlemek mümkün olmadığından planlama departmanından alınan bilgiler dahilinde aşağıdaki dağılımlar kullanılmıştır.

Gelişler Arası Sürelerin Dağılımı	: Üstel
Bozulmalar Arası Sürelerin Dağılımı	: Üstel
Onarım Sürelerinin Dağılımı	: Üstel

5.1.2. Modelin Geçerliliği

Model, rassal sayılara bağlı olarak her çalıştırılışında model parametrelerinin aldığı değerler farklı olmaktadır. Bu nedenle modelin seçilen bir N deney sayısı için denenmesi ve çıktıların ortalamasına en yakın değeri veren çıktıdaki parametre gurubunun kullanılması gerekmektedir. Bu amaçla Akün (1973)'ün belirttiği gibi model n adet nümune gurubu elde etmek amacıyla çalıştırılarak gurubun ortalaması ve standart sapması bulunduktan sonra yığını temsil eden ortalama ve standart sapma değerleri için deney sayısı belirlenmektedir.

Yukarıdaki yöntem uyarınca model, klasik imalat sistemi için 20 defa çalıştırılmış ve aşağıdaki tablodaki imalat zamanlarına ait ilk 20 değer elde edilmiştir. Bu nümune gurubunun ortalaması $x = 15260$, standart sapması ise $\sigma = 129$ bulunmuştur. Bu durumda bağıl hata 0,003, güvenilirlik derecesi % 98 alınarak aşağıdaki ifadede yerlerine konmuştur.

$$n = \frac{z^2}{\left(\frac{x - x'}{x'}\right)^2} \cdot \left(\frac{\sigma'}{x}\right)^2$$

$$n = \frac{2.32^2}{0.003^2} \cdot \left(\frac{129}{15260}\right)^2$$

$$n = 43 \text{ deney}$$

x : Nümune ortalaması

x' : Yığın ortalaması

σ' : Yığın standart sapması

z : Normal dağılım için güvenilirlik dönüşüm parametresi

Yapılan 43 deneyin sonunda elde edilen imalat zamanları aşağıdaki tabloda görülmektedir. Elde edilen sonuçların ortalaması $\bar{x} = 15251$ standart sapması ise $\sigma = 208$ bulunmuştur. Buna bağlı olarak modelde kullanılacak tüm parametrik değerler, yığının ortalamasına en yakın değere sahip yani imalat zamanı 15253 olan çıktının parametrik değerleri olacaktır. YİS ve EİS için klasik sistemde rassal sayılara bağlı olarak oluşan değişken değerleri bilgisayarda bir dosyaya kaydedilerek aynen kullanılmışlardır.

Tablo 5-8. Deney Sonuçları

01 - 15540	12 - 15511	23 - 14932	34 - 15069
02 - 15124	13 - 15094	24 - 15318	35 - 15280
03 - 15769	14 - 15535	25 - 15170	36 - 15212
04 - 15344	15 - 15355	26 - 15542	37 - 15232
05 - 15260	16 - 15284	27 - 14751	38 - 15155
06 - 15438	17 - 15192	28 - 15128	39 - 15220
07 - 15294	18 - 15223	29 - 15072	40 - 15313
08 - 15253	19 - 15495	30 - 15062	41 - 15208
09 - 15532	20 - 14954	31 - 14681	42 - 15359
10 - 15397	21 - 15300	32 - 15332	43 - 15287
11 - 15243	22 - 15329	33 - 15035	

Uygulamada kullanılacak çıktı grubunun belirlenmesinden sonra kullanılan modelin gerçek sistemi temsil edebilme yeteneğinin sınanması gerekmektedir.

Barlas, Carpenter (1990)'a göre simülasyon modelleri, bilimsel sorgulamaya temel teşkil edecek formel, objektif ve kantitatif model geçerlilik prosedürüne göre test edilemezler. Çünkü geçerlilik, problemin içeriğine ve doğasına bağlı olup sosyal, sezgisel ve kalitatif bir süreçtir. Dolayısıyla modellerin geçerlilikleri ispatlanamaz, ancak geçerli oldukları yargısına varılabilir.

Çalışmanın bu bölümünde yukarıdaki yaklaşım temel alınarak operasyonel performans modeli fabrikadaki gerçek sistem çıktılarıyla karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma 1 aylık sürede partilerin hangi oranlarda tamamlandığına ve parçaların tamamının üretim zamanına bakılarak yapılmaktadır. Değerler aşağıda gösterilmektedir.

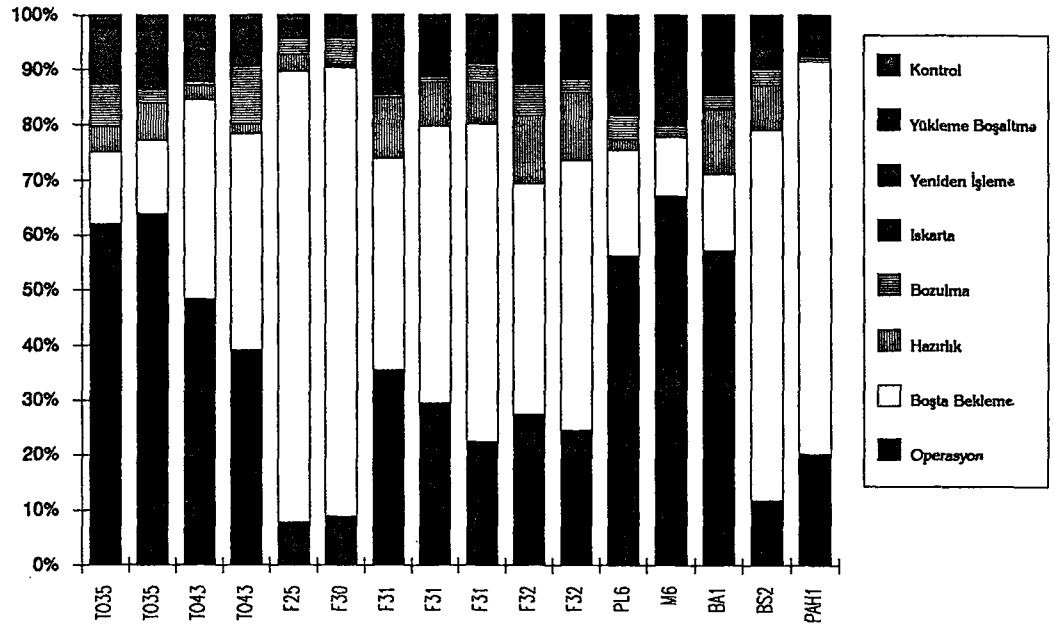
Tablo 5-9. Model ve Gerçek Sistemde
Parti Tamamlanma Oranları

Parça No	Parti Tamamlanma Oranları (%)	
	Gerçek Sistem	Model
1	64	64
2	57	74
3	100	100
4	86	71
5	100	100
6	31	62
7	74	79
8	100	100
9	100	93
10	89	83
11	64	67
12	100	100
13	86	86
14	71	86
15	100	100
16	67	73
17	100	100

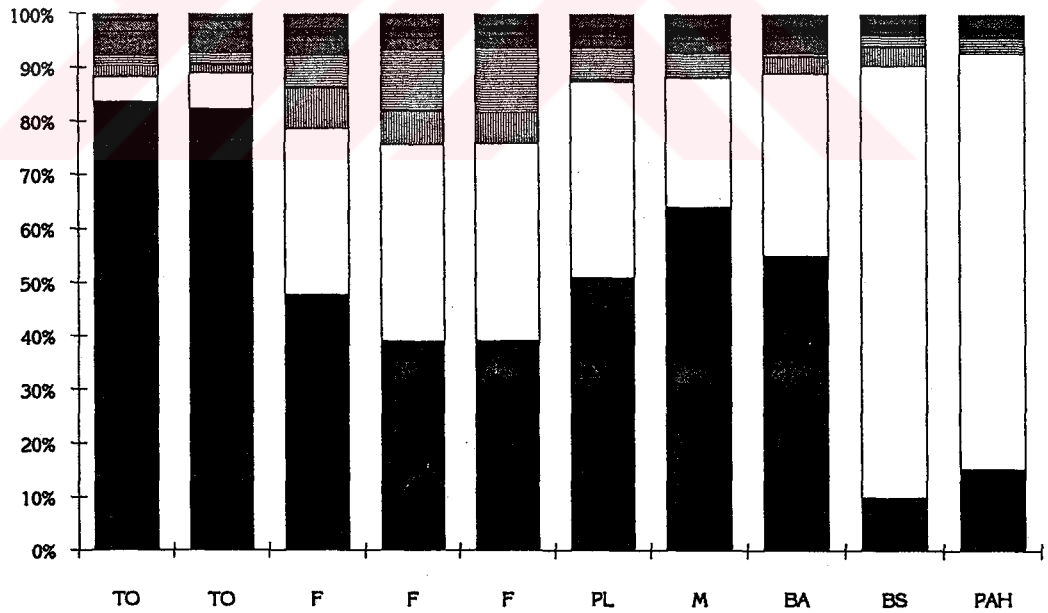
Tüm parçaların tamamlanma zamanı ise gerçek sistemde 35 gün alırken model 32,7 günlük bir tamamlanma süresi vermiştir. Kusurlu parça miktarlarının, parçaların sisteme girişlerinin ve anızaların probablistik bir yapıya sahip olduğu düşünülürse yukarıdaki değerlerin gerçeğe yeteri derecede yakın olduğu kabul edilebilir. İmalat maliyeti değerlerine ise ulaşamamıştır, ancak ekonomik değerlerin de operasyonel değerler gibi planlama departmanı tarafından, gerçeğe uygun olduğu ve modelin gerçek sistemi temsil edebileceği kabul edilmiştir.

5.1.3. Operasyonel Performans Değerleri

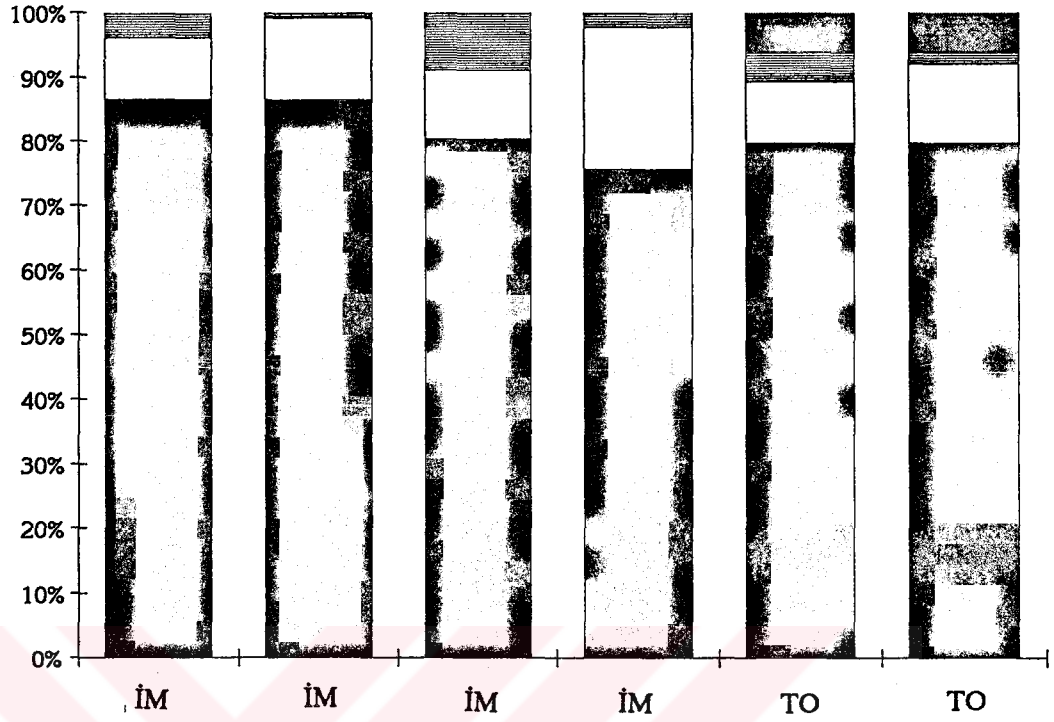
Sözkonusu sistemlerdeki tezgahların performans değerlerinden de anlaşılacağı üzere, kapasite kullanım oranlarının en yüksek olduğu tezgahlar EİS'ndedir. Bunun temel nedeni EİS' nin HZ, Y/BZ ve kontrol gibi katma değersiz faaliyetlere harcanan zamanı ortadan kaldırılması veya imalatı engellemeden yapabilmesidir. Diyagramlarda göze çarpan diğer bir özellik ise kapasite kullanımının ileri teknoloji



Şekil 5-1. KİS Tezgah Performans Değerleri



Şekil 5-2. YİS Tezgah Performans Değerleri



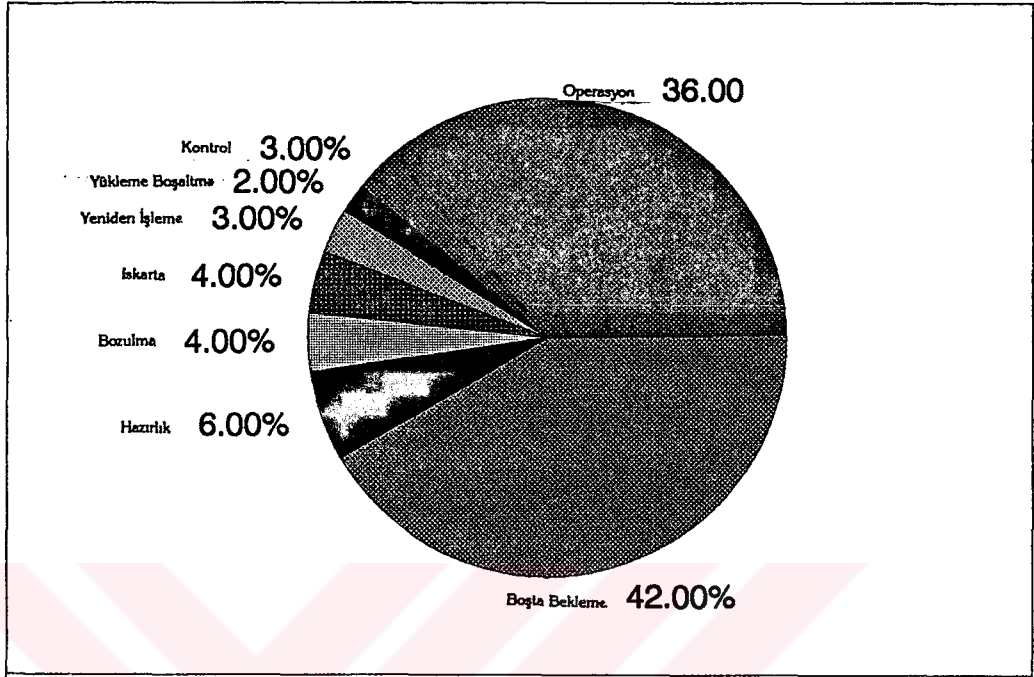
Şekil 5-3. EİS Tezgah Performans Değerleri

sistemlerde daha dengeli bir yapıda olmasıdır. Tezgahların birbirlerini ikame edebilmeleri bunda çok önemli bir rol oynamaktadır.

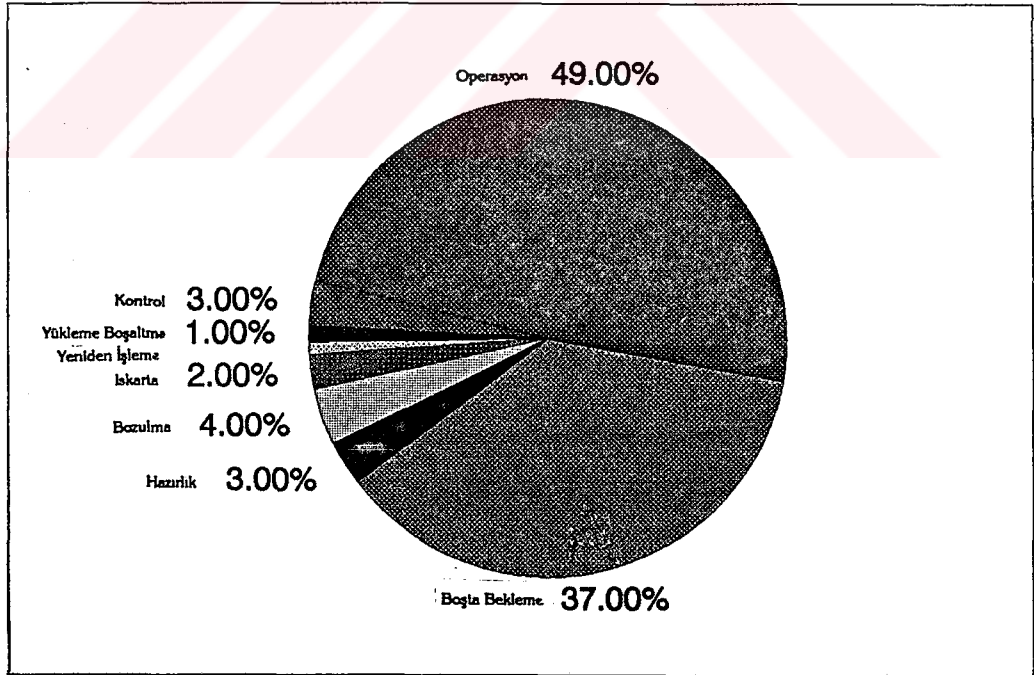
KİS'nde ve kısmen de YİS'nde F25, F30 ve Broş tezgahlarında KKO'nın bu denli küçük olması o işlemleri başka tezgahların yapamayacak durumda olmasından kaynaklanır. Ayrıca birden fazla benzeri olan KİS'ndeki F31 ve YİS'ndeki Freze tezgahlarının miktarında, tüm parçaların üretim zamanlarının fabrika yönetimi tarafından belli bir değerde tutulması istendiğinden, bir azaltmaya gidilmesi mümkün olmamaktadır.

Buna ilaveten, EİS bir tek OKT'ya sahiptir ve kapasite kullanım oranı % 29,2 olarak tespit edildiğinden sistem için bir OKT yeterli görülmüştür.

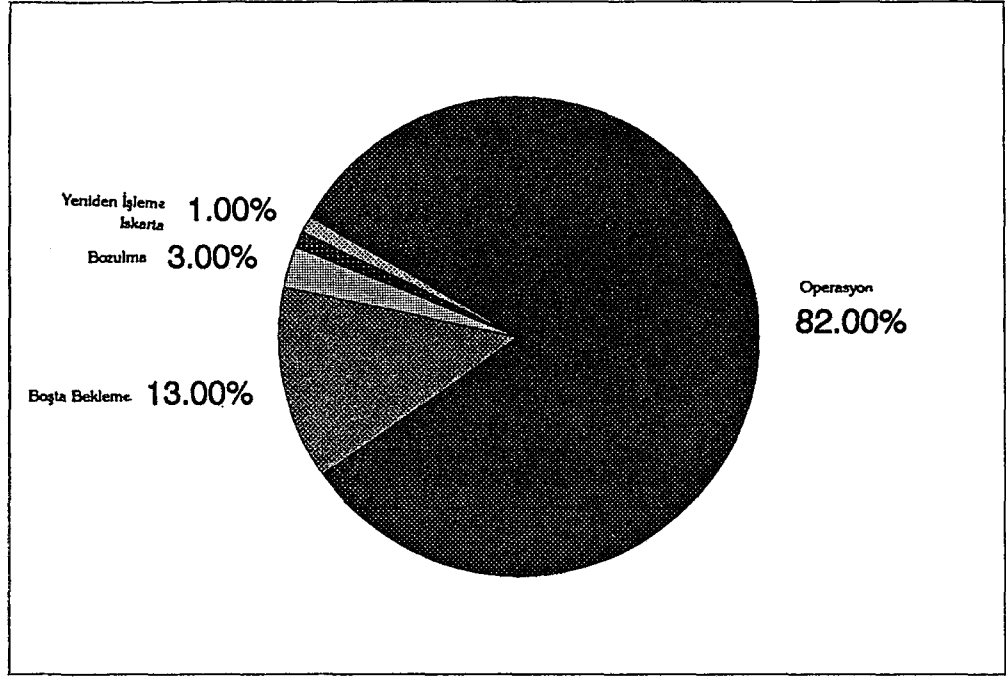
Sistem Performans Değerleri



Şekil 5-4. KİS Ortalama Performans Değerleri



Şekil 5-5. YİS Ortalama Performans Değerleri



Şekil 5-6. EİS Ortalama Performans Değerleri

Yukarıdaki şekillerde sistemler için ortalama performans değerleri verilmektedir. Bu değerler, tüm tezgahların benzer faaliyetler için harcadıkları zamanların ortalamaları alınarak bulunmuştur. Tezgahlar arası sinerji etkisi ve bazı tezgahların sistemin ortalama zaman değerlerini çok düşürdüğü veya yükselttiği gözönünde tutulursa tezgahların ayrı ayrı performans değerlerinin sistemin performans değerini tam olarak yansıtmayacağı düşünülebilir. Örneğin KİS’inde atıl zaman % 42 olarak görülmektedir. Bu değere göre sistem yüklendiğinde KKO yüksek olan tezgahlarda dar boğaz meydana gelebilir ve sistem tıkanabilir. Ancak bu şekilde bir gösterim, sistem içi faaliyetlerin genel değerlendirmesi ve sistemlerarası kıyasa oldukça faydalıdır. Buna ilaveten, karar modelinde operasyonel performansın değerlendirilmesi açısından da önemlidir. Aşağıda, sistemlere ait kapasite kullanım ve kayıp zaman oranı değerleri verilmektedir.

Tablo 5-10. Sistemlerin KKO ve KZO Değerleri

	KİS	YİS	EİS
KKO (%)	36	49	82
KZO (%)	22	13	5

Ürünler Bağı Olarak Zaman Değerleri

Aşağıdaki tablolarda herbir sistem için ürün çeşidine bağı olarak zaman değerleri görülmektedir.

Tablo 5-11. KİS İçin İmalat Zaman Değerleri (dk)

Ürün No	Ortala. ÜİE	Operas. Zamanı	Hazırlık Zamanı	Kontrol Zamanı	Taşıma Zamanı	Bağı Çöz. Z.	Yeniden İşl. Z.	İskarta Zamanı
1	191.684	27930.0	1740.0	1200.0	1700.0	1050.0	1722.0	2814.0
2	201.245	28308.0	1990.0	1220.0	1700.0	630.0	1890.0	2940.0
3	1.116	222.0	180.0	60.0	20.0	42.0	12.0	12.0
4	1.432	259.0	150.0	50.0	20.0	49.0	14.0	14.0
5	0.074	26.0	30.0	10.0	20.0	7.0	2.0	1.0
6	2.543	481.0	390.0	130.0	20.0	91.0	26.0	26.0
7	26.879	4536.0	2820.0	1060.0	1280.0	504.0	420.0	714.0
8	0.040	20.0	20.0	10.0	20.0	5.0	3.0	4.0
9	3.260	1344.0	40.0	20.0	20.0	210.0	168.0	252.0
10	61.227	11004.0	2280.0	860.0	860.0	378.0	840.00	1722.0
11	64.080	11340.0	2680.0	1350.0	1700.0	630.0	1470.0	1596.0
12	0.587	210.0	150.0	110.0	90.0	56.0	28.0	28.0
13	0.479	175.0	180.0	60.0	20.0	35.0	21.0	28.0
14	1.756	770.0	560.0	270.0	230.0	112.0	84.0	105.0
15	2.052	534.0	180.0	90.0	80.0	39.0	57.0	75.0
16	12.997	4710.0	600.0	240.0	260.0	84.0	90.0	162.0
17	5.538	3255.0	138.0	100.0	110.0	39.0	90.0	123.0
		95124.0	14128.0	6840.0	8150.0	3961.0	6937.0	10616.0

Tablo 5-12. YİS İçin İmalat Zaman Değerleri (dk)

Ürün No	Ortala. ÜİE	Operas. Zamanı	Hazırlık Zamanı	Kontrol Zamanı	Taşıma Zamanı	Bağı Çöz. Z.	Yeniden İşl. Z.	İskarta Zamanı
1	181.766	24570.0	420.0	540.0	1280.0	336.0	462.0	1092.0
2	171.510	24402.0	501.0	560.0	1280.0	168.0	462.0	1134.0
3	0.443	222.0	60.0	30.0	20.0	18.0	6.0	12.0
4	0.503	259.0	40.0	20.0	20.0	21.0	7.0	14.0
5	0.020	26.0	10.0	5.0	20.0	3.0	1.0	1.0
6	0.757	481.0	130.0	65.0	20.0	39.0	13.0	26.0
7	25.071	4116.0	820.0	540.0	1280.0	168.0	168.0	210.0
8	0.059	20.0	10.0	5.0	20.0	2.0	1.0	1.0
9	11.103	1344.0	370.0	185.0	20.0	84.0	42.0	84.0
10	29.694	9618.0	700.0	315.0	440.0	84.0	210.0	462.0
11	38.020	8946.0	1145.0	700.0	1700.0	420.0	194.0	336.0
12	0.916	210.0	105.0	65.0	90.0	28.0	14.0	7.0
13	0.717	175.0	70.0	35.0	20.0	21.0	7.0	7.0
14	1.591	623.0	235.0	125.0	230.0	56.0	28.0	28.0
15	3.560	489.0	90.0	45.0	80.0	15.0	15.0	21.0
16	11.367	972.0	180.0	105.0	260.0	54.0	30.0	36.0
17	6.028	717.0	30.0	45.0	110.0	27.0	21.0	33.0
		77190.0	4916.0	3385.0	6890.0	1544.0	1781.0	3504.0

Tablo 5-13. EİS İçin İmalat Zaman Değerleri (dk)

Ürün No	Ortala. ÜİE	Operas. Zamanı	Hazırlık Zamanı	Kontrol Zamanı	Taşıma Zamanı	Bağla Çöz. Z.	Yeniden İşl. Z.	Iskarta Zamanı
1	190.955	23100.0	0.0	0.0	336.0	0.0	210.0	546.00
2	183.350	22596.0	0.0	0.0	336.0	0.0	294.0	714.0
3	3.115	222.0	0.0	0.0	24.0	0.0	0.0	0.0
4	4.111	259.0	0.0	0.0	28.0	0.0	0.0	0.0
5	0.450	26.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0
6	6.320	481.0	0.0	0.0	52.0	0.0	0.0	0.0
7	42.309	3948.0	0.0	0.0	168.0	0.0	0.0	0.0
8	0.572	20.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0
9	45.788	1344.0	0.0	0.0	168.0	0.0	0.0	0.0
10	52.499	9408.0	0.0	0.0	168.0	0.0	0.0	0.0
11	47.466	8148.0	0.0	0.0	168.0	0.0	0.0	0.0
12	2.897	210.0	0.0	0.0	28.0	0.0	0.0	0.0
13	3.725	175.0	0.0	0.0	28.0	0.0	0.0	0.0
14	2.808	581.0	0.0	0.0	28.0	0.0	0.0	0.0
15	3.585	468.0	0.0	0.0	12.0	0.0	0.0	0.0
16	18.137	900.0	0.0	0.0	72.0	0.0	0.0	0.0
17	11.401	690.0	0.0	0.0	36.0	0.0	0.0	0.0
		72576.0	0.0	0.0	1660.0	0.0	504.0	1260.0

5.1.4. Ekonomik Performans Değerleri

Aşağıdaki tablolarda her bir sistem için ürünlere bağlı olarak maliyet değerleri verilmektedir.

Tablo 5-14. KİS İçin Maliyet Değerleri (TL)

Ürün No	Malzeme Maliyeti	İş Gücü Maliyeti	Alan Maliyeti	Program Maliyeti	Bakım Maliyeti	Kontrol Maliyeti
1	32143	30514	1154	0	461	893
2	32143	31937	1171	0	470	908
3	53333	6150	234	0	49	625
4	52857	5350	204	0	49	446
5	57143	8759	289	0	49	893
6	52692	6064	234	0	49	625
7	32619	8878	318	0	80	789
8	60000	5178	165	0	32	625
9	23548	1660	64	0	25	15
10	30810	14336	541	0	192	640
11	36262	16421	604	0	204	1004
12	60000	6276	221	0	45	982
13	59286	4990	190	0	38	536
14	82857	20061	722	0	163	2411
15	70833	11701	432	0	132	938
16	83333	34429	1304	0	493	1250
17	71667	43369	1660	0	689	1042

Ürün No	Tezgah Maliyeti	Takım Maliyeti	Tertibat Maliyeti	Diğer Maliyet.	ÜİE Maliyeti	Hazırlık Maliyeti	Birim Maliyet	Toplam Maliyet
1	2370	2090	721	3382	881	1569	76177	63989024
2	2956	2270	755	3428	896	1775	77710	65276191
3	115	182	85	680	734	351	62540	3752375
4	115	182	85	591	715	272	60867	4260724
5	117	184	86	1021	819	491	69851	488958
6	115	182	85	667	725	351	61790	8032755
7	429	348	218	1004	534	1039	46256	38855275
8	135	135	94	610	800	514	68289	682885
9	105	105	73	182	308	101	26185	21995502
10	1050	734	483	1590	602	1246	52223	43867430
11	1065	858	538	1840	702	1419	60918	51171327
12	196	184	117	715	821	698	70254	4917800
13	200	160	111	552	789	708	67559	4729137
14	849	682	440	2266	1319	2387	114157	7991016
15	687	545	360	1309	1038	1267	89243	5354572
16	1958	602	558	3813	1526	1506	130771	15692510
17	2909	823	815	4783	1526	1380	130663	7839758
								348897242

Tablo 5-15. YİS için Maliyet Değerleri (TL)

Ürün No	Malzeme Maliyeti	İş Gücü Maliyeti	Alan Maliyeti	Program Maliyeti	Bakım Maliyeti	Kontrol Maliyeti
1	23333	19237	971	114	599	402
2	23333	19107	965	113	597	417
3	52500	2991	149	15	77	313
4	52143	2779	139	15	77	179
5	57143	4198	161	15	77	446
6	52308	2922	149	15	77	313
7	23143	4223	189	20	103	402
8	55000	2547	93	8	42	313
9	21071	1248	65	6	34	138
10	21714	7737	392	45	236	234
11	23857	8235	388	42	220	521
12	53571	3245	143	12	64	580
13	52857	2219	110	10	52	313
14	58571	8659	385	36	187	1116
15	57500	6359	304	32	169	469
16	58750	6732	307	32	167	547
17	58333	8690	416	47	248	469

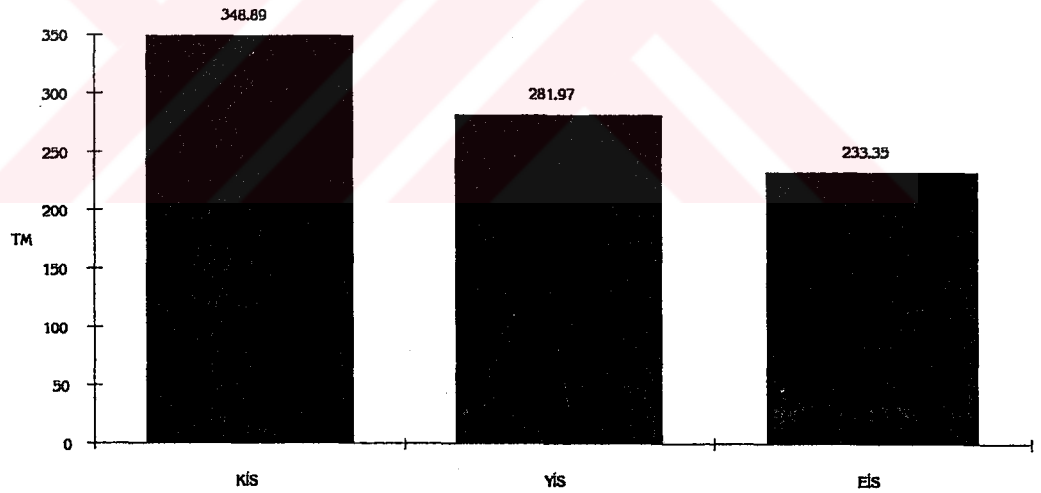
Ürün No	Tezgah Maliyeti	Takım Maliyeti	Tertibat Maliyeti	Diğer Maliyet.	ÜİE Maliyeti	Hazırlık Maliyeti	Birim Maliyet	Toplam Maliyet
1	8587	1642	575	7062	2281	760	65564	55074089
2	8886	1750	587	7014	2307	763	65839	55304923
3	875	178	83	1095	1124	709	60109	3606519
4	875	178	83	1018	1821	699	58965	4127529
5	875	178	83	1464	1530	786	66956	468692
6	875	178	83	1075	1125	705	59824	7777111
7	1981	274	172	1514	1957	389	34367	28868173
8	894	110	76	880	1890	729	62581	625809
9	711	88	61	460	906	290	25077	21064995
10	4348	547	356	2843	1928	468	40850	34313897
11	4159	569	350	2981	3019	503	44845	37669751
12	1203	159	99	1160	2819	733	63888	4472190
13	1097	135	94	811	1989	702	60388	4227181
14	3634	483	309	3099	5765	930	83174	5822206
15	3348	428	281	2309	2976	866	75041	4502446
16	3130	437	269	2421	2960	885	76636	9196324
17	5083	636	431	3155	2448	943	80899	4853937
								281975774

Tablo 5-16. EİS için Maliyet Değerleri (TL)

Ürün No	Malzeme Maliyeti	Mlz.Taş. Maliyeti	Mrk. Bil. Maliyeti	İş Gücü Maliyeti	Alan Maliyeti	Program Maliyeti	Hazırlık Maliyeti
1	21000	500	6201	4206	610	212	689
2	21000	500	6065	4114	597	207	918
3	50000	500	834	589	82	29	0
4	50000	500	834	589	82	29	0
5	50000	714	837	602	82	29	0
6	50000	500	834	589	82	29	0
7	20000	250	1060	728	104	36	0
8	50000	500	451	330	44	15	0
9	20000	250	361	256	36	12	0
10	20000	250	2525	1730	249	86	0
11	20000	250	2187	1489	215	75	0
12	50000	500	676	482	67	23	0
13	50000	500	564	406	55	19	0
14	50000	500	1871	1390	184	64	0
15	50000	250	1759	1200	173	60	0
16	50000	750	1691	1161	166	58	0
17	50000	750	2593	1763	255	89	0

Ürün No	Bakım Maliyeti	Tezgah Maliyeti	Takım Maliyeti	Tertibat Maliyeti	Diğer Maliyet.	ÜİE Maliyeti	Birim Maliyet	Toplam Maliyet
1	698	14406	1287	681	3846	593	54929	46140360
2	682	12419	1328	635	3765	567	52796	44348640
3	94	2544	148	103	639	626	56187	3371195
4	94	2544	148	103	639	626	56187	3933061
5	94	2544	148	103	639	626	56492	395446
6	94	2544	148	103	639	626	56187	7304256
7	119	3231	188	131	707	299	26853	22556749
8	51	1375	80	56	408	601	53910	539102
9	41	1100	64	44	285	253	22706	19691814
10	284	7700	448	311	1658	397	35642	30575284
11	246	6669	388	269	1386	374	33543	28385944
12	76	2063	120	83	544	616	55225	3983550
13	63	1719	100	69	476	608	54579	3936605
14	211	5706	332	231	1808	702	62999	4409904
15	198	5362	312	217	1128	683	61342	3680542
16	190	5156	300	208	1121	685	61487	7378446
17	292	7906	460	319	1631	744	66803	4008150
								234639048

Yukarıdaki tablolardan da görüleceği üzere sırasıyla EİS ve YİS, hem birim maliyet hem de toplam maliyet açısından klasik sisteme göre daha ucuza imalat yapmaktadır.



Şekil 5-7. Sistemlere Ait Toplam İmalat Maliyeti Değerleri (10⁶ TL)

Buna ilaveten, sistemlerin kıyaslanması ve firma genel performansını yansıtmaları açısından çok önemli olan karlılık oranları belirlenmektedir. Bu işlem için yukarıda hesaplanan birim imalat maliyetinden birim üretim maliyetine geçilmesi ve bu değerlerin satış fiyatıyla birlikte karlılık oranının

- İlgilenilen problem çok boyutlu, çok kısıtlı ve riskli bir konuyu içermektedir. Bu yüzden kurulan modelde sezgisel yaklaşımdan mümkün olduğunca uzak durulmakta ve bilimin sağladığı en uygun yöntemlere dayanarak çözüm getirilmeye çalışılmaktadır. Bu amaçla yöneylem araştırması yöntemlerinden biri olan Simülasyon Yöntemi, finansal değerlendirme yönteminden GÖS, NBD ve YGD ve Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemi kullanılmaktadır.

- Kurulan model büyümeye karşı esnektir. Modüler bir yapıya sahip olduğundan ilave modüller eklenebilir ve değişik amaçlar için de kullanılabilir.

- Kurulan modelin en büyük amaçlarından biri, karar vericiyi mümkün olduğu kadar fazla nitelikli bilgi ile donatmaktır. Bu sayede karar vericinin hem yatırımı her yönüyle değerlendirmesi, hem de kişisel yargılarına mümkün olduğu kadar az başvurmasının sağlanması düşünülmektedir.

- Modelde imalat sistemlerinin imalat karakteristiklerine uygunlukları da test edilmektedir. Bu işlem sistemlerin imalat sırasındaki davranışlarını yansıtan performans değerleriyle yapılmaktadır. Öyleki, bir yatırım seçeneği diğer seçeneklere göre ekonomik ve stratejik açıdan daha az çekici olsa bile işe daha uygun olması durumunda tercih edilebilir.

- İncelenen araştırmalardaki temel inanış, yatırımın değerinin genel bir standart ile ölçülebileceği, bu standartın ise paranın değeri olduğudur. Ancak işletme amaçlarına hizmet eden fakat parasal değer olarak açıklanamayan subjektif getirilerin (esneklik vb.) varlığı da ortaya çıkmıştır. Geliştirilen modelde bu gerçek gözönünde bulundurularak subjektif değerlerde sistematik olarak değerlendirilmeye katılmıştır.

- Modelin gerçek sisteme uygulanmasıyla ortaya çıkan sonuç ilginç olduğu kadar önemlidir. Uygulama sonucu hatırlanacak olursa, mevcut imalat sistemi, mevcut ve gelecekteki üretim koşulları için oldukça iyi sonuç vermiştir. Bu da ileri teknoloji kullanmış olmak için, ileri teknolojiye yatırım yapılmamalı sonucunu doğurmaktadır. Bazı durumlarda klasik imalat sisteminin diğer sistemlere göre firma amaçlarına daha iyi hizmet edebildiği her zaman için gözönünde tutulmalıdır. O halde, yatırım yapılacak imalat sistemi, mevcut ve gelecekteki mamul özellikleri ve üretim koşulları ile firmanın imalat ve organizasyonel karakteristiklerine en uygun sistem olmalıdır.

Bu çalışma ile teknoloji yatırımı konusuna yeni bir boyut getirilmeye çalışılmıştır. Ancak bu çalışma üzerinde gelecekte yapılabilmesi her zaman mümkün olan bazı araştırma önerileri şu şekilde sıralanabilir;

- Modelde parçaların sisteme girişleri, hatalı parça işleme ve arızalar ile ilgili olanlar haricindeki değişkenler deterministik olarak kabul edilmiştir. Bu değişkenler modelde stokastik olarak temsil edilebilirler,

- Model, yalnızca imalat sistemini değil tüm üretim sistemini kapsayacak şekilde genişletilebilir,

- Karar modelindeki pazar doygunluğu ve teknolojik liderlik kavramları daha detaylandırılabilir,

- Geliştirilen modelin hizmet sektörüne adaptasyonu geniş kapsamlı bir çalışma gibi gözükmesine rağmen ilginç bir çalışma olabilir.



KAYNAKLAR

- AIREY, J., YOUNG, C. (1985), "Economic Justification of FMS - Counting the Strategic Benefits", International Trends in Manufacturing Technology, FMS, IFS Ltd.
- AKKURT, M. (1979), "Makina Elemanları", Birsen Kitabevi Yayınları, İstanbul
- AKKURT, M. (1986), "Nümerik Kontrollü Tezgahlar ve Sistemler", Asil Teknik Yayın No:1
- AKÜN, F. (1973), "İstatistik ve Kalite Kontrolü" İstanbul Teknik Üniversitesi
- AMSTEAD, B., OSTWALD, P., BEGEMAN, M. (1987), "Manufacturing Processes", John Wiley and Sons.
- ANSOFF, H.I. (1965), "Corporate Strategy", Penguin, Harmondsworth
- ARBEL, A., SEIDMAN, A. (1984), "Performance Evaluation of FMS", IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics V. SMC-14, N.4
- AVONTS, H., GELDERS, F., WASSENHOVE, N. (1988), "Allocating Work Between an FMS and A Conventional Jobshop", Euro. J. of Op.Res. 33
- AZZONE, G., BERTELE, U. (1989) "Measuring the Economic Effectiveness of Flexible Automation: A New Approach", Int. J. Prod. Res. V.27, N.5
- BADIRU, A. (1990), "Strategic Planning for Automated Manufacturing", Justification Methods for CIM Systems, Elsevier
- BARLAS, Y., CARPENTER, S. (1990), "Validity of the Systems Dynamics Models", System Dynamics Review V.6, N.2, Summer
- BOADEN, R., DALE, B. (1990), "Justification of CIM: Some Insights Into the Practice", IEEE Trans. on Eng.Mgmt., V.37, N.4
- BUZACOTT, J., YAO, D. (1986), "FMS Systems: A Review of Analytical Models", Mgmt. Sci., V.12, N.7
- BUZACOTT, J. (1983), "Modelling Automated Manufacturing Systems", FMS, Current Issues and Models, Ind. Eng. Mgmt. Press

- CANADA, J. (1986), "Non-Traditional Method for Evaluating CIM Opportinutues Assigns Weight to Intangible", Ind. Eng., March
- CARLSSON, B. (1992), "Management of Flexible Manufacturing: An International Comparison", Omega, Int. J. of Mgmt. Sci., V.20, N.1
- CARRIE, A. (1988), "Simu lation of Manufacturing Systems", John Wiley and Sons Inc., New York
- CHANDRA, J., SCHALL, S. (1988), "Economic Justification of FMS Using the Leontief Input - Output Model", The Eng. Econ., V.34, N.1
- CHOOBINEH, F. (1986), "Justification of Flexible Manufacturing Systems", FMS, Current Issues and Models, Ind. Eng. Mgmt. Press
- COLEMAN, J. (1990), "Turning Around Small Shops", Manuf. Eng., July
- COOPER, R., KAPLAN, R. (1991), "Profit Priorities from Activity Based Costing", Harvard Business Review May/June
- CROSSLEY, T. ve diğ. (1988), "Justification of CIM Using Business Models Based on the Idefo Methodology", Proc. 4.th. Int. Conf. Simulation in Manufacturing, 251-262
- DALLAS, D. (1976), "Tool and Manufacturing Engineers Handbook", Society of Manuf. Eng., McGraw-Hill, New York
- DAY, D. ve diğ. (1987), " Strategy Maps: A Spatial Representation of Intra-Industry Competitive Strategy", Mgmt. Sci., V.33, N.12
- DİNÇMEN, M., ARAZ, T. (1992), "Atölye Tipi Üretimin Uzman Sistemlerle Benzetimi, Benzetimde İlerlemeler '92", Boğaziçi Üniversitesi
- DİNÇMEN, M. (1991), "Benzetim Tekniği ve Sanayide Uygulamalar", Sanayide Bilgisayar Kullanımı ve Otomasyon, 1990-91, İTÜ, KOSGEB
- DRUCKER, P. (1990), "The Emerging Theory of Manufacturing", Harvard Business Review, May/June
- DURMUŞOĞLU, B. (1991), "Bir Üretim Hücresinin Düzenlenmesi ve Yönetimi", YA/EM '91 14. Ulusal Kongresi, İTÜ
- EILON, S. (1985), "Determinanats of Corporate Performance", Omega Int. J. of Mgmt. Sci., V.13, N.6
- EILON, S. (1992), "On Competitiveness", Omega, Int. J. of Mgmt. Sci., V.20, N.1

- ERKUT, H. (1983), "Sistem Analizine Giriş", İTÜ Yayınları
- EVREN, R. (1979), "Klasik ve Nümerik Kontrollü Tezgahların Çok Ölçütlü Değerlendirmesi", Doktora Tezi, İTÜ
- FORTUIN, L. (1988), "Performance Indicators - Why, Where and How", Euro. J. Op. Res. 34
- FOSTER, R. (1982), "A Call for Vision in Managing Technology", Business Week, May 24
- FRAZELLE, E. (1986), "Flexibility: A Strategic Response in Changing Times", Ind. Eng., March
- GERWIN, D. (1988), "A Theory of Innovation Processes for CAM Technology", IEEE Trans. on Eng. Mgmt., V.35, N.2
- GERWIN, D. (1985), "Organizational Implications of CAM", Omega Int. J. of Mgmt. Sci., V.13, N.5
- GERWIN, D. (1982), "Do's and Don'ts of Computerized Manufacturing", Harvard Business Review, March/April
- GURNANI, C. (1985), "Capital Budgeting: Theory and Practice", The Eng. Econ., V.30, N.1
- GOLD, B. (1982), "CAM Sets New Rules for Production", Harvard Business Review, Nov./Dec.
- GOLD, B. (1986), "Some Emprical Perspectives on the Economic Effects of Technological Innovations", Omega, Int. J. of Mgmt. Sci., V.14, N.2
- GOLDHAR, J., JELINEK, M. (1983), "Plan for Economies of Scope", Harvard Business Review, Nov./Dec.
- GOLOMSKI, W. (1990), "Accounting Aspects of Automated Inspection Systems", Justification Methods for CIM Systems, Elsevier
- GREENWOOD, N. (1988), "Implementing Flexible Manufacturing Systems", John Wiley and Sons Inc., New York
- GROOVER, M. (1980), "Automation, Production Systems and CIM", Prentice Hall, Inc.
- GUIDNASON, C., RIIS, J. (1984), "Manufacturin Strategy", Omega Int. J. of Mgmt. Sci., V.12, N.6
- GUPTA, D., BUZACOTT, J. (1989), "Multiproduct Industries: A Case for Flexible Automation", Proceedings of the Third ORSA/TIMS Conference on FMS
- HARKER, J., WARGAS, L. (1987), "The Theory of Ratio Scale Estimation", Mgmt. Sci., V.15, N.11
- HART, M., HARRISON, R. (1987), "Innovation and Market Development: The Experience of Small Firms in a Peripheral Economy", Omega Int. J. of Mgmt. Sci., V.15, N.6

- HAYES, R., WHEELWRIGHT, S. (1979), "The Dynamics of Process - Product Life Cycles", Harvard Business Review, March/April
- HAYES, R., GARVIN, J. (1982), "Managing as if Tomorrow Mattered", Harvard Business Review, May/June
- HAYES, R., WHEELWRIGHT, S. (1984), "Restoring our Competitive Edge", John Wiley and Sons, New York
- HOUGH, P. (1989), "Cost Estimating for the Factory of Future", Proceedings of the Third ORSATIMS Conference on FMS
- HUANG, P., SAKURA, M. (1990), "Factory Automation: The Japanese Experience", IEEE Trans. on Eng. Mgmt., V.37, N.2
- HUNDY, B., HAMBLIN, D. (1988), "Risk and Assessment of Investment in New Technology", Int. J. Prob. Res., V.26, N.11
- HUTCHINSON, G. (1984), "Flexibility is Key to Economic Feasibility of Automating Small Batch Manufacturing", Ind. Eng., June
- HWANG, C., LIN, M. (1987), "Group Decision Making Under Multiple Criteria", Springer - Verlag, New York
- IVERSON, S., JORGENSEN, J. (1986), "Manufacturing Systems Delph Study", IEE Transactions, June
- KALKUNTE, M., SARIN, S., WILHELM, W. (1986), "FMS: A Review of Modelling Approaches for Design, Justification and Operation", FMS: Methods and Studies, Elsevier Science Publishers B.V.
- KAPLAN, R. (1986), "Must CIM be Justified by Faith Alone", Harvard Business Review, March/April
- KASSICIEH, S., SCHULTZ, C. (1987), "Decision Support Flexible Manufacturing Systems, Omega, Int. J. of Mgmt. Sci., V.15, N.6
- KENNY, G., DUNK, A. (1989), "The Utility Performance Measures", IEEE Trans. on Eng. Mgmt. V.36, N.1
- KIM, S. FARAGHAR (1981), "Current Capital Budgeting Practices", Mgmt. Accounting, June
- KIRAN, A., TUMAY, K. (1992), "Modelling Complex Manufacturing Systems Using ProModel PC", Benzetimde İlerlemeler'92, Boğaziçi Üniversitesi
- KLAHORST, T. (1983) "How to Justify Multimachine Systems", American Machinist, September

- KLEINDORFER, P., PARTOVI, F. (1990), "Integrating Manufacturing Strategy and Technology Choice", Euro. J. of Op. Res., V.47, N.2
- KOZIARSKI, A., KROLIKOWSKI, K. (1988), "The Calculation of Cost of Grinding on Conventional and CNC Grinding Machines in Small - Batch Shaft Production", Int. J. Mach Tools Manuf. V.28, N.2
- MEDLAND, A., BURNETT, P. (1986), "CAD CAM in Practice", Anchor Brendon Ltd., Tiptree, Essex
- KRINSKY, I., MILTENBURG, J. (1991), "Alternate Method for the Justification of Advanced Manufacturing Technologies", Int. J. Prod. Res., V.28, N.5
- KULATILAKA, N. (1984), "Financial, Economic and Strategic Issues Concerning the Decision to Invest in Advanced Automation", Int. J. Prod. Res., V.22, N.6
- KUSIAK, A. (1986), "Application of Operational Reserch Models and Techniques in FMS", Euro. J. of Op. Res., V.24
- LEIMKUHLER, F. ve diğ. (1983). "Flexible Manufacturing System Handbook", The Charles Stark Draper Laboratory, U. S. Army Tank - Automotive Command
- LEONG, G., SNYDER, D., WARD, P. (1990), "Research in Process and Content of Manufacturing Strategy", Omega, Int. J. of Mgmt. Sci., V.18. N.2
- MARCINIAK, J. (1985), "The Predesign of the Method Concerning the Assesments of the Undertakings of an Automation Nature", Ph. D. Thesis, Warsaw Technical University, PL.
- MAYNARD, H. (1971), "Industrial Engineering Handbook", McGraw-Hill, New York
- MEREDITH, J., SURESH, N. (1986), "Justification Techniques for Advanced Manufacturing Technologies", Int. J. Prod. Res. V.12, N.2
- MEREDITH, J. (1987), "The Strategic Advantages of New Manufacturing Technologies for Small Firms", Strategic Management Journal, May/June
- MILLER, J., VOLLMANN, T. (1985), "The Hidden Factory", Harvard Business Review, Sept./Oct.
- MILTENBURG, J., KRINSKY, I. (1987), "Evaluating Flexible Manufacturing Systems", IIE Transactions, V.19, N.2
- MITCHELL, Q., TOWNSEND, J. (1981), "Factory Automation", Wertheim Co. Inc. New York
- MONOHAN, G., SMUNT, T. (1987), "A Multilevel DSS for the Financial Justification of Automated FMS", Interfaces 17-6, Nov./Dec.

- MUNRO, H., NOORI, H. (1988), "Measuring Commitment to New Manufacturing Technology", IEEE Trans. on Eng. Mgmt., V.35, N.2
- MURAMATSU, R., ISHII, K., TAKAHASHI, K. (1985), "Some Ways to Increase Flexibility in Manufacturing Systems", Int. J. Prod. Res., V.23, N.4
- NELSON, C. (1986), "A Scoring Model for FMS Project Selection", Euro. J. of Op. Res. 24
- NESTMAN, C., WINDSOR, J. (1985), "DSS: A Perspective for Industrial Engineers", IIE Trans., V.17, N.1
- NISANCI, I. (1983), "An Integrated Approach for Designing and Evaluating FMS", Working Paper, Bradley Univ., USA
- OWEN, J. (1990), "Power and Free for Power On the Line", Manuf. Eng. March
- OWEN, J. (1991), "Justifying Manufacturing Flexibility", Manuf. Eng. March
- O'GUIN, M. (1987), "Information Age Calls for New Methods of Financial Analysis in Implementing Technologies", Ind. Eng. November
- ÖZOK, A.F. (1991), "Otomasyon, İşyükü Niteliklerinin Değişimi ve İnsan Performansı", Sanayide Bilgisayar Kullanımı ve Otomasyon 1990-91, İTÜ-KOSGEB
- PARK, A., SON, Y. (1988), "An Economic Evaluation Model for Advanced Manufacturing Systems", The Eng. Econ., V.34, N.1
- PARK, Y., PARK, E., NTUEN, C. (1990), "An Economic Model for Cellular Manufacturing Systems", Justification Methods for CIM Systems, Elsevier
- PARSAEI, H., WILHELM, M. (1989), "A Justification Methodology for Automated Manufacturing Technologies", Computers Ind. Eng., V.16, N.3
- PIKE, R., HO, S. (1991), "Risk Analysis in Capital Budgeting", Omega, Int. J. of Mgmt. Sci., V.19, N.4
- POLLARD, P., TAPSCOTT, C. (1989), "Investment Evaluation Methodology", Proceeding of the Third ORSA/TIMS Conf. on FMS, Elsevier
- PORTER, M. (1980), "Competitive Strategy", The Free Press, New York
- PORTER, M. (1985), "Competitive Advantage", The Free Press, New York

- PRIMROSE, P., LEONARD, R. (1985a), "Evaluating the Intangible Benefits of FMS by Use of DCF Algorithms Within A Comprehensive Computer Program", FMS, Current Issues and Models, Ind. Eng. Mgmt. Press
- PRIMROSE, P., LEONARD, R. (1985b), "The Use of A Conceptual Model to Evaluate Financially FMS Projects", Proc. of Ins. of Mech. Eng., Part B
- PRIMROSE, P., LEONARD, R. (1986), "Conditions Under Which Flexible Manufacturing is Financially Viable", FMS: Methods and Studies, Elsevier
- PRIMROSE, P., LEONARD, R. (1987), "Financial Aspects of Justifying FMS", Proc. Second Int. Conf. on CAPE, Edinburgh
- RANDHAWA, S., BEDWORTH, D. (1985), "Factors Identified for Use in Comparing Conventional and FMS", Ind. Eng., June
- RANKY, P. (1983), "The Design and Operation of FMS", IFS Publications U.K.
- RATHMILL, K., CHAN, W. (1985), "What Simulation can Do for FMS Design and Planning", Int. Trends in Manufacturing Technology, FMS, IFS Publications, U.K.
- REDMOND, G. (1983), "The Evaluation of a FMS", FMS Current Issues and Models, Ind. Eng. Mgmt. Press
- REEVE, J. (1990), "Product Costing and Performance Measurement for FMS", Justification Methods for CIM, Elsevier
- RICHARDSON, P., GORDON, J. (1980), "Measuring Total Manufacturing Performance", Sloan Mgmt. Review, Winter
- RUE, N., HOLLAND, P. (1986), "Strategic Management", McGraw-Hill, Singapore
- SAATY, T. (1980), "Analytic Hierarchy Process", McGraw-Hill, New York
- SALOMON, D., BIEGEL, J. (1984), "Assesing Economic Attractiveness of FMS Application in Small Batch Manufacturing", Ind. Eng., June
- SARIN, S., CHEN, C. (1986), "A Mathematical Model for Manufacturing System Selection", FMS: Methods and Studies, Elsevier
- SHOEMAKER, P., WAID, C. (1982), "An Experimental Comparison of Different Approaches to Determining Weights in Additive Utility Models", Mgmt. Sci., V.28, N.2

- SCOTCHER, P. (1985), "Aspects of Selection, Justification and Implementation of CNC Machine Tools In Manufacturing and Toolroom Environments", Ph. D. Dissertation, The Univ. of Aston U.K.
- SINGH, N., SUSHIL, N. (1990), "Technology Selection Models for Multistage Production Systems", Euro. J. of Op. Res., V.47, N.2
- SINHA, A. (1984), "A Test of the Relationship Between Manufacturing Technology and the Scope for Innovation", Omega, Int. J. of Mgmt. Sci., V.12, N.6
- SLOGY, J. (1984), "How to Justify the Cost of FMS", FMS, Current Issues and Models, Ind. Eng. Mgmt. Press
- SON, Y., PARK, C. (1990), "Quantifying Opportunity Cost Associated with Adding Manufacturing Flexibility", Int. J. Prod. Res., V.28, N.6
- SON, Y. (1991a), "A Cost Estimation Model for Advanced Manufacturing Systems", Int. J. Prod. Res., V.29, N.3
- SON, Y. (1991b), "A DSS for Factory Automation", Int. J. Prod. Res., V.29, N.7
- SONI, R. (1988), "The Economic Justification of Investments in Advanced Manufacturing", Ph. D. Dissertation, The Univ. of Texas at Arlington
- SOYSAL, A. (1991), "Bilgisayarın Sanayide Kullanımı", Sanayide Bilgisayar Kullanımı ve Otomasyon 1990-91, İTÜ-KOSGEB
- SPRANGUE, J., WHITTAKER, J. (1986), "Economic Analysis for Engineers and Managers", Prentice Hall, New Jersey
- STAM, A., KUULA, M. (1991), "Selecting a FMS Using Multiple Criteria Analysis", Int. J. Prod. Res., V.29, N.4
- STAPLES, G. ve diğ. (1983). "FMS - Convincing the Board", Proc. of the Sec. Int. Conf. on FMS, IFS Ltd.
- STEELE, L. (1987), "Managing Technology : The Strategic View", McGraw-Hill, New York
- SURESH, N., MEREDITH, J. (1985), "Justifying Multimachine Systems", J. of Manuf. Systems, V.4, N.2
- SURESH, N., SARKIS, J. (1989), "A MIP Formulation for the Phased Implementation of FMS Modules", Proc. of the Third ORSA/TIMS Conference on FMS, Elsevier

- SURESH, N. (1990), "Towards an Integrated Evaluation of Flexible Automation Investments", Int. J. Prod. Res., V.28, N.9
- SURI, R. (1985). "An Overview of Evaluative Models for FMS", Annals of Op. Res., V.3
- SWAMIDASS, P., NEWELL, W. (1987), "Manufacturing Strategy, Enviromental Uncertainty and Performance", Mgmt. Sci., V.33, N.4
- TALAYSUM, A., HASSAN, Z., GOLDHAR, J. (1987), "Uncertainty Reduction Through Flexible Manufacturing", IEEE Trans. on Eng. Mgmt., V.34, N.2
- TOLGA, E. (1984), "Mühendislik Ekonomisi", İTÜ Rektörlük Ofset Atölyesi
- TOMBAK, M., MEYER, A. (1988), "Flexibility and FMS", IEEE Trans. on Eng. Mgmt. V.25, N.2
- TOMBAK, M. (1990), "A Strategic Analysis of FMS", Euro. J. of Op. Res., V.47, N.2
- TOMBARI, H., (1978), "To Buy or Not to Buy", Production Engineering, March
- TROXLER, J., BLANK, L. (1990), "Decission Support for Value Analysis of Integrated Manufactur-
ing Technology", Justification Methods for CIM Systems, Elsevier
- VENKATRAMAN, N., RAMANUJAM, V. (1986), "Measurement of Business Performance in Strategy
Research", Academy of Mgmt. Review, V.11, N.4
- WANG, L. (1976), "The Analysis to Justify the Purchase of Numerically Conrolled Equipment"
M.Sc. Thesis, Imperial Collage Science and Technology, U.K.
- WARD, T. (1990), "Role of Champions in Justification of CIM Systems", Justification Methods for
CIM, Elsevier
- WARNECKE, H., STEINHILPER, R. (1985), "FMS and Cells", International Trends in Manufacturing
Technology, FMS, IFS Ltd., U.K.
- WARNECKE, H., ZEH, K. (1985), "Planning FMS by Simulation", International Trends in Manufac-
turing Technology, FMS, IFS Ltd., U.K.
- WEIL, P. (1985), "Manufacturing Information Systems for FMS", Proc. of the 4th Int. Conf. on
FMS, IFS Ltd, U.K.
- WEST, T., RANDHAWA, S. (1990), "Capacity Planning in a Flexible Manufacturing Enviroment",
Justification Methods for CIM Systems, Elsevier
- WHEELWRIGHT, S., HAYES, R. (1985), "Competing Through Manufacturing", Harvard Business
Review, Jan./Feb.

WHEELWRIGHT, S. (1978), "Reflecting Corporate Strategy in Manufacturing Decision", Harvard Business Review, February

WIND, Y., SAATY, T. (1980), "Marketing Applications of the AHP", Mgmt. Sci., V.26, N.7

YAVUZ, K. (1984), "Makine Seçiminde Yapay Zeka Tabanlı Bir Metodoloji", 1. End. Müh. Ulusal Kongresi, İTÜ

YENERSOY, G. (1990), "Malzeme Yönetimi Sistemleri", MAPA Yayınları, No:1



EKLER

(* İleri Teknolojili İmalat Sistemleri İçin Yatırım Değerlendirme Modeli*)

(***ANA PROGRAM***)

Program Simulasyon;

 KUR=Record

 Urun:Integer;

 Sistem:String[3];

 End;

 KayitUrun=Record

 UTipl:String[20];

 UTalebi:Real;

 UPartiHacmi:Real;

 UGASD:Char;

 UGASO:Real;

 UGASS:Real;

 UTerminZamani:Integer;

 UOperasyonSayi:Integer;

 End;

 KayitOper=Record

 OUrun:Integer;

 ONo:Integer;

 OCesidi:Char;

 OZamani:Real;

 OIskarta:Real;

 OAyniIslem:Real;

 OHazirlilik:Real;

 OBaglaCoz:Real;

 End;

 KayitTezg=Record

 TBASD:Char;

 TBASO:Real;

 TBASS:Real;

 End;

Const

 mUrunCesidi =21;

 mOperasyonSayisi=5;

 mMaxPartiSayisi =50;

 mOperasyonTipl =13;

 mOperasyonMakSay=3;

 mKuyrukUzunlugu =205;

Var

 U:KUR;

 DosyaA:File of KUR;

 KU:KayitUrun;

 KO:KayitOper;

 KT:KayitTezg;

 DosyaU:File of KayitUrun;

DosyaO:File of KayitOper;
DosyaT:File of KayitTeg;
DosyaAdi:String[6];
(*i. operasyon tipinin tanimini verir...T:torna,M:matkap...*)
OperasyonTipi :Array [1..20] of Char;
(*i. operasyon tipinden kac tane makina var*)
OperasyonMakSay:Array [1..20] of Integer;
(*i. urunun tanimini verir*)
UrunTipi :Array [1..mUrunCesidi] of String[20];
(*i. urunun toplam talebini verir*)
UrunTalebi :Array [1..mUrunCesidi] of Real;
(*i. urunun her bir partisindeki mamul sayisini verir*)
UrunPartiHacmi :Array [1..mUrunCesidi] of Integer;
(*i. urunun parti sayisini verir*)
PartiSayisi :Array [1..mUrunCesidi] of Integer;
(*i. urunun teslim zamanini verir*)
TerminZamani :Array [1..mUrunCesidi] of Integer;
(*i. urunun tasima zamani*)
TopTasimaZam :Array [1..mUrunCesidi] of Integer;
(* *)
WIP :Array [1..mUrunCesidi] of Real;
(* *)
TopWIP :Array [1..mUrunCesidi] of Real;
(*i. urunun istatistiksel bilgileri ile ilgili degerleri verir*)
GASDagilimi :Array [1..mUrunCesidi] of Char;
GASOrtalamasi :Array [1..mUrunCesidi] of Integer;
GASStandartSap :Array [1..mUrunCesidi] of Integer;
BASDagilimi :Array [1..mOperasyonTipi] of Char;
BASOrtalamasi :Array [1..mOperasyonTipi] of Integer;
BASStandartSap :Array [1..mOperasyonTipi] of Integer;
OSDagilimi :Array [1..mOperasyonTipi] of Char;
OSOrtalamasi :Array [1..mOperasyonTipi] of Integer;
OSStandartSap :Array [1..mOperasyonTipi] of Integer;
(*i. urunun toplam kac tane operasyondan gectigini gosterir*)
OperasyonSayi :Array [1..mUrunCesidi] of Integer;
(*i. urunun parti tamamlanma yuzdesini gosterir*)
PartiTamamYuz :Array [1..mUrunCesidi] of Real;
(*i. urunun o anda islem goren parti yuzdesini gosterir*)
PartiIslemYuz :Array [1..mUrunCesidi] of Real;
(*i. urunun k. partisinin kacinci operasyonu gormekte oldugunu gosterir*)
OperasyonNo :Array [1..mUrunCesidi,1..mMaxPartiSayisi] of Integer;
(*i. urunun k. partisinin gelis zamanini verir*)
GelisZamani :Array [1..mUrunCesidi,1..mMaxPartiSayisi] of Real;
(*i. urunun k. partisinin siradaki isleminin ne zaman baslayacagini gosterir*)
IslemBaslama :Array [1..mUrunCesidi,1..mMaxPartiSayisi] of Real;
(*i. urunun k. operasyonunun ne tip bir operasyon oldugunu verir*)

OperasyonCesidi:Array [1..mÜrünCesidi,1..mOperasyonSayisi] of Char;
(*i. urunun k. operasyonunun zamanini verir*)
OperasyonZamani:Array [1..mÜrünCesidi,1..mOperasyonSayisi] of Integer;
İlkOperasyon :Array [1..mÜrünCesidi,1..mOperasyonSayisi] of Integer;
(*i. urunun k. operasyonundaki İskarta oranini verir*)
İskartaYuzde :Array [1..mÜrünCesidi,1..mOperasyonSayisi] of Real;
(*i. urunun k. operasyonunun ayni islemi gorme oranini verir*)
AyniİslemYuzde :Array [1..mÜrünCesidi,1..mOperasyonSayisi] of Real;
(*i. operasyonda k. urunun hazirlik zamanini verir*)
HazirlikZamani :Array [1..mOperasyonTipl,1..mÜrünCesidi] of Integer;
KontrolZamani :Array [1..mOperasyonTipl,1..mÜrünCesidi] of Integer;
(*i. operasyonda k. urunun baglama cozme zamanini verir*)
BaglaCozZamani :Array [1..mOperasyonTipl,1..mÜrünCesidi] of Integer;
(*i. operasyondan k. operasyona gecme zamanini verir*)
TasimaZamani :Array [1..mOperasyonTipl,1..mOperasyonTipl] of Integer;
(*i. tip operasyonun k. makinasinda islem yapilip yapilmadigini gosterir*)
İslemMevcut :Array [1..mOperasyonTipl,1..mOperasyonMakSay] of Char;
(*i. tip operasyonun k. makinasindaki islemin ne zaman bitecegini gosterir*)
İslemBitis :Array [1..mOperasyonTipl,1..mOperasyonMakSay] of Real;
(*i. tip operasyonun k. makinasindaki toplam is yuku*)
İsYuku :Array [1..mOperasyonTipl,1..mOperasyonMakSay] of Integer;
(*i. tip operasyonun k. makinasindaki toplam bosta bekleme zamanı*)
TopBosMakZam :Array [1..mOperasyonTipl,1..mOperasyonMakSay] of Real;
(*i. tip operasyonun k. makinasindan cikan en son İsin nosu*)
Bitenİs :Array [1..mOperasyonTipl,1..mOperasyonMakSay] of Integer;
(*i. tip operasyonun k. makinasinda araba yuklenecek İsin olup olmadigini gosterir*)
CarStatu :Array [1..mOperasyonTipl,1..mOperasyonMakSay] of Integer;
(*i. tip operasyonun k. makinasinin bozulacagi zaman*)
BozulmaZamani :Array [1..mOperasyonTipl,1..mOperasyonMakSay] of Real;
(*i. tip operasyonun k. makinasinin onarilma zamanı*)
KuyrukUzunlugu :Array [1..mOperasyonTipl,1..mOperasyonMakSay] of Integer;
MaxKuyUzunlugu :Array [1..mOperasyonTipl,1..mOperasyonMakSay] of Integer;
(*i. tip operasyonun k. makinasinda kuyrukta bekleyen j. İsin nosu*)
KuyruktaBekleİs:Array [1..mOperasyonTipl,1..mOperasyonMakSay,1..mKuyrukUzunlugu]
of Integer;
(*i. tip operasyonun k. makinasinda kuyrukta bekleyen j. parti nosu*)
KuyruktaBeklePr:Array [1..mOperasyonTipl,1..mOperasyonMakSay,1..mKuyrukUzunlugu]
of Integer;
(*****)
TopBozZam :Array [1..mOperasyonTipl,1..mOperasyonMakSay] of Integer;
TopYukBosZam :Array [1..mOperasyonTipl,1..mOperasyonMakSay] of Integer;
TopYenidenİsZam :Array [1..mOperasyonTipl,1..mOperasyonMakSay,1..mÜrünCesidi] of
Integer;
TopİskartaZam :Array [1..mOperasyonTipl,1..mOperasyonMakSay,1..mÜrünCesidi] of
Integer;

```
TopHazirlikZam :Array [1..mOperasyonTipi,1..mOperasyonMakSay,1..mUrunCesidi] of
Integer;
TopKontrolZam :Array [1..mOperasyonTipi,1..mOperasyonMakSay,1..mUrunCesidi] of
Integer;
TopBaglaCozZam :Array [1..mOperasyonTipi,1..mOperasyonMakSay,1..mUrunCesidi] of
Integer;
TopOperasyonZam :Array [1..mOperasyonTipi,1..mOperasyonMakSay,1..mUrunCesidi] of
Integer;
IskartaZam :Array [1..mUrunCesidi,1..mOperasyonSayisi] of Integer;
TopIskartaMik :Array [1..mUrunCesidi,1..mOperasyonSayisi] of Integer;
OncelikSec,MaxPartiSayisi,UrunCesidi,OperasyonSayisi:Integer;
Y,Param,CarOp,CarMak,CarIs,CarPr,CarDolu,OnarimOp,OnarimMak:Integer;
CarBitOp,CarBitMak,CarBitOpNo,DiziOp,DiziMak,DizIs,DiziPr:Integer;
OnarimZamani,TezOp,TezMak,O,V1,V2,K,J,A,Sayi:Real;YW:Integer;
BozulmaSuresi,ToplamZaman,Ilk,Son,KZO,RassalDegisken,Time,CarTime,CarBit:Real;
YeniKayit:Char;
{$I SIMGIRA.INC}
(*Esnek Imalat Sistemleri*)
{$I SIMFMSA.INC}
{$I SIMFMSD.INC}
{$I SIMFMSS.INC}
(*Klasik Sistemler*)
{$I SIMCLSA.INC}
{$I SIMCLSD.INC}
{$I SIMCLSS.INC}
(*CNC Sistemler*)
{$I SIMCLSA.INC}
{$I SIMCNCD.INC}
{$I SIMCNCS.INC}
Begin
Clrscr;
Gotoxy(20,12);Write("Yeni bir kayıt girecekmisiniz (E,H) ? ");
Repeat
Read(YeniKayit);
YeniKayit:=Uppcase(YeniKayit);
Gotoxy(58,12);Write(YeniKayit);
Until (YeniKayit='E') Or (YeniKayit='H');
If YeniKayit='E' Then
Begin
BilgiGirGelis;
BilgiGirUrun;
BilgiGirBozulma;
DosyaKaydet;
End
Else DosyaYukle;
TezgahSayisi;
```

```
OncellkSec:=1;
If Sistem='CLS' Then
  Begin
    Giris;
    IslemCls;
    FormuCls;
  End;
If Sistem='CNC' Then
  Begin
    Giris;
    IslemCls;
    FormuCls;
  End;
If Sistem='FMS' Then
  Begin
    Giris;
    IslemFms;
    FormuFms;
  End;
End.
```



(*BİLGİ GİRİŞ PROGRAMI***)**

Procedure GelisZamaniBelirle;

Var

RassalDegisken:Real;

K,J:Integer;

tt:Char;

Procedure Exp;

Var

Rs,Rs1:Real;

Begin

Repeat

Rs:=Random(1000)/1000;

Until (Rs>0.3);

RassalDegisken:=-1 *GASOrtalamasi[K]*Ln(Rs);

End;

Procedure Nor;

Begin

RassalDegisken:=GASOrtalamasi[K]+(Random(1000)/1000*GASStandartSap[K]);

End;

Begin

Randomize;Clrscr;

For K:=1 to Uruncesidi do

Begin

For J:=1 to PartiSayisi[K] do

Begin

If GASDagilimi[K]='E' Then Exp;

If GASDagilimi[K]='N' Then Nor;

If J=1 Then GelisZamani[K,J]:=RassalDegisken

Else GelisZamani[K,J]:=GelisZamani[K,J-1]+RassalDegisken;

GelisZamani[K,J]:=Round(GelisZamani[K,J]);

End;

End;

End;

Procedure BilgiGirGelis;

Var

I,Y:Integer;

Begin

Clrscr;

Gotoxy(1,23);For I:=1 to 79 do Write(#196);

Gotoxy(5,24);Write('Bu Hane için numerik degerler girin');

Gotoxy(10,10);Write('Urun cesidinin sayisini girin : ');Read(Uruncesidi);

Gotoxy(10,12);Write('Bir urun için max. operasyon sayisi : ');

Read(OperasyonSayisi);

Clrscr;

MaxPartiSayisi:=0;

Gotoxy(28,1);Write('ÜRÜNLERİN TALEP BİLGİLERİ');

```
Gotoxy(1,2);Write("Urun Hakkinda Bilgi");
Gotoxy(24,2);Write(" Urun ");
Gotoxy(24,3);Write("Talebi");
Gotoxy(33,2);Write("Urun Parti");
Gotoxy(33,3);Write(" Hacmi");
Gotoxy(44,2);Write(" GAS");
Gotoxy(44,3);Write(" Dag");
Gotoxy(51,2);Write(" GAS");
Gotoxy(51,3);Write(" Ort");
Gotoxy(59,2);Write(" GAS");
Gotoxy(59,3);Write("St Sp");
Gotoxy(68,2);Write("Termin");
Gotoxy(68,3);Write("Zamani");
Gotoxy(76,2);Write("Oper");
Gotoxy(76,3);Write("Sayi");
Gotoxy(1,4);For l:=1 to 79 do Write(#196);
Gotoxy(1,23);For l:=1 to 79 do Write(#196);
Y:=5;
For l:=1 to UrunCesidi do
  Begin
    Gotoxy(5,24);Write("Bu Hane icin alfanumerik degerler girin ");
    Gotoxy(1,Y);Read(UrunTipi[l]);
    Gotoxy(5,24);Write("Bu Hane icin numerik degerler girin ");
    Gotoxy(24,Y);Read(UrunTalebi[l]);
    Gotoxy(33,Y);Read(UrunPartiHacmi[l]);
    Gotoxy(5,24);Write("Bu Hane icin E:Exp veya N:Normal harflerinden birini girin");
    Repeat
      Gotoxy(46,Y);Read(Kbd,GASDagillimi[l]);
      GASDagillimi[l]:=Ucase(GASDagillimi[l]);
      Until (GASDagillimi[l]='E') Or (GASDagillimi[l]='N');
      Gotoxy(46,Y);Write(GASDagillimi[l]);
      Gotoxy(5,24);Write("Bu Hane icin numerik degerler girin ");
      Gotoxy(51,Y);Read(GASOrtalamasi[l]);
      Gotoxy(59,Y);Read(GASStandartSap[l]);
      Gotoxy(68,Y);Read(TerminZamani[l]);
      Repeat
        Gotoxy(76,Y);Read(OperasyonSayi[l]);
        If OperasyonSayi[l]>OperasyonSayisi Then
          Begin
            Gotoxy(5,24);Write("Operasyon sayisi ',OperasyonSayisi,' sayisindan buyuk. ");
            Gotoxy(76,Y);Clreol;
          End;
        Until OperasyonSayi[l]<=OperasyonSayisi;
        Gotoxy(5,24);Clreol;
        PartiSayisi[l]:=Round(UrunTalebi[l]/UrunPartiHacmi[l]);
        If MaxPartiSayisi<PartiSayisi[l] then
```

```
Begin
    MaxPartiSayisi:=PartiSayisi[I]
End;
Y:=Y+1;
End;
Writeln;
End;
Procedure BilgiGirUrun;
Var
    I,J,K,Y:Integer;
Begin
    For I:=1 to UrunCesidi do
        Begin
            Clrscr;
            Gotoxy(1,4);For K:=1 to 79 do Write(#196);
            Gotoxy(1,20);For K:=1 to 79 do Write(#196);Writeln;
            Writeln('Y:Cozme,Baglama C:Isleme Merkezi T:Torna F:Freze P:Planya
M:Matkap');
            Writeln('A:Taslama B:Borlama D:Tapping(Dis acma) S:Shaping R:Profiling');
            Writeln('K:Shearing(Metal tabaka kesme) E:Depolama O:Fason');
            Gotoxy(28,1);Write(I,' URUN BILGILERINI GIRIN');
            Gotoxy(1,2);Write('Operasyon');
            Gotoxy(1,3);Write(' No ');
            Gotoxy(12,2);Write('Operasyon');
            Gotoxy(12,3);Write(' Cesidi ');
            Gotoxy(23,2);Write('Operasyon');
            Gotoxy(23,3);Write(' Zamani ');
            Gotoxy(35,2);Write('Iskarta');
            Gotoxy(35,3);Write(' Yuzde ');
            Gotoxy(46,2);Write('Ayni Islem');
            Gotoxy(46,3);Write(' Yuzde ');
            Gotoxy(59,2);Write('Hazirlık');
            Gotoxy(59,3);Write(' Zamani ');
            Gotoxy(70,2);Write('Bagla Coz');
            Gotoxy(70,3);Write(' Zamani ');
            Y:=5;
            For J:=1 to OperasyonSayi[I] do
                Begin
                    Gotoxy(4,Y);Write(J);
                    Gotoxy(5,24);Write('Bu Hane icin yukaridaki harflerden uygun olanini girin ');
                    Gotoxy(15,Y);Buflen:=1;Read(OperasyonCesidi[I,J]);
                    OperasyonCesidi[I,J]:=Uppcase(OperasyonCesidi[I,J]);
                    Gotoxy(15,Y);Write(OperasyonCesidi[I,J]);
                    Gotoxy(5,24);Write('Bu Hane icin numerik degerler girin ');
                    Gotoxy(25,Y);Read(OperasyonZamani[I,J]);
                    Gotoxy(5,24);Write('Bu Hane icin degerleri yuzde olarak girin ');
```

```
Repeat
  Gotoxy(36,Y);Read(IskartaYuzde[I,J]);
Until IskartaYuzde[I,J] <= 1;
Repeat
  Gotoxy(48,Y);Read(AynilslemYuzde[I,J]);
Until AynilslemYuzde[I,J] <= 1;
Gotoxy(5,24);Write('Bu Hane icin numerik degerler girin ');
Gotoxy(61,Y);Read(HazirlikZamani[I,J]);
Gotoxy(72,Y);Read(BaglaCozZamani[I,J]);
Y:=Y+1;
End;
End;
End;
Procedure BilgiGirBozulma;
Var
  I,J,Y,K:Integer;
Begin
  Clrscr;
  Gotoxy(1,4);For I:=1 to 79 do Write(#196);
  Gotoxy(28,1);Write("TEZGAH BILGILERINI GIRIN");
  Gotoxy(1,2);Write("Tezgah");
  Gotoxy(1,3);Write(' Tipi ');
  Gotoxy(17,2);Write("Bozulma ara");
  Gotoxy(17,3);Write("Dagil. Turu");
  Gotoxy(33,2);Write("Bozulma ara");
  Gotoxy(33,3);Write(' Ortalama ');
  Gotoxy(50,2);Write("Bozulma ara");
  Gotoxy(50,3);Write("Stan Sapma");
  Gotoxy(1,20);For K:=1 to 79 do Write(#196);Writeln;
  Writeln("Y:Cozme,Baglama C:Isleme Merkezi T:Torna F:Freze P:Planya M:Matkap");
  Writeln("A:Taslama B:Borlama D:Tapping(Dis acma) S:Shaping R:Profiling");
  Writeln("K:Shearing(Metal tabaka kesme) E:Depolama O:Fason");
  Y:=5;
  For I:=1 to mOperasyonTipi do
    Begin
      Gotoxy(4,Y);Write(OperasyonTipi[I]);
      Gotoxy(5,24);Write("Bu Hane icin E:Exp veya N:Normal harflerinden birini girin");
      Repeat
        Gotoxy(20,Y);Read(Kbd,BASDagilimi[I]);
        BASDagilimi[I]:=Ucase(BASDagilimi[I]);
      Until (BASDagilimi[I]='E') Or (BASDagilimi[I]='N');
      Gotoxy(20,Y);Write(BASDagilimi[I]);
      Gotoxy(5,24);Write('Bu Hane icin numerik degerler girin ');
      Gotoxy(35,Y);Read(BASOrtalamasi[I]);
      Gotoxy(51,Y);Read(BASStandartSap[I]);
      Y:=Y+1;
```

```
End;
End;
Procedure DosyaKaydet;
Var
  I,J,K:Integer;
  DosyaAdiA,DosyaAdiU,DosyaAdiO,DosyaAdiT:String[10];
  Sistem:String[3];
Begin
  Clrscr;
  Gotoxy(7,10);Write('Saklayacaginiz dosyanin adini girin (En fazla 6 karakter)
:');Read(DosyaAdi);
  Gotoxy(7,12);Write('Verilerini girdiginiz sistem tipini (CLS, NC, CNC) giriniz:');Read(Sistem);
  DosyaAdiA:=DosyaAdi+'.'+Sistem;
  DosyaAdiU:=DosyaAdi+'.U.'+Sistem;
  DosyaAdiO:=DosyaAdi+'.O.'+Sistem;
  DosyaAdiT:=DosyaAdi+'.T.'+Sistem;
  Assign(DosyaA,DosyaAdiA);
  Rewrite(DosyaA);
  U.Urun:=UrunCesidi;
  U.Sistem:=Sistem;
  Write(DosyaA,U);
  Close(DosyaA);
  Assign(DosyaU,DosyaAdiU);
  Rewrite(DosyaU);
  For I:=1 to UrunCesidi do
    Begin
      KU.UTipi:=UrunTipi[I];
      KU.UTalebi:=UrunTalebi[I];
      KU.UPartiHacmi:=UrunPartiHacmi[I];
      KU.UGASD:=GASDagilimi[I];
      KU.UGASO:=GASOrtalaması[I];
      KU.UGASS:=GASStandartSap[I];
      KU.UTerminZamani:=TerminZamani[I];
      KU.UOperasyonSayi:=OperasyonSayi[I];
      Write(DosyaU,KU);
    End;
  Close(DosyaU);
  Assign(DosyaO,DosyaAdiO);
  Rewrite(DosyaO);
  For I:=1 to UrunCesidi do
    Begin
      For J:=1 to OperasyonSayi[I] do
        Begin
          KO.OUrun:=I;
          KO.ONo:=J;
          KO.OCesidi:=OperasyonCesidi[I,J];
```

```
        KO.OZamani:=OperasyonZamani[I,J];
        KO.Olskarta:=IskartaYuzde[I,J];
        KO.OAynilslem:=AynilslemYuzde[I,J];
        KO.OHazirlik:=HazirlikZamani[I,J];
        KO.ObaglaCoz:=BaglaCozZamani[I,J];
        Write(DosyaO,KO);
    End;
End;
Close(DosyaO);
Assign(DosyaT,DosyaAdiT);
Rewrite(DosyaT);
For I:=1 to mOperasyonTipi do
    Begin
        KT.TBASD:=BASDagilimi[I];
        KT.TBASO:=BASOrtalamasi[I];
        KT.TBASS:=BASStandartSap[I];
        Write(DosyaT,KT);
    End;
Close(DosyaT);
GelisZamaniBellirle;
End;
Procedure DosyaYukle;
Var
    I,J,K,N:Integer;
    M:Char;
    DosyaAdiA,DosyaAdiU,DosyaAdiO,DosyaAdiT:String[10];
    Sistem:String[3];
Begin
    Clrscr;
    Gotoxy(8,10);Write('Okutacaginiz dosyanin adini girin (En fazla 6 karakter)
:');Read(DosyaAdi);
    Gotoxy(6,12);Write('Verilerini okuyacaginiz sistem tipini (CLS, NC, CNC)
giriniz:');Read(Sistem);
    DosyaAdiA:=DosyaAdi+'.'+Sistem;
    DosyaAdiU:=DosyaAdi+'.U'+Sistem;
    DosyaAdiO:=DosyaAdi+'.O'+Sistem;
    DosyaAdiT:=DosyaAdi+'.T'+Sistem;
    Assign(DosyaA,DosyaAdiA);
    Reset(DosyaA);
    Read(DosyaA,U);
    UrunCesidi:=U.Urun;
    Close(DosyaA);
    Assign(DosyaU,DosyaAdiU);
    Reset(DosyaU);
    For I:=1 to UrunCesidi do
        Begin
```

```
Read(DosyaU,KU);
UrunTipi[I]:=KU.UTipi;
UrunTalebi[I]:=KU.UTalebi;
UrunPartiHacmi[I]:=KU.UPartiHacmi;
GASDagilimi[I]:=KU.UGASD;
GASOrtalamasi[I]:=KU.UGASO;
GASStandartSap[I]:=KU.UGASS;
TerminZamani[I]:=KU.UTerminZamani;
OperasyonSayi[I]:=KU.UOperasyonSayi;
End;
Close(DosyaU);
Assign(DosyaO,DosyaAdiO);
Reset(DosyaO);
For I:=1 to UrunCesidi do
Begin
For J:=1 to OperasyonSayi[I] do
Begin
Read(DosyaO,KO);
OperasyonCesidi[I,J]:=KO.OCesidi;
M:=OperasyonCesidi[I,J];N:=0;
Repeat
N:=N+1;
Until M=OperasyonTipi[N];
OperasyonZamani[I,J]:=KO.OZamani;
IskartaYuzde[I,J]:=KO.OIskarta;
AyniIslemYuzde[I,J]:=KO.OAyniIslem;
HazirlikZamani[N,I]:=KO.OHazirlik;
BaglaCozZamani[N,I]:=KO.OBaglaCoz;
End;
End;
Close(DosyaO);
Assign(DosyaT,DosyaAdiT);
Reset(DosyaT);
For I:=1 to mOperasyonTipi do
Begin
Read(DosyaT,KT);
BASDagilimi[I]:=KT.TBASD;
BASOrtalamasi[I]:=KT.TBASO;
BASStandartSap[I]:=KT.TBASS;
End;
Close(DosyaT);
For I:=1 to UrunCesidi do
PartiSayisi[I]:=Round(UrunTalebi[I]/UrunPartiHacmi[I]);
GelisZamaniBelirle;
End;
Procedure TezgahSayisi;
```

```
Var
  I,K:Integer;
Begin
  Clrscr;
  Gotoxy(1,3);For I:=1 to 79 do Write(#196);
  Gotoxy(28,1);Write("TEZGAH SAYILARINI GIRIN");
  Gotoxy(15,2);Write("Tezgah Tipi ");
  Gotoxy(53,2);Write("Tezgah Sayisi");
  Gotoxy(1,20);For K:=1 to 79 do Write(#196);Writeln;
  Writeln("Y:Cozme,Baglama  C:Isleme Merkezi T:Torna F:Freze P:Planya M:Matkap");
  Writeln("A:Taslama B:Borlama D:Tapping(Dis acma) S:Shaping R:Profiling");
  Writeln("K:Shearing(Metal tabaka kesme) E:Depolama O:Fason");
  Y:=5;
  For I:=1 to mOperasyonTipi do
    Begin
      Gotoxy(20,Y);Write(OperasyonTipi[I]);
      Gotoxy(5,24);Write("Bu Hane icin numerik degerler girin");
      Gotoxy(58,Y);Read(OperasyonMakSay[I]);
      Y:=Y+1;
    End;
  End;
```

(*KİS VE YİS İÇİN OPERASYONEL ANALİZ***)**

Procedure İşlemClis;

(***Diziler sıfırlanıyor***)

Procedure SifirlaClis;

Var

ParUrun,ParOper,ParPart,ParMak,ParKuy:Integer;

Begin

Ilk:=0;

For ParUrun:=1 to mUrunCesidi do

Begin

PartİslemYuz[ParUrun]:=0;

PartİTamamYuz[ParUrun]:=0;

TopTasimaZam[ParUrun]:=20;

WIP[ParUrun]:=0;TopWIP[ParUrun]:=0;

For ParPart:=1 to mMaxPartİSayısı do

İslemBaslama[ParUrun,ParPart]:=0;

End;

For ParOper:=1 to mOperasyonTipi do

For ParMak:=1 to mOperasyonMakSay do

Begin

TopBosMakZam[ParOper,ParMak]:=0;

TopBozZam[ParOper,ParMak]:=0;

TopYukBosZam[ParOper,ParMak]:=0;

For ParUrun:=1 to UrunCesidi do

Begin

TopYenidenİsZam[ParOper,ParMak,ParUrun]:=0;TopİskartaZam[ParOper,ParMak,ParUrun]:=0;

TopHazirlikZam[ParOper,ParMak,ParUrun]:=0;TopBaglaCozZam[ParOper,ParMak,ParUrun]:=0;

TopKontrolZam[ParOper,ParMak,ParUrun]:=0;TopOperasyonZam[ParOper,ParMak,ParUrun]:=0;

End;

İsYuku[ParOper,ParMak]:=0;

İslemBitis[ParOper,ParMak]:=0;

İslemMevcut[ParOper,ParMak]:='H';

Bitenİs[ParOper,ParMak]:=0;

KuyrukUzunlugu[ParOper,ParMak]:=0;

MaxKuyUzunlugu[ParOper,ParMak]:=0;

For ParKuy:=1 to mKuyrukUzunlugu do

Begin

KuyruktaBekleİs[ParOper,ParMak,ParKuy]:=0;

KuyruktaBeklePr[ParOper,ParMak,ParKuy]:=0;

End;

```
End;
End;
(***Operasyon surelerini ve parti hacimlerini Iskarta oranina gore ayarlama*)
Procedure IskartaCls;
Var
  ParU,Parl:Integer;
  IskartaOrani:Real;
Begin
  For ParU:= 1 to UrunCesidi do
    Begin
      IskartaOrani:= 1;
      For Parl:=OperasyonSayi[ParU] downto 1 do
        Begin
          TopliskartaMik[ParU,Parl]:=Round(UrunTalebi[ParU]*IskartaOrani);
          IlkOperasyon[ParU,Parl]:=Round(OperasyonZamani[ParU,Parl]*IskartaOrani);
          IskartaOrani:=IskartaOrani*(1/(1-IskartaYuzde[ParU,Parl]));
          OperasyonZamani[ParU,Parl]:=Round(OperasyonZamani[ParU,Parl]*IskartaOrani);
          IskartaZam[ParU,Parl]:=Round(OperasyonZamani[ParU,Parl]-
IlkOperasyon[ParU,Parl]);
          TopliskartaMik[ParU,Parl]:=Trunc((UrunTalebi[ParU]*IskartaOrani)-
TopliskartaMik[ParU,Parl])+ 1;
        End;
      End;
    End;
  End;
(***Diziler ekrana yaziliyor*)
Procedure DiziyazCls;
Var
  KuyrukIs,KuyrukPr,Oper,X,As,H1,H2,H3,mH2:Integer;
  Deger1,Deger2:Real;
Begin
  X:=3;
  For H1:= 1 to 4 do
    Begin
      mH2:=OperasyonMakSay[H1];
      H2:= 1;
      For H2:= 1 to mH2 do
        Begin
          Y:=3;
          GotoXY(X,2);Write(OperasyonTipi[H1],H2);
          For H3:= 1 to 8 do
            Begin
              Oper:=OperasyonNo[KuyruktaBekleIs[H1,H2,H3],KuyruktaBeklePr[H1,H2,H3]];
              GotoXY(X,Y);Write(KuyruktaBekleIs[H1,H2,H3],', ',KuyruktaBeklePr[H1,H2,H3],
');
              Y:=Y+1;
            End;
          End;
        End;
      End;
    End;
  End;
```

```

Y:=Y+1;GotoXY(X,Y);Write('Y',IsYuku[H1,H2]:6,' ');
Y:=Y+1;GotoXY(X,Y);Write('B ',TopBosMakZam[H1,H2]:6:0,' ');
Y:=Y+1;GotoXY(X,Y);Write('IB',IslemBitis[H1,H2]:6:0,' ');
Y:=Y+1;GotoXY(X,Y);Write('Kuy',KuyrukUzunlugu[H1,H2], ' ');
Y:=Y+1;GotoXY(X,Y);Write('MK ',MaxKuyUzunlugu[H1,H2], ' ');
Y:=Y+1;GotoXY(X,Y);Write('YBZ',TopYukBosZam[H1,H2]:6);
X:=X+10;
End;
End;
Y:=20;X:=2;
Y:=2;X:=2;
Clrscr;
For H1:=1 to 19 do
  For H2:=1 to OperasyonMakSay[H1] do
    Begin
      If H1<>9 Then
        Begin
          GotoXY(X,Y);Write('Operasyon ',H1,' Mak No ',H2,' MK ',MaxKuyUzunlugu[H1,H2],
);
          Y:=Y+1;
          End;
        End;
      GotoXY(1,21);Write('I%');
      GotoXY(1,22);Write('T%');
      Y:=Y-5;X:=33;
      For H1:=1 to UrunCesidi do
        Begin
          GotoXY(X,Y);Write(H1);
          Deger1:=(PartiIslemYuz[H1]-PartiTamamYuz[H1])/PartiSayisi[H1];
          Deger2:=PartiTamamYuz[H1]/PartiSayisi[H1];
          GotoXY(X,(Y+1));Write(Deger1:1:2);
          GotoXY(X,(Y+2));Write(Deger2:1:2);
          GotoXY(X,(Y+3));Write(WIP[H1]:6:0);
          GotoXY(X,(Y+4));Write(TopWIP[H1]:6:0);
          X:=X+7;
          If X>78 Then
            Begin
              X:=2;Y:=10;
            End;
          End;
        End;
      End;
    End;
  End;
  Procedure OnarimBulClis;
  Var
    Rs,Rsl:Real;
  Begin
    Repeat

```

```
Rs:=Random(1000)/1000;
Until Rs>0;
OnarimZamani:=Trunc(-1*OSOrtalamasi[OnarimOp]*Ln(Rs));
End;
Procedure BozulmaBulClis;
Var
Rs,Rs1:Real;
Begin
Repeat
Rs:=Random(1000)/1000;
Until Rs>0;
BozulmaSuresi:=Int(-1*BASOrtalamasi[OnarimOp]*Ln(Rs));
End;
(**Sisteme giren urun bilgileri degerlendiriliyor*)
Procedure IslemGelisClis;
Var
ParU,ParP,ParOno,ParMyuk,ParKuz,ParMsec:Integer;
ParIsYuku:Real;
ParOces:Char;
Begin
For ParU:=1 to UrunCesidi do
Begin
For ParP:=1 to PartiSayisi[ParU] do
Begin
If GelisZamani[ParU,ParP]=Time then
Begin
If ilk=0 Then
ilk:=Time;
WIP[ParU]:=WIP[ParU]+1;
OperasyonNo[ParU,ParP]:=1;
ParOces:=OperasyonCesidi[ParU,1];ParOno:=0;
(**ilk operasyonun numarasi araniyor*)
Repeat
ParOno:=ParOno+1;
Until ParOces=OperasyonTipi[ParOno];
(**ilk operasyon icin en az yuklu makina araniyor*)
ParMyuk:=1;ParMsec:=1;
ParIsYuku:=IsYuku[ParOno,ParMyuk];
Repeat
If ParIsYuku>IsYuku[ParOno,ParMsec] then
Begin
ParIsYuku:=IsYuku[ParOno,ParMsec];
ParMyuk:=ParMsec;
End;
ParMsec:=ParMsec+1;
Until (ParMsec>OperasyonMakSay[ParOno]);
```

```
    If (KuyruktaBeklels[ParOno,ParMyuk,1]=0) And
(KuyruktaBeklels[ParOno,ParMyuk,2]=0) Then ParKuz:=0
      Else ParKuz:=1;
      (**Yeni gelen is kuyruğa ekleniyor*)
      Repeat
        ParKuz:=ParKuz+1;
      Until KuyruktaBeklels[ParOno,ParMyuk,ParKuz]=0;
      If (ParKuz=1) And (IslemMevcut[ParOno,ParMyuk]='E') Then ParKuz:=2;
      IsYuku[ParOno,ParMyuk]:=IsYuku[ParOno,ParMyuk]+OperasyonZamani[ParU,1];
      KuyrukUzunlugu[ParOno,ParMyuk]:=KuyrukUzunlugu[ParOno,ParMyuk]+1;
      If MaxKuyUzunlugu[ParOno,ParMyuk]<KuyrukUzunlugu[ParOno,ParMyuk] Then
        MaxKuyUzunlugu[ParOno,ParMyuk]:=KuyrukUzunlugu[ParOno,ParMyuk];
      KuyruktaBeklels[ParOno,ParMyuk,ParKuz]:=ParU;
      KuyruktaBeklePr[ParOno,ParMyuk,ParKuz]:=ParP;
      GotoXY(20,1);Write(ParU,' urunun ',ParP,' partisi geldi');
      PartIslemYuz[ParU]:=PartIslemYuz[ParU]+1;
      DiziYazCis;
    End;
  End;
End;
End;
End;
(**Operasyon sirasinda urunlerin tezgahlar arasinda yerdegistirmesinin saglar*)
Procedure IslemBaslamaCis;
  Var
    By,ParO,ParM,K,ParK,ParU,ParP,Is,Pr,Op,ParIs,ParPr,ParOp,ParOno,ParMyuk,ParKuz,ParMsec:
    Integer;
    KuklaEleman,ParOprZaman:Integer;
    ParIsYuku:Real;
    ParOces,As:Char;
    (**Yeni duruma gore olusan diziyi saptar*)
  Procedure DiziYenileCis;
    Var
      Par1:Integer;
    Begin
      For Par1:=(ParK+1) to mKuyrukUzunlugu do
        Begin
          KuyruktaBeklels[ParO,ParM,(Par1-1)]:=KuyruktaBeklels[ParO,ParM,Par1];
          KuyruktaBeklePr[ParO,ParM,(Par1-1)]:=KuyruktaBeklePr[ParO,ParM,Par1];
        End;
        KuyruktaBeklels[ParO,ParM,mKuyrukUzunlugu]:=0;
        KuyruktaBeklePr[ParO,ParM,mKuyrukUzunlugu]:=0;
      End;
    Begin
      For ParO:=1 to mOperasyonTipi do
        Begin
```

```
For ParM:= 1 to OperasyonMakSay[ParO] do
Begin
If BozulmaZamani[ParO,ParM]=Time Then
If IslemMevcut[ParO,ParM]='E' Then
Begin
OnarimOp:=ParO;OnarimMak:=ParM;
OnarimBulCls;
TopBozZam[ParO,ParM]:=TopBozZam[ParO,ParM]+OnarimZamani;
IslemBitis[ParO,ParM]:=IslemBitis[ParO,ParM]+OnarimZamani;
BozulmaBulCls;
BozulmaZamani[ParO,ParM]:=Time+BozulmaSuresi;
DiziYazCls;
End
Else
Begin
OnarimOp:=ParO;OnarimMak:=ParM;
OnarimBulCls;
TopBozZam[ParO,ParM]:=TopBozZam[ParO,ParM]+OnarimZamani;
IslemBitis[ParO,ParM]:=Time+OnarimZamani;
IslemMevcut[ParO,ParM]='E';
BozulmaBulCls;
BozulmaZamani[ParO,ParM]:=Time+BozulmaSuresi;
DiziYazCls;
End;
End;
For ParU:= 1 to mUrunCesidi do
For ParP:= 1 to PartiSayisi[ParU] do
Begin
If Time=IslemBaslama[ParU,ParP] then
Begin
ParOces:=OperasyonCesidi[ParU,OperasyonNo[ParU,ParP]];ParOno:=0;
Repeat
ParOno:=ParOno+1;
Until ParOces=OperasyonTipi[ParOno];
ParMyuk:=1;ParMsec:=1;
ParIsYuku:=IsYuku[ParOno,ParMyuk];
Repeat
If ParIsYuku>IsYuku[ParOno,ParMsec] then
Begin
ParIsYuku:=IsYuku[ParOno,ParMsec];
ParMyuk:=ParMsec;
End;
ParMsec:=ParMsec+1;
Until (ParMsec>OperasyonMakSay[ParOno]);
```

```
    If (KuyruktaBeklels[ParOno,ParMyuk,1]=0) And
(KuyruktaBeklels[ParOno,ParMyuk,2]=0) Then ParKuz:=0
      Else ParKuz:=1;
    Repeat
      ParKuz:=ParKuz+1;
    Until KuyruktaBeklels[ParOno,ParMyuk,ParKuz]=0;
    If (ParKuz=1) And (IslemMevcut[ParOno,ParMyuk]='E') Then ParKuz:=2;
    KuyruktaBeklels[ParOno,ParMyuk,ParKuz]:=ParU;
    KuyruktaBeklePr[ParOno,ParMyuk,ParKuz]:=ParP;

    IsYuku[ParOno,ParMyuk]:=IsYuku[ParOno,ParMyuk]+OperasyonZamani[ParU,OperasyonNo[ParU,ParP]];
    KuyrukUzunlugu[ParOno,ParMyuk]:=KuyrukUzunlugu[ParOno,ParMyuk]+1;
    If MaxKuyUzunlugu[ParOno,ParMyuk]<KuyrukUzunlugu[ParOno,ParMyuk] Then
      MaxKuyUzunlugu[ParOno,ParMyuk]:=KuyrukUzunlugu[ParOno,ParMyuk];
    IslemBaslama[ParU,ParP]:=0;
  End;
End;
For ParO:=1 to mOperasyonTipi do
  Begin
    For ParM:=1 to mOperasyonMakSay do
      Begin
        If IslemMevcut[ParO,ParM]='E' then
          Begin
            If IslemBitis[ParO,ParM]=Time then
              Begin
                If KuyruktaBeklels[ParO,ParM,1]<>0 Then
                  Begin
                    Is:=KuyruktaBeklels[ParO,ParM,1];
                    Pr:=KuyruktaBeklePr[ParO,ParM,1];
                    BitenIs[ParO,ParM]:=Is;
                    Op:=OperasyonNo[Is,Pr];
                    IsYuku[ParO,ParM]:=IsYuku[ParO,ParM]-OperasyonZamani[Is,Op];
                    OperasyonNo[Is,Pr]:=OperasyonNo[Is,Pr]+1;
                    KuyrukUzunlugu[ParO,ParM]:=KuyrukUzunlugu[ParO,ParM]-1;
                    If OperasyonNo[Is,Pr]<=OperasyonSayi[Is] then
                      Begin
                        ParOces:=OperasyonCesidi[Is,(Op+1)];
                        ParOno:=0;
                        Repeat
                          ParOno:=ParOno+1
                        Until ParOces=OperasyonTipi[ParOno];
                        IslemBaslama[Is,Pr]:=Time+TasimaZamani[ParOno,ParO];

                    TopTasimaZam[Is]:=TopTasimaZam[Is]+TasimaZamani[ParOno,ParO];
                  End
                End
              End
            End
          End
        End
      End
    End
  End
End
```

```
Else
  Begin
    PartiTamamYuz[Is]:=PartiTamamYuz[Is] + 1;
    WIP[Is]:=WIP[Is]-1;
    B.Za:=Time;B.Ur:=Is;B.Pr:=Pr;
    Write(DosyaB,B);
    GotoXY(1,YW);Write(' Zaman ',Time:7:0);
    Write(' Biten Urun ',Is,' ',PartiTamamYuz[Is]:1:3,' ');
    Write(OperasyonNo[Is,Pr],' ',OperasyonSayi[Is]);
    YW:=YW+1;
    If YW>20 Then
      Begin Read;YW:=2;Clrscr; End;*)
  End;
End;
Case OncelikSec of
  (*OncelikSec=1 ise FIFO yu kullaniyor*)
  1 :Begin
    ParK:=1;
    DiziYenileCl;
  End;
  (*OncelikSec=2 ise LIFO yu kullaniyor*)
  2 :Begin
    K:=1;
    By:=0;
    Repeat
      If KuyruktaBeklels[ParO,ParM,K]=0 Then
        Begin
          K:=K-1;
          KuyruktaBeklels[ParO,ParM,1]:=KuyruktaBeklels[ParO,ParM,K];
          KuyruktaBeklePr[ParO,ParM,1]:=KuyruktaBeklePr[ParO,ParM,K];
          KuyruktaBeklels[ParO,ParM,K]:=0;
          KuyruktaBeklePr[ParO,ParM,K]:=0;
          By:=1;
        End;
        K:=K+1;
      Until By=1;
    End;
  (*OncelikSec=3 ise LPT yu kullaniyor*)
  (*OncelikSec=4 ise SPT yu kullaniyor*)
  3,4:Begin
    Is:=KuyruktaBeklels[ParO,ParM,2];
    Pr:=KuyruktaBeklePr[ParO,ParM,2];
    Op:=OperasyonNo[Is,Pr];K:=2;ParK:=2;
    Repeat
      ParIs:=KuyruktaBeklels[ParO,ParM,K];
      ParPr:=KuyruktaBeklePr[ParO,ParM,K];
```

```
ParOp:=OperasyonNo[ParIs,ParPr];
If OncelikSec=3 Then
  If OperasyonZamani[ParIs,ParOp]>OperasyonZamani[Is,Op] Then
    Begin
      Is:=ParIs;Pr:=ParPr;Op:=ParOp;ParK:=K;
    End
  Else
    If OperasyonZamani[ParIs,ParOp]<OperasyonZamani[Is,Op] Then
      Begin
        Is:=ParIs;Pr:=ParPr;Op:=ParOp;ParK:=K;
      End;
    K:=K+1;
    Until KuyruktaBekleIs[ParO,ParM,K]=0;
    KuyruktaBekleIs[ParO,ParM,1]:=KuyruktaBekleIs[ParO,ParM,ParK];
    KuyruktaBeklePr[ParO,ParM,1]:=KuyruktaBeklePr[ParO,ParM,ParK];
    DiziYenileClIs;
  End;
(*OncelikSec=5 ise Termin zamani once olani kullaniyor*)
5 :Begin
  Is:=KuyruktaBekleIs[ParO,ParM,2];
  Pr:=KuyruktaBeklePr[ParO,ParM,2];K:=2;ParK:=2;
  Repeat
    ParIs:=KuyruktaBekleIs[ParO,ParM,K];
    ParPr:=KuyruktaBeklePr[ParO,ParM,K];
    If TerminZamani[ParIs]<TerminZamani[Is] Then
      Begin
        Is:=ParIs;Pr:=ParPr;ParK:=K;
      End;
    K:=K+1;
    Until KuyruktaBekleIs[ParO,ParM,K]=0;
    KuyruktaBekleIs[ParO,ParM,1]:=KuyruktaBekleIs[ParO,ParM,ParK];
    KuyruktaBeklePr[ParO,ParM,1]:=KuyruktaBeklePr[ParO,ParM,ParK];
    DiziYenileClIs;
  End;
End;
IslemMevcut[ParO,ParM]:='H';
End;
End;
If IslemMevcut[ParO,ParM]='H' then
  Begin
    If KuyruktaBekleIs[ParO,ParM,1]<>0 then
      Begin
        Is:=KuyruktaBekleIs[ParO,ParM,1];
        Pr:=KuyruktaBeklePr[ParO,ParM,1];
        Op:=OperasyonNo[Is,Pr];
```

```

TopOperasyonZam[ParO,ParM,Is]:=TopOperasyonZam[ParO,ParM,Is]+IlkOperasyon[Is,Op];

ParOprZaman:=Trunc(OperasyonZamani[Is,Op]*(1+AynilslemYuzde[Is,OperasyonNo[Is,Pr]]))
+1;

KuklaEleman:=Round(ParOprZaman-OperasyonZamani[Is,Op]);

TopYenidenIslZam[ParO,ParM,Is]:=TopYenidenIslZam[ParO,ParM,Is]+KuklaEleman;
KuklaEleman:=IskartaZam[Is,OperasyonNo[Is,Pr]];
TopIskartaZam[ParO,ParM,Is]:=TopIskartaZam[ParO,ParM,Is]+KuklaEleman;
IslemBitis[ParO,ParM]:=Time+ParOprZaman;

TopBaglaCozZam[ParO,ParM,Is]:=TopBaglaCozZam[ParO,ParM,Is]+BaglaCozZamani[ParO,Is]
;

IslemBitis[ParO,ParM]:=IslemBitis[ParO,ParM]+BaglaCozZamani[ParO,Is];
If BitenIs[ParO,ParM]<>KuyruktaBekleIs[ParO,ParM,1] then
Begin

IslemBitis[ParO,ParM]:=IslemBitis[ParO,ParM]+HazirlikZamani[ParO,Is]+KontrolZamani[ParO,
Is];

TopHazirlikZam[ParO,ParM,Is]:=TopHazirlikZam[ParO,ParM,Is]+HazirlikZamani[ParO,Is];

TopKontrolZam[ParO,ParM,Is]:=TopKontrolZam[ParO,ParM,Is]+KontrolZamani[ParO,Is];

End;
IslemMevcut[ParO,ParM]:='E';
End
Else
TopBosMakZam[ParO,ParM]:=TopBosMakZam[ParO,ParM]+1;
End;
End;
End;
End;
End;
Procedure SimulasyonClis;
Var
H1,X,I,J,K,Cik:Integer;
Deger1,Deger2:Real;
Kuyruks,KuyrukPr,Oper,As,H2,H3,mH2:Integer;
T1,T2,T3,T4,T5,T6:Real;
Sira:Integer;
Zam:Real;
Begin
IskartaClis;
SifirlaClis;
Clrscr;
Y:=2;Cik:=0;Time:=1.0;

```

```
Zam:=1000.0;YW:=2;
Repeat
  GotoXY(5,1);Write('Time:',Time:12:0);
  IslemGellsCls;
  IslemBaslamaCls;
  Cik:=1;
  For H1:=1 to UrunCesidi do
    Begin
      Deger2:=PartiTamamYuz[H1]/PartiSayisi[H1];
      If Deger2<1 Then Cik:=0;
      End;Time:=Time+1;
    If Cik=0 Then
      For H1:=1 to UrunCesidi do TopWIP[H1]:=TopWIP[H1]+WIP[H1];
    If Time=Zam Then
      Begin
        GotoXY(1,YW);Write(' Zaman ',Time:7:0);
        W.Za:=Time;W.W1:=WIP[1];W.W2:=WIP[2];W.W3:=WIP[3];
        W.W4:=WIP[4];W.W5:=WIP[5];
        Write(DosyaW,W);Zam:=Zam+1000.0;
        Write(' WIP1 ',WIP[1]:4:0,' WIP2 ',WIP[2]:4:0,' WIP3 ',WIP[3]:4:0);
        Write(' WIP4 ',WIP[4]:4:0,' WIP5 ',WIP[5]:4:0,' TWIP ',TopWIP:9:0);
        YW:=YW+1;
        If YW>20 Then
          Begin Read;YW:=2;Clrscr; End;*)
      End;
    Until Cik=1;
    Y:=20;X:=10;
  Repeat Until Keypressed;
  Son:=Int(IslemBitis[1,1]);
  For I:=1 to mOperasyonTipi do
    Begin
      For J:=1 to mOperasyonMakSay do
        Begin
          If Son<IslemBitis[I,J] Then
            Son:=Int(IslemBitis[I,J]);
          End;
        End;
      End;
    For K:=1 to 4 do
      Begin
        X:=3;
        For H1:=I to J do
          Begin
            mH2:=OperasyonMakSay[H1];
            H2:=1;
            For H2:=1 to mH2 do
              Begin
```

```
Y:=3;
GotoXY(X,2);Write(OperasyonTipi[H1],H2);
For H3:=1 to 8 do
  Begin
    Oper:=OperasyonNo[KuyruktaBeklels[H1,H2,H3],KuyruktaBeklePr[H1,H2,H3]];
    GotoXY(X,Y);Write(KuyruktaBeklels[H1,H2,H3], ' ',KuyruktaBeklePr[H1,H2,H3],
  );

    Y:=Y+1;
  End;
Y:=Y+1;GotoXY(X,Y);Write('IV',IsYuku[H1,H2]:6,' ');
Y:=Y+1;GotoXY(X,Y);Write('B ',TopBosMakZam[H1,H2]:6:0,' ');
Y:=Y+1;GotoXY(X,Y);Write('IB',IslemBitis[H1,H2]:6:0,' ');
Y:=Y+1;GotoXY(X,Y);Write('Kuy',KuyrukUzunlugu[H1,H2], ' ');
Y:=Y+1;GotoXY(X,Y);Write('MK ',MaxKuyUzunlugu[H1,H2], ' ');
Y:=Y+1;GotoXY(X,Y);Write('YBZ',TopYukBosZam[H1,H2]:6);
X:=X+10;
End;
End;
Repeat Until Keypressed;
Clrscr;
End;
Clrscr;
For I:=1 to mOperasyonTipi do
  For J:=1 to OperasyonMakSay[I] do
    Begin
      Clrscr;WriteLn(' Operasyon tipi....',I,' Makina nosu....',J);
      WriteLn('BozZaman ',I,' ',J,' ',TopBozZam[I,J]:4);
      WriteLn('BosZaman ',I,' ',J,' ',TopBosMakZam[I,J]:4);
      WriteLn('MaxKuy ',I,' ',J,' ',MaxKuyUzunlugu[I,J]:2);
      WriteLn;
      WriteLn('Urun AyniIslem Iskarta Hazirlilik Kontrol BaglamaCozme Oper Z. ');
      WriteLn('---- -');
      X:=8;
      For K:=1 to UrunCesidi do
        Begin
          Gotoxy(2,X);Write(K:2);
          Gotoxy(10,X);Write(TopYenidenIsiZam[I,J,K]:4);
          Gotoxy(20,X);Write(TopIskartaZam[I,J,K]:4);
          Gotoxy(30,X);Write(TopHazirlilikZam[I,J,K]:4);
          Gotoxy(40,X);Write(TopKontrolZam[I,J,K]:4);
          Gotoxy(54,X);Write(TopBaglaCozZam[I,J,K]:4);
          Gotoxy(65,X);Write(TopOperasyonZam[I,J,K]:4);
          X:=X+1;
          If X=24 Then
            Begin
              Read;
```

```
        Clrscr;X:=1;
    End;
End;
Repeat Until Keypressed;
End;
Clrscr;
For K:=1 to UrunCesidi do
    Begin
        Clrscr;Writeln('UrunCesidi.....',K,' Tasima zamanl.....',TopTasimaZam[K],' wip
        ',TopWIP[K]:7:0,' ',WIP[K]:5:0);
        Writeln('BozZaman ',I,' ',J,' ',TopBozZam[I,J]:4);
        Writeln('BosZaman ',I,' ',J,' ',TopBosMakZam[I,J]:4);
        Writeln('MaxKuy ',I,' ',J,' ',MaxKuyUzunlugu[I,J]:2);
        Writeln('Urun Aynislem Iskarta Hazirlik Kontrol BaglamaCozme Oper Z. ');
        Writeln('-----');
        X:=7;
        For l:=1 to mOperasyonTipi do
            For J:=1 to OperasyonMakSay[l] do
                Begin
                    Gotoxy(2,X);Write(l:2);Gotoxy(6,X);Write(J:2);
                    Gotoxy(10,X);Write(TopYenidenIslZam[l,J,K]:4);
                    Gotoxy(20,X);Write(TopIskartaZam[l,J,K]:4);
                    Gotoxy(30,X);Write(TopHazirlikZam[l,J,K]:4);
                    Gotoxy(40,X);Write(TopKontrolZam[l,J,K]:4);
                    Gotoxy(54,X);Write(TopBaglaCozZam[l,J,K]:4);
                    Gotoxy(65,X);Write(TopOperasyonZam[l,J,K]:4);
                    X:=X+1;
                    If X=24 Then
                        Begin
                            Read;
                            Clrscr;X:=1;
                        End;
                    End;Repeat Until Keypressed;
                End;
            Clrscr;Sira:=1;X:=1;Y:=1;
            For l:=1 to mOperasyonTipi do
                For J:=1 to OperasyonMakSay[l] do
                    Begin
                        If Sira=3 Then
                            Begin
                                X:=41;Y:=1;
                            End;
                        If Sira=5 Then
                            Begin
                                Repeat Until Keypressed;
                                Clrscr;
```

```
Sira:=1;X:=1;Y:=1;
End;
GotoXY(X,Y);Write(' Operasyon tipi....',I,' Makina nosu....',J);Y:=Y+1;
GotoXY(X,Y);
Write('BozZaman      ',I,' ',J,' ',TopBozZam[I,J]:9,' %',(TopBozZam[I,J]/(Son-
llk)):5:4);Y:=Y+1;
GotoXY(X,Y);
Write('BosZaman      ',I,' ',J,' ',TopBosMakZam[I,J]:9:2,' %
',(TopBosMakZam[I,J]/(Son-llk)):5:4);Y:=Y+1;
GotoXY(X,Y);Write('MaxKuy      ',I,' ',J,' ',MaxKuyUzunlugu[I,J]:4);Y:=Y+1;
T1:=0;T2:=0;T3:=0;T4:=0;T5:=0;T6:=0;
For K:=1 to UrunCesidi do
Begin
T1:=T1+TopYenidenIslZam[I,J,K];
T2:=T2+TopIskartaZam[I,J,K];
T3:=T3+TopHazirlikZam[I,J,K];
T4:=T4+TopKontrolZam[I,J,K];
T5:=T5+TopBaglaCozZam[I,J,K];
T6:=T6+TopOperasyonZam[I,J,K];
End;
GotoXY(X,Y);Write('Yeniden Isleme ',I,' ',J,' ',T1:9:2,' %',(T1/(Son-llk)):5:4);Y:=Y+1;
GotoXY(X,Y);Write('Iskarta      ',I,' ',J,' ',T2:9:2,' %',(T2/(Son-llk)):5:4);Y:=Y+1;
GotoXY(X,Y);Write('Hazirlik      ',I,' ',J,' ',T3:9:2,' %',(T3/(Son-llk)):5:4);Y:=Y+1;
GotoXY(X,Y);Write('Kontrol      ',I,' ',J,' ',T4:9:2,' %',(T4/(Son-llk)):5:4);Y:=Y+1;
GotoXY(X,Y);Write('Baglama Cozme ',I,' ',J,' ',T5:9:2,' %',(T5/(Son-
llk)):5:4);Y:=Y+1;
GotoXY(X,Y);Write('Operasyon      ',I,' ',J,' ',T6:9:2,' %',(T6/(Son-llk)):5:4);Y:=Y+1;
Sira:=Sira+1;Y:=Y+1;
End;

WriteLn('llk ',llk:3:2);
WriteLn('Son ',Son:3:2);Repeat Until Keypressed;
End;
Begin
SimulasyonCls;
End;.
```

(*KİS VE YİS İÇİN EKONOMİK ANALİZ***)**

Procedure FormulCIs;

Var

TezgahAmortMal :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
TezgahYatrimMal :Array [1..mOperasyonTipi,1..mOperasyonMakSay] of Real;
TezgahHurdaMal :Array [1..mOperasyonTipi,1..mOperasyonMakSay] of Real;
TezgahOmur :Array [1..mOperasyonTipi,1..mOperasyonMakSay] of Real;
(*****)
AmortismanMal :Array [1..mÜrünCesidi] of Integer;
(*****)
IsgucuMal :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
(*****)
TakimAmortMal :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
TakimYatrimMal :Array [1..mOperasyonTipi,1..mOperasyonMakSay] of Real;
TakimOmur :Array [1..mOperasyonTipi,1..mOperasyonMakSay] of Real;
(*****)
TertibatAmortMal :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
TertibatYatrimMal: Array [1..mOperasyonTipi,1..mOperasyonMakSay] of Real;
TertibatOmur :Array [1..mOperasyonTipi,1..mOperasyonMakSay] of Real;
(*****)
MalzemeMal :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
HammaddeMal :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
(*****)
AlanMal :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
(*****)
ProgramlamaMal :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
(*****)
BakimMal :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
(*****)
KontrolMal :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
(*****)
DigerMal :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
(*****)
GenelToplam :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
HazirlikMaliyeti :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
TopOperZamani :Real;
TopYatirim :Real;
ROI,GOS,NBD :Real;
TopOperZamani1 :Real;
TopOperZamani2 :Real;
MakOperZamani :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
MakOperZamani1 :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
MakOperZamani2 :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
OperasyonZam :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
HazirlikZam :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
KontrolZam :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;

```
BaglaCozZam :Array [1..mUrunCesidi] of Real;
YenidenIsiZam :Array [1..mUrunCesidi] of Real;
IskartaZam :Array [1..mUrunCesidi] of Real;
TopIskarta :Array [1..mUrunCesidi] of Real;
Yaz1 :Array [1..7] of Real;
MakinaSayisi :Integer;
TopMaliyet :Real;
(*****)
AlanKira,BirBakimMal,BirKontrolMal,BirDigerMal,TopTasimaMal:Real;
ProgramMal:Real;
OperAdamSay,TasAdamSay:Integer;
OperAdamMal,TasAdamMal,Deger:Real;
TopAlan,I,J,K,L,N:Integer;
IO,KayipZaman:Real;
Begin
  MakinaSayisi:=11;
  (*****Sifirla*****Sifirla*****)
  TopOperZamani:=0;TopOperZamani1:=0;TopYatirim:=0;ROI:=0;
  For L:=1 to UrunCesidi do
    Begin
      OperasyonZam[L]:=0;HazirlikZam[L]:=0;KontrolZam[L]:=0;
      BaglaCozZam[L]:=0;YenidenIsiZam[L]:=0;IskartaZam[L]:=0;
      MalzemeMal[L]:=0;IsgucuMal[L]:=0;AlanMal[L]:=0;ProgramlamaMal[L]:=0;
      BakimMal[L]:=0;KontrolMal[L]:=0;TezgahAmortMal[L]:=0;DigerMal[L]:=0;
      TakimAmortMal[L]:=0;TertibatAmortMal[L]:=0;MakOperZamani[L]:=0;

      GenelToplam[L]:=0;TopIskarta[L]:=0;MakOperZamani1[L]:=0;MakOperZamani2[L]:=0;
    End;
    For L:=1 to 7 do Yaz1[L]:=0;
    For L:=1 to UrunCesidi do
      For J:=1 to OperasyonSayi[L] do
        Begin
          TopIskarta[L]:=TopIskarta[L]+TopIskartaMik[L,J];
        End;
      For L:=1 to UrunCesidi do
        Begin
          HazirlikMaliyeti[L]:=0;
          For J:=1 to MakinaSayisi do
            Begin
              For K:=1 to OperasyonMakSay[J] do
                Begin
                  KayipZaman:=TopHazirlikZam[J,K,L]+TopKontrolZam[J,K,L]+TopBaglaCozZam[J,K,L];
                  KayipZaman:=KayipZaman+TopYenidenIsiZam[J,K,L]+TopIskartaZam[J,K,L];
                  HazirlikMaliyeti[L]:=HazirlikMaliyeti[L]+(KayipZaman*IO*TezgahYatirimMal[J,K]);
                  OperasyonZam[L]:=OperasyonZam[L]+TopOperasyonZam[J,K,L];
```

```
HazirlikZam[L]:=HazirlikZam[L]+TopHazirlikZam[J,K,L];
KontrolZam[L]:=KontrolZam[L]+TopKontrolZam[J,K,L];
BaglaCozZam[L]:=BaglaCozZam[L]+TopBaglaCozZam[J,K,L];
YenidenIsiZam[L]:=YenidenIsiZam[L]+TopYenidenIsiZam[J,K,L];
IskartaZam[L]:=IskartaZam[L]+TopIskartaZam[J,K,L];

TopOperZamani:=TopOperZamani+TopOperasyonZam[J,K,L]+TopHazirlikZam[J,K,L];

TopOperZamani:=TopOperZamani+TopKontrolZam[J,K,L]+TopBaglaCozZam[J,K,L];

TopOperZamani:=TopOperZamani+TopYenidenIsiZam[J,K,L]+TopIskartaZam[J,K,L];

TopOperZamani1:=TopOperZamani1+TopOperasyonZam[J,K,L]+TopYenidenIsiZam[J,K,L];
TopOperZamani1:=TopOperZamani1+TopIskartaZam[J,K,L];

MakOperZamani[L]:=MakOperZamani[L]+TopOperasyonZam[J,K,L]+TopHazirlikZam[J,K,L];

MakOperZamani[L]:=MakOperZamani[L]+TopKontrolZam[J,K,L]+TopBaglaCozZam[J,K,L];

MakOperZamani[L]:=MakOperZamani[L]+TopYenidenIsiZam[J,K,L]+TopIskartaZam[J,K,L];
MakOperZamani1[L]:=MakOperZamani1[L]+TopOperasyonZam[J,K,L];

MakOperZamani1[L]:=MakOperZamani1[L]+TopYenidenIsiZam[J,K,L]+TopIskartaZam[J,K,L];
;

End;
End;
MakOperZamani2[L]:=MakOperZamani[L]+TopTasimaZam[L];
TopOperZamani2:=TopOperZamani2+TopTasimaZam[L];
End;
TopOperZamani2:=TopOperZamani2+TopOperZamani;
Clrscr;
For L:=1 to UrunCesidi do
Begin
  (****Malzeme Maliyeti****)
  MalzemeMal[L]:=(UrunTalebi[L]+TopIskarta[L])*HammaddeMal[L];
  (*****)
  (****Is Gucu Maliyeti****)
  Deger:=MakOperZamani[L]/TopOperZamani*OperAdamSay*OperAdamMal;
  Deger:=Deger+(TopTasimaZam[L]/(TopOperZamani2-
TopOperZamani)*TasAdamSay*TasAdamMal);
  IsgucuMal[L]:=Deger*(Son-Ilk);
  (*****)
  (****Alan Maliyeti****)
  Deger:=MakOperZamani[L]/TopOperZamani;
  AlanMal[L]:=Deger*TopAlan*AlanKira*(Son-Ilk);
  (*****)
```

```
(****Programlama Maliyeti****)
Deger:=MakOperZamani1[L]/TopOperZamani1;
ProgramlamaMal[L]:=Deger*ProgramMal*(Son-Ilk);
(*****)
(****Bakim Maliyeti****)
Deger:=MakOperZamani1[L]/TopOperZamani1;
BakimMal[L]:=Deger*BirBakimMal*(Son-Ilk);
(*****)
(****Diger Maliyeti****)
Deger:=MakOperZamani2[L]/TopOperZamani2;
DigerMal[L]:=Deger*BirDigerMal*(Son-Ilk);
(*****)
For J:=1 to MakinaSayisi do
  Begin
    For K:=1 to OperasyonMakSay[J] do
      Begin
        (****Kontrol Maliyeti****)
        KontrolMal[L]:=KontrolMal[L] + TopKontrolZam[J,K,L]*BirKontrolMal;
        (*****)
        (****Tezgah Amortisman Maliyeti****)
        Deger:=(TezgahYatirimMal[J,K]-TezgahHurdaMal[J,K])/TezgahOmur[J,K];

Deger:=Deger*(TopOperasyonZam[J,K,L] + TopYenidenIslZam[J,K,L] + TopIskartaZam[J,K,L]);
        TezgahAmortMal[L]:=TezgahAmortMal[L] + Deger;
        (*****)
        (****Takim Yatirim Maliyeti****)
        Deger:=TakimYatirimMal[J,K]/TakimOmur[J,K];

Deger:=Deger*(TopOperasyonZam[J,K,L] + TopYenidenIslZam[J,K,L] + TopIskartaZam[J,K,L]);
        TakimAmortMal[L]:=TakimAmortMal[L] + Deger;
        (*****)
        (****Tertibat Yatirim Maliyeti****)
        Deger:=TertibatYatirimMal[J,K]/TertibatOmur[J,K];

Deger:=Deger*(TopOperasyonZam[J,K,L] + TopYenidenIslZam[J,K,L] + TopIskartaZam[J,K,L]);
        TertibatAmortMal[L]:=TertibatAmortMal[L] + Deger;
        (*****)
        TopYatirim:=TopYatirim + TezgahYatirimMal[J,K];
      End;
    End;
  End;
  Clrscr;
  Gotoxy(1,2);Write('Urun Work in Operas. Hazirl. Kontrol Tasima Bagla Yeniden
Iskarta');
  Gotoxy(1,3);Write(' No Process Zamani Zamani Zamani Zamani Coz Z. Isl. Z.
Zamani ');
```

```
Gotoxy(1,4);Write('---- -----');
Y:=5;
For L:=1 to UrunCesidi do
  Begin
    Gotoxy(2,Y);Write(L:2);
    Gotoxy(9,Y);Write((TopWIP[L]*(UrunTalebi[L]/PartiSayisi[L])/(Son-Ilk)):7:3);
    Gotoxy(18,Y);Write(OperasyonZam[L]:7:1);Yaz1[1]:=Yaz1[1]+OperasyonZam[L];
    Gotoxy(27,Y);Write(HazirlikZam[L]:7:1);Yaz1[2]:=Yaz1[2]+HazirlikZam[L];
    Gotoxy(36,Y);Write(KontrolZam[L]:7:1);Yaz1[3]:=Yaz1[3]+KontrolZam[L];
    Gotoxy(45,Y);Write(TopTasimaZam[L]:5,'.0');Yaz1[4]:=Yaz1[4]+TopTasimaZam[L];
    Gotoxy(54,Y);Write(BaglaCozZam[L]:7:1);Yaz1[5]:=Yaz1[5]+BaglaCozZam[L];
    Gotoxy(63,Y);Write(YenidenIslZam[L]:7:1);Yaz1[6]:=Yaz1[6]+YenidenIslZam[L];
    Gotoxy(72,Y);Write(IskartaZam[L]:7:1);Yaz1[7]:=Yaz1[7]+IskartaZam[L];
    Y:=Y+1;
  End;
Gotoxy(18,Y);Write(Yaz1[1]:7:1);
Gotoxy(27,Y);Write(Yaz1[2]:7:1);
Gotoxy(36,Y);Write(Yaz1[3]:7:1);
Gotoxy(45,Y);Write(Yaz1[4]:7:1);
Gotoxy(54,Y);Write(Yaz1[5]:7:1);
Gotoxy(63,Y);Write(Yaz1[6]:7:1);
Gotoxy(72,Y);Write(Yaz1[7]:7:1);
Read;Clrscr;
Gotoxy(1,2);Write(' Urun   Malzeme   Is Gucu   Alan   Program   Bakim
Kontrol');
Gotoxy(1,3);Write(' No   Maliyeti   Maliyeti   Maliyeti   Maliyeti   Maliyeti   Maliyeti');
Gotoxy(1,4);Write(' ---- ----- ----- ----- ----- -----');
Y:=5;
For K:=1 to UrunCesidi do
  Begin
    GenelToplam[K]:=GenelToplam[K]+MalzemeMal[K]+IsgucuMal[K];
    GenelToplam[K]:=GenelToplam[K]+AlanMal[K]+ProgramlamaMal[K];
    GenelToplam[K]:=GenelToplam[K]+BakimMal[K]+KontrolMal[K];
    Gotoxy(3,Y);Write(K:2);
    Gotoxy(10,Y);Write((MalzemeMal[K]/UrunTalebi[K]):9:0);
    Gotoxy(22,Y);Write((IsgucuMal[K]/UrunTalebi[K]):9:0);
    Gotoxy(34,Y);Write((AlanMal[K]/UrunTalebi[K]):9:0);
    Gotoxy(46,Y);Write((ProgramlamaMal[K]/UrunTalebi[K]):9:0);
    Gotoxy(58,Y);Write((BakimMal[K]/UrunTalebi[K]):9:0);
    Gotoxy(70,Y);Write((KontrolMal[K]/UrunTalebi[K]):9:0);
    Y:=Y+1;
  End;
Read;Clrscr;
Gotoxy(1,2);Write(' Urun   Tezgah   Takim   Tertibat   Diger   Toplam   Genel
Top');
Gotoxy(1,3);Write(' No   Maliyeti   Maliyeti   Maliyeti   Maliyeti   Maliyet   Maliyet');
```

```
Gotoxy(1,4);Write(' ---- -');
Y:=5;
For K:=1 to UrunCesidi do
  Begin
    GenelToplam[K]:=GenelToplam[K]+DigerMal[K]+TezgahAmortMal[K];
    GenelToplam[K]:=GenelToplam[K]+TakimAmortMal[K]+TertibatAmortMal[K];
    Gotoxy(3,Y);Write(K:2);
    Gotoxy(10,Y);Write((TezgahAmortMal[K]/UrunTalebi[K]):9:0);
    Gotoxy(22,Y);Write((TakimAmortMal[K]/UrunTalebi[K]):9:0);
    Gotoxy(34,Y);Write((TertibatAmortMal[K]/UrunTalebi[K]):9:0);
    Gotoxy(46,Y);Write((DigerMal[K]/UrunTalebi[K]):9:0);
    Gotoxy(58,Y);Write((GenelToplam[K]/UrunTalebi[K]):9:0);
    Gotoxy(70,Y);Write(GenelToplam[K]:9:0);
    Y:=Y+1;
    TopMaliyet:=TopMaliyet+GenelToplam[K];
  End;
Gotoxy(70,Y);Write(TopMaliyet:9:0);
Read;Clrscr;
Gotoxy(1,2);Write(' Urun    WIP    Hazirlik    Toplam    Genel Top');
Gotoxy(1,3);Write(' No      Maliyeti  Maliyeti  Maliyeti  Maliyeti');
Gotoxy(1,4);Write(' ---- -');
Y:=5;TopMaliyet:=0;
For K:=1 to UrunCesidi do
  Begin
    Gotoxy(3,Y);Write(K:2);
    Gotoxy(10,Y);Write(((GenelToplam[K]/2*IO*(Son-Ilk))/UrunTalebi[K]):9:0);
    GenelToplam[K]:=GenelToplam[K]+(GenelToplam[K]/2*IO*(Son-Ilk));
    Gotoxy(22,Y);Write(HazirlikMaliyeti[K]:9:0);
    GenelToplam[K]:=GenelToplam[K]+HazirlikMaliyeti[K];
    Gotoxy(34,Y);Write((GenelToplam[K]/UrunTalebi[K]):9:0);
    Gotoxy(46,Y);Write(GenelToplam[K]:9:0);
    Y:=Y+1;
    ROI:=ROI+GenelToplam[K];
    TopMaliyet:=TopMaliyet+GenelToplam[K];
  End;
Gotoxy(46,Y);Write(TopMaliyet:9:0);
Read;Clrscr;
NBD:=ROI*0.30;
ROI:=ROI*0.30/TopYatirim;
GOS:=1/ROI;
N:=Round(Son-Ilk);
For K:=1 to N do
  NBD:=NBD/(1+IO);
NBD:=NBD-TopYatirim;
Clrscr;
Writeln('ROI ',ROI:9:3);
```

```
WriteIn('GOS ',GOS:9:3);  
WriteIn('NBD ',NBD:9:3);  
Read;  
End;
```



(*EİS İÇİN OPERASYONEL ANALİZ***)**

Procedure IslemFms;

(***Diziler sıfırlanıyor***)

Procedure Sifirla;

Var

ParUrun,ParOper,ParPart,ParMak,ParKuy:Integer;

Begin

CarBit:=0;CarTime:=0;Time:=0;CarDolu:=0;CarPr:=0;CarOp:=0;CarMak:=0;Ilk:=0;

For ParUrun:=1 to mUrunCesidi do

Begin

PartIslemYuz[ParUrun]:=0;

PartiTamamYuz[ParUrun]:=0;

TopTasimaZam[ParUrun]:=0;

WIP[ParUrun]:=0;TopWIP[ParUrun]:=0;

For ParPart:=1 to mMaxPartiSayisi do

IslemBaslama[ParUrun,ParPart]:=0;

End;

For ParOper:=1 to mOperasyonTipi do

For ParMak:=1 to mOperasyonMakSay do

Begin

TopBosMakZam[ParOper,ParMak]:=0;

TopBozZam[ParOper,ParMak]:=0;

TopYukBosZam[ParOper,ParMak]:=0;

For ParUrun:=1 to mUrunCesidi do

Begin

TopYenidenIsiZam[ParOper,ParMak,ParUrun]:=0;TopIskartaZam[ParOper,ParMak,ParUrun]:=0;

TopHazirlilikZam[ParOper,ParMak,ParUrun]:=0;TopBaglaCozZam[ParOper,ParMak,ParUrun]:=0;

TopKontrolZam[ParOper,ParMak,ParUrun]:=0;TopOperasyonZam[ParOper,ParMak,ParUrun]:=0;

End;

IsYuku[ParOper,ParMak]:=0;

IslemBitis[ParOper,ParMak]:=0;

IslemMevcut[ParOper,ParMak]:='H';

BitenIs[ParOper,ParMak]:=0;

CarStatu[ParOper,ParMak]:=0;

KuyrukUzunlugu[ParOper,ParMak]:=0;

MaxKuyUzunlugu[ParOper,ParMak]:=0;

TopYukBosZam[ParOper,ParMak]:=0;

For ParKuy:=1 to mKuyrukUzunlugu do

Begin

KuyruktaBekleIs[ParOper,ParMak,ParKuy]:=0;

```
KuyruktaBeklePr[ParOper,ParMak,ParKuy]:=0;
End;
End;
End;
(***)Operasyon surelerini ve partı hacimlerini Iskarta oranına gore ayarlama*)
Procedure Iskarta;
Var
  ParU,ParI:Integer;
  IskartaOrani:Real;
Begin
  For ParU:=1 to UrunCesidi do
    Begin
      IskartaOrani:=1;
      For ParI:=OperasyonSayı[ParU] downto 1 do
        Begin
          TopliskartaMik[ParU,ParI]:=Round(UrunTalebi[ParU]*IskartaOrani);
          İlkOperasyon[ParU,ParI]:=Round(OperasyonZamani[ParU,ParI]*IskartaOrani);
          IskartaOrani:=IskartaOrani*(1/(1-IskartaYuzde[ParU,ParI]));
          OperasyonZamani[ParU,ParI]:=Round(OperasyonZamani[ParU,ParI]*IskartaOrani);
          IskartaZam[ParU,ParI]:=Round(OperasyonZamani[ParU,ParI]-
İlkOperasyon[ParU,ParI]);
          TopliskartaMik[ParU,ParI]:=Trunc(((UrunTalebi[ParU]*IskartaOrani)-
TopliskartaMik[ParU,ParI])+1;
        End;
      End;
    End;
  End;
(***)Diziler ekrana yaziliyor*)
Procedure DiziYaz;
Var
  Kuyrukls,KuyrukPr,Oper,X,As,H1,H2,H3,mH2:Integer;
  Deger1,Deger2:Real;
Begin
  X:=3;
  For H1:=1 to 2 do
    Begin
      mH2:=OperasyonMakSay[H1];
      H2:=1;
      For H2:=1 to mH2 do
        Begin
          Y:=3;
          GotoXY(X,2);Write(OperasyonTipi[H1],H2);
          For H3:=1 to 8 do
            Begin
              Oper:=OperasyonNo[KuyruktaBeklels[H1,H2,H3],KuyruktaBeklePr[H1,H2,H3]];
              GotoXY(X,Y);Write(KuyruktaBeklels[H1,H2,H3],', ',KuyruktaBeklePr[H1,H2,H3],'
```

```
');
```

```
        Y:=Y+1;
    End;
    Y:=Y+1;GotoXY(X,Y);Write('Y',IsYuku[H1,H2]:8,' ');
    Y:=Y+1;GotoXY(X,Y);Write('B ',TopBosMakZam[H1,H2]:8:0,' ');
    Y:=Y+1;GotoXY(X,Y);Write('IB',IslemBitis[H1,H2]:8:0,' ');
    Y:=Y+1;GotoXY(X,Y);Write('Car',CarStatu[H1,H2]);
    Y:=Y+1;GotoXY(X,Y);Write('Kuy',KuyrukUzunlugu[H1,H2]);
    Y:=Y+1;GotoXY(X,Y);Write('MK ',MaxKuyUzunlugu[H1,H2]);
    Y:=Y+1;GotoXY(X,Y);Write('YBZ',TopYukBosZam[H1,H2]:8);
    X:=X+10;
End;
End;
Y:=2;X:=2;
GotoXY(1,21);Write('I%');
GotoXY(1,22);Write('T%');X:=3;
GotoXY(10,19);Write('DOLU ',CarDolu,' IS ',CarIs,' PR ',CarPr,' OP ',CarOp,' MK ',CarMak,'
BIT ',CarBit);
For H1:=1 to 4 do
    For H2:=1 to OperasyonMakSay[H1] do
        Begin
            GotoXY(X,Y);Write('Operasyon ',H1,' Mak No ',H2,' MK ',MaxKuyUzunlugu[H1,H2],' IB
',IslemBitis[H1,H2]:8:2,' ');
            Y:=Y+1;
        End;
    For H1:=1 to UrunCesidi do
        Begin
            GotoXY(X,Y);Write(H1);
            Deger1:=(PartiIslemYuz[H1]-PartiTamamYuz[H1])/PartiSayisi[H1];
            Deger2:=PartiTamamYuz[H1]/PartiSayisi[H1];
            GotoXY(X,(Y+1));Write(Deger1:1:2);GotoXY(X,(Y+2));Write(Deger2:1:2);
            GotoXY(X,(Y+3));Write(WIP[H1]:6:0);
            GotoXY(X,(Y+4));Write(TopWIP[H1]:6:0);
            X:=X+5;
            If X>78 Then
                Begin
                    X:=10;Y:=20;
                End;
            End;
        End;
    End;
End;
Procedure OnarimBul;
Var
    Rs,Rs1:Real;
Begin
    Repeat
        Rs:=Random(1000)/1000;
    Until Rs>0;
```

```
OnarimZamani:=Round(-1*OSOrtalamasi[OnarimOp]*Ln(Rs));
End;
Procedure BozulmaBul;
Var
  Rs,Rs1:Real;
Begin
  Repeat
    Rs:=Random(1000)/1000;
  Until Rs>0;
  BozulmaSuresi:=Round(-1*BASOrtalamasi[OnarimOp]*Ln(Rs));
End;
(**Arabanin gittigi tezgahı belirleme**)
Procedure CarGitTez;
Var
  A2,A3,ParA3,By:Integer;
  ParlsYuku:Real;
  A1:Char;
Begin
  A1:=OperasyonCesidi[Carls,CarBitOpNo];
  A2:=0;
  Repeat
    A2:=A2+1
  Until A1=OperasyonTipli[A2];
  A3:=1;ParA3:=1;
  If A2=2 Then
  Begin
    By:=0;
    Repeat
      If KuyruktaBeklels[A2,ParA3,3]=0 Then
      Begin
        If By=1 Then
        Begin
          If ParlsYuku>IsYuku[A2,ParA3] Then
          Begin
            ParlsYuku:=IsYuku[A2,ParA3];
            A3:=ParA3;
          End;
        End
      Else
      Begin
        ParlsYuku:=IsYuku[A2,ParA3];
        A3:=ParA3;By:=1;
      End;
    End;
    ParA3:=ParA3+1;
  Until (ParA3>OperasyonMakSay[A2]);
```

```
End
Else
Begin
  ParIsYuku:=IsYuku[A2,A3];
  Repeat
    If ParIsYuku>IsYuku[A2,ParA3] Then
      Begin
        ParIsYuku:=IsYuku[A2,ParA3];
        A3:=ParA3;
      End;
      ParA3:=ParA3+1;
    Until (ParA3>OperasyonMakSay[A2]);
  End;
  CarBitOp:=A2;CarBitMak:=A3;
End;
(**Kuyrukta is bulunan tezgahi yukleme**)
Procedure TezgahYukle;
Var
  A2,DegM,Cik:Integer;
  SecIs,SecPr,SecOp,SecGec,SecZam,POp,PMak,POpNo:Integer;
  A1:Char;
(**Yeni duruma gore olusan diziyi saptar*)
Procedure DiziYenile;
Var
  Par1:Integer;
Begin
  KuyruktaBekleIs[TezOp,TezMak,1]:=KuyruktaBekleIs[TezOp,TezMak,Param];
  KuyruktaBeklePr[TezOp,TezMak,1]:=KuyruktaBeklePr[TezOp,TezMak,Param];
  For Par1:=Param to mKuyrukUzunlugu do
    Begin
      KuyruktaBekleIs[TezOp,TezMak,Par1]:=KuyruktaBekleIs[TezOp,TezMak,(Par1+1)];
      KuyruktaBeklePr[TezOp,TezMak,Par1]:=KuyruktaBeklePr[TezOp,TezMak,(Par1+1)];
    End;
  KuyruktaBekleIs[TezOp,TezMak,mKuyrukUzunlugu]:=0;
  KuyruktaBeklePr[TezOp,TezMak,mKuyrukUzunlugu]:=0;
End;
Begin
  Param:=2;Cik:=0;
  Repeat
    SecIs:=KuyruktaBekleIs[TezOp,TezMak,Param];
    SecPr:=KuyruktaBeklePr[TezOp,TezMak,Param];
    POpNo:=OperasyonNo[SecIs,SecPr];
    SecOp:=OperasyonNo[SecIs,SecPr]+1;
    A1:=OperasyonCesidi[SecIs,SecOp];A2:=0;
    (**ilk operasyonun numarası aranıyor*)
    Repeat
```

```
A2:=A2+1;
Until A1=OperasyonTipi[A2];
For DegM:=1 to OperasyonMakSay[A2] do
Begin
  If (A2<>2) and (A2<>1) and (Cik=0) Then
  If (KuyruktaBeklels[A2,DegM,1]=0) Then
  Begin
    If (CarDolu=1) And (A2=CarBitOp) And (DegM=CarBitMak) Then Cik:=0
    Else Cik:=1;
    If IslemMevcut[A2,DegM]='E' Then Cik:=0;
    If Cik=1 Then
    Begin
      POp:=A2;PMak:=DegM;
      DiziYenile;
    End;
  End;
  If (A2=2) and (Cik=0) Then
  If (KuyruktaBeklels[A2,DegM,3]=0) Then
  Begin
    If (CarDolu=1) And (A2=CarBitOp) And (DegM=CarBitMak) Then
    Cik:=0
    Else
    Begin
      Cik:=1;DiziYenile;
      POp:=A2;PMak:=DegM;
    End;
  End;
  If (A2=1) and (Cik=0) Then
  Begin
    Cik:=1;DiziYenile;
    POp:=A2;PMak:=DegM;
  End;
End;
If Cik=0 Then Param:=Param+1;
Until (Cik=1) Or (KuyruktaBeklels[TezOp,TezMak,Param]=0) Or
(Param=mKuyrukUzunlugu);
End;
(***)Isleme girdigi makinada kuyruktaki yerini oncelige gore alir(***)
Procedure Sira_Ayar;
Var
  Cik,K,J,Is,Pr,Op,Parls,ParOp,ParPr:Integer;
Begin
  Case OncelikSec of
    (*OncelikSec=1 ise FIFO yu kullaniyor*)
    1 :Begin
      Cik:=0;
```

```
Repeat
  If KuyruktaBeklels[DiziOp,DiziMak,Param]=0 Then
    Begin
      KuyruktaBeklels[DiziOp,DiziMak,Param]:=Dizils;
      KuyruktaBeklePr[DiziOp,DiziMak,Param]:=DiziPr;
      Cik:=1;
    End
  Else Param:=Param+1;
Until Cik=1;
End;
(*OncelikSec=2 ise LIFO yu kullaniyor*)
2 :Begin
  Cik:=0;
  Repeat
    If KuyruktaBeklels[DiziOp,DiziMak,Param]=0 Then Cik:=1
    Else Param:=Param+1;
  Until Cik=1;
  For J:=Param Downto 2 do
    Begin
      KuyruktaBeklels[DiziOp,DiziMak,(J+1)]:=KuyruktaBeklels[DiziOp,DiziMak,J];
      KuyruktaBeklePr[DiziOp,DiziMak,(J+1)]:=KuyruktaBeklePr[DiziOp,DiziMak,J];
    End;
  KuyruktaBeklels[DiziOp,DiziMak,2]:=Dizils;
  KuyruktaBeklePr[DiziOp,DiziMak,2]:=DiziPr;
End;
(*OncelikSec=3 ise LPT yu kullaniyor*)
(*OncelikSec=4 ise SPT yu kullaniyor*)
3,4:Begin
  Op:=OperasyonNo[Dizils,DiziPr];
  K:=2;Param:=2;Cik:=0;
  Repeat
    If KuyruktaBeklels[DiziOp,DiziMak,K]=0 Then Cik:=1
    Else
      Begin
        Parls:=KuyruktaBeklels[DiziOp,DiziMak,K];
        ParPr:=KuyruktaBeklePr[DiziOp,DiziMak,K];
        ParOp:=OperasyonNo[Parls,ParPr];
        If OncelikSec=3 Then
          If OperasyonZamani[Parls,ParOp]>OperasyonZamani[Dizils,DiziOp] Then
            Param:=Param+1
          Else
            If OperasyonZamani[Parls,ParOp]<OperasyonZamani[Dizils,DiziOp] Then
              Param:=Param+1;
            End;
          K:=K+1;
        Until Cik=1;
```

```
For J:=K Downto Param do
  Begin
    KuyruktaBeklels[DiziOp,DiziMak,(J + 1)]:=KuyruktaBeklels[DiziOp,DiziMak,J];
    KuyruktaBeklePr[DiziOp,DiziMak,(J + 1)]:=KuyruktaBeklePr[DiziOp,DiziMak,J];
  End;
  KuyruktaBeklels[DiziOp,DiziMak,Param]:=Dizils;
  KuyruktaBeklePr[DiziOp,DiziMak,Param]:=DiziPr;
End;
(*OncelikSec=5 ise Termin zamani once olani kullaniyor*)
5 :Begin
  Op:=OperasyonNo[Dizils,DiziPr];
  K:=2;Param:=2;Cik:=0;
  Repeat
    If KuyruktaBeklels[DiziOp,DiziMak,K]=0 Then Cik:= 1
    Else
      Begin
        ParPr:=KuyruktaBeklePr[DiziOp,DiziMak,K];
        Parls:=KuyruktaBeklels[DiziOp,DiziMak,K];
        If TerminZamani[Parls]< TerminZamani[Dizils] Then Param:=Param + 1;
        If (TerminZamani[Parls]=TerminZamani[Dizils]) And (ParPr<DiziPr) Then
          Param:=Param + 1;
        End;
        K:=K + 1;
      Until Cik= 1;
    For J:=K Downto Param do
      Begin
        KuyruktaBeklels[DiziOp,DiziMak,(J + 1)]:=KuyruktaBeklels[DiziOp,DiziMak,J];
        KuyruktaBeklePr[DiziOp,DiziMak,(J + 1)]:=KuyruktaBeklePr[DiziOp,DiziMak,J];
      End;
      KuyruktaBeklels[DiziOp,DiziMak,Param]:=Dizils;
      KuyruktaBeklePr[DiziOp,DiziMak,Param]:=DiziPr;
    End;
  End;
End;
End;
(**Sisteme giren urun bilgileri degerlendiriliyor*)
Procedure IslemGells;
Var
  ParU,ParP,A2,A3,A4,ParA3:Integer;
  ParlsYuku:Real;
  A1:Char;
Begin
  For ParU:=1 to UrunCesidi do
    Begin
      For ParP:=1 to PartiSayisi[ParU] do
        Begin
          If GelisZamani[ParU,ParP]=Time Then
```

```
Begin
  If ilk=0 Then
    ilk:=Time;
    WIP[ParU]:=WIP[ParU] + 1;
    OperasyonNo[ParU,ParP]:=1;
    A2:=1;A3:=1;
    (**ilk operasyon icin en az yuklu makina araniyor*)
    A3:=1;ParA3:=1;
    ParIsYuku:=IsYuku[A2,A3];
    Repeat
      If ParIsYuku>IsYuku[A2,ParA3] Then
        Begin
          ParIsYuku:=IsYuku[A2,ParA3];
          A3:=ParA3;
        End;
        ParA3:=ParA3 + 1;
      Until (ParA3>OperasyonMakSay[A2]);
      A4:=0;
      IsYuku[A2,A3]:=IsYuku[A2,A3] + OperasyonZamani[ParU,1];
      GotoXY(20,1);Write(ParU,' urunun ',ParP,'. partisi geldi');
      PartIslemYuz[ParU]:=PartIslemYuz[ParU] + 1;
      DiziOp:=A2;DiziMak:=A3;Dizils:=ParU;DiziPr:=ParP;
      If IslemMevcut[DiziOp,DiziMak]='H' Then
        Begin
          Param:=2;
          IslemMevcut[DiziOp,DiziMak]='H';
        End
      Else
        Begin
          Param:=2;
          IslemMevcut[DiziOp,DiziMak]='E';
        End;
      KuyrukUzunlugu[DiziOp,DiziMak]:=KuyrukUzunlugu[DiziOp,DiziMak] + 1;
      If MaxKuyUzunlugu[DiziOp,DiziMak]<KuyrukUzunlugu[DiziOp,DiziMak] Then
        MaxKuyUzunlugu[DiziOp,DiziMak]:=KuyrukUzunlugu[DiziOp,DiziMak];
      Sira_Ayar;
    End;
  End;
End;
End;
End;
(**Operasyon sirasinda urunlerin tezgahlar arasinda yer degistirmesinin saglar*)
Procedure IslemBaslama1;
  Var
    By,ParO,ParM,K,Is,Pr,Op,Parls,ParPr,ParOp,A2,A3,A4,ParA3,ParOperasyon,Bekle,DegM,Cik:Int
    eger;
```



```

        If (KuyruktaBeklels[A2,DegM,3]=0) and (CarDolu=0) Then
            Begin
                CarOp:=ParO;CarMak:=ParM;
                CarStatu[ParO,ParM]:=0;
                CarDolu:=1;
                CarTime:=Time+1;
            End;
        End;
    If ((OperasyonCesidi[Is,Op+1]='Y') or (OperasyonCesidi[Is,Op+1]='E')) and
(CarDolu=0) Then
        Begin
            CarOp:=ParO;CarMak:=ParM;
            CarStatu[ParO,ParM]:=0;
            CarDolu:=1;
            CarTime:=Time+1;
        End;
    If (OperasyonCesidi[Is,Op+1]<>'Y') and (OperasyonCesidi[Is,Op+1]<>'C')
and
(OperasyonCesidi[Is,Op+1]<>'E') and (CarDolu=0) Then
        Begin
            A1:=OperasyonCesidi[Is,Op+1];A2:=0;
            (**ilk operasyonun numarasi araniyor*)
            Repeat
                A2:=A2+1;
            Until A1=OperasyonTipi[A2];
            For DegM:=1 to OperasyonMakSay[A2] do
                If (KuyruktaBeklels[A2,DegM,1]=0) and (CarDolu=0) Then
                    Begin
                        CarOp:=ParO;CarMak:=ParM;
                        CarStatu[ParO,ParM]:=0;
                        CarDolu:=1;
                        CarTime:=Time+1;
                    End;
                End;
            End;
        End;
    End;
End;
(*Cagirilan araba ilgili makinaya gelip o makinanin ilk parcasini yuklenip makinanin
kuyrugundaki ilk parçayı aliyor*)
If CarTime=Time Then
    Begin
        KuyrukUzunlugu[CarOp,CarMak]:=KuyrukUzunlugu[CarOp,CarMak]-1;
        Carls:=KuyruktaBeklels[CarOp,CarMak,1];
        CarPr:=KuyruktaBeklePr[CarOp,CarMak,1];
        KuyruktaBeklels[CarOp,CarMak,1]:=0;

```

```
KuyruktaBeklePr[CarOp,CarMak,1]:=0;
CarStatu[CarOp,CarMak]:=0;
Op:=OperasyonNo[Carls,CarPr];
IsYuku[CarOp,CarMak]:=IsYuku[CarOp,CarMak]-OperasyonZamani[Carls,Op];
CarBit:=Time+1;
If CarOp<>2 Then BitenIs[CarOp,CarMak]:=Carls;
If OperasyonNo[Carls,CarPr]<OperasyonSayi[Carls] Then
  Begin
    CarBitOpNo:=OperasyonNo[Carls,CarPr]+1;
    CarGitTez;
  End;
If CarOp=1 Then

TopYukBosZam[CarBitOp,CarBitMak]:=TopYukBosZam[CarBitOp,CarBitMak]+OperasyonZamani[Carls,Op];
  IslemMevcut[CarOp,CarMak]:='H';
  If CarOp=2 Then If KuyruktaBekleIs[CarOp,CarMak,2]<>0 Then
    IslemMevcut[CarOp,CarMak]:='E';
    If IslemBitis[CarOp,CarMak]>Time Then IslemMevcut[CarOp,CarMak]:='E';
  End;
(*Araba yuklendiği parçayı istenen birime getirip kuyrugun sonuna ekliyor*)
  If CarBit=Time Then
    Begin
      OperasyonNo[Carls,CarPr]:=OperasyonNo[Carls,CarPr]+1;
      Op:=OperasyonNo[Carls,CarPr];
      If (OperasyonNo[Carls,CarPr]>=OperasyonSayi[Carls])
        or (OperasyonCesidi[Carls,Op]='E') Then
        Begin
          PartiTamamYuz[Carls]:=PartiTamamYuz[Carls]+1;
          WIP[Carls]:=WIP[Carls]-1;
          B.Za:=Time;B.Ur:=Carls;B.Pr:=CarPr;
          B.Sr:=Time-GelisZamani[Carls,CarPr];
          Write(DosyaB,B);
        End
      End
    Else
      Begin
        If CarBitOp=2 Then
          Begin
            KuyruktaBekleIs[CarBitOp,CarBitMak,3]:=Carls;
            KuyruktaBeklePr[CarBitOp,CarBitMak,3]:=CarPr;
          End;
        If CarBitOp=1 Then
          Begin
            DiziOp:=CarBitOp;DiziMak:=CarBitMak;Dizils:=Carls;DiziPr:=CarPr;
            If (KuyruktaBekleIs[CarBitOp,CarBitMak,1]<>0) Or
              (KuyruktaBekleIs[CarBitOp,CarBitMak,2]<>0)
```

```
        Then Param:=2 Else Param:=1;
        Sira_Ayar;
    End;
    If (CarBitOp<>1) And (CarBitOp<>2) Then
        Begin
            KuyruktaBeklels[CarBitOp,CarBitMak,1]:=CarIs;
            KuyruktaBeklePr[CarBitOp,CarBitMak,1]:=CarPr;
        End;

    IsYuku[CarBitOp,CarBitMak]:=IsYuku[CarBitOp,CarBitMak]+OperasyonZamani[CarIs,OperasyonNo[CarIs,CarPr]];
    KuyrukUzunlugu[CarBitOp,CarBitMak]:=KuyrukUzunlugu[CarBitOp,CarBitMak]+1;
    If MaxKuyUzunlugu[CarBitOp,CarBitMak]<KuyrukUzunlugu[CarBitOp,CarBitMak]
Then
        MaxKuyUzunlugu[CarBitOp,CarBitMak]:=KuyrukUzunlugu[CarBitOp,CarBitMak];
    End;
    CarDolu:=0;
    TopTasimaZam[CarIs]:=TopTasimaZam[CarIs]+2;
End;
(*Biten Islere bakiliyor, bitenler araba ihtiyaci veriyor*)
For ParO:=1 to mOperasyonTipi do
    Begin
        For ParM:=1 to mOperasyonMakSay do
            Begin
                If IslemMevcut[ParO,ParM]='E' Then
                    Begin
                        If IslemBitis[ParO,ParM]=Time Then
                            Begin
                                If ParO=2 Then
                                    Begin
                                        If KuyruktaBeklels[ParO,ParM,1]=0 Then
                                            Begin
                                                KuyruktaBeklels[ParO,ParM,1]:=KuyruktaBeklels[ParO,ParM,2];
                                                KuyruktaBeklePr[ParO,ParM,1]:=KuyruktaBeklePr[ParO,ParM,2];
                                                KuyruktaBeklels[ParO,ParM,2]:=0;
                                                KuyruktaBeklePr[ParO,ParM,2]:=0;
                                                BitenIs[ParO,ParM]:=KuyruktaBeklels[ParO,ParM,1];
                                                IslemMevcut[ParO,ParM]='H';
                                                If KuyruktaBeklels[ParO,ParM,1]<>0 Then CarStatu[ParO,ParM]:=1;
                                            End
                                        Else
                                            If KuyruktaBeklels[ParO,ParM,2]<>0 Then
                                                Begin
                                                    IslemBitis[ParO,ParM]:=Time+1;
                                                    TopBosMakZam[ParO,ParM]:=TopBosMakZam[ParO,ParM]+1;
                                                End
                                            End
                                        End
                                    End
                                End
                            End
                        End
                    End
                End
            End
        End
    End
End
```

```
Else IslemMevcut[ParO,ParM]:='H';
End
Else
If KuyruktaBeklels[ParO,ParM,1] <> 0 Then
Begin
CarStatu[ParO,ParM]:=1;
IslemBitis[ParO,ParM]:=Time+1;
TopBosMakZam[ParO,ParM]:=TopBosMakZam[ParO,ParM]+1;
End
Else IslemMevcut[ParO,ParM]:='H';
End;
End;
If IslemMevcut[ParO,ParM]='H' Then
Begin
If (ParO=1) And (KuyruktaBeklels[ParO,ParM,2] <> 0) And
(KuyruktaBeklels[ParO,ParM,1]=0) Then
Begin
TezOp:=ParO;TezMak:=ParM;
TezgahYukle;
End;
If ParO=2 Then
Begin
If KuyruktaBeklels[ParO,ParM,3] <> 0 Then
Begin
KuyruktaBeklels[ParO,ParM,2]:=KuyruktaBeklels[ParO,ParM,3];
KuyruktaBeklePr[ParO,ParM,2]:=KuyruktaBeklePr[ParO,ParM,3];
KuyruktaBeklels[ParO,ParM,3]:=0;
KuyruktaBeklePr[ParO,ParM,3]:=0;
Is:=KuyruktaBeklels[ParO,ParM,2];
Pr:=KuyruktaBeklePr[ParO,ParM,2];
Op:=OperasyonNo[Is,Pr];
TopOperasyonZam[ParO,ParM,Is]:=TopOperasyonZam[ParO,ParM,Is]+IlkOperasyon[Is,Op];
ParOprZaman:=Round(OperasyonZamani[Is,Op]*(1+AynIslemYuzde[Is,OperasyonNo[Is,Pr]]));
If ParOprZaman=0 Then
IslemBitis[ParO,ParM]:=Time+1
Else
IslemBitis[ParO,ParM]:=Round(Time+ParOprZaman);
If BitenIs[ParO,ParM] <> KuyruktaBeklels[ParO,ParM,2] Then
Begin
IslemBitis[ParO,ParM]:=IslemBitis[ParO,ParM]+HazirlıkZamani[ParO,Is];
TopHazirlıkZam[ParO,ParM,Is]:=TopHazirlıkZam[ParO,ParM,Is]+HazirlıkZamani[ParO,Is];
```

IslemBitis[ParO,ParM]:=IslemBitis[ParO,ParM]+BaglaCozZamani[ParO,Is];

TopBaglaCozZam[ParO,ParM,Is]:=TopBaglaCozZam[ParO,ParM,Is]+BaglaCozZamani[ParO,Is];
;

TopBosMakZam[ParO,ParM]:=TopBosMakZam[ParO,ParM]+HazirlikZamani[ParO,Is];

TopBosMakZam[ParO,ParM]:=TopBosMakZam[ParO,ParM]+BaglaCozZamani[ParO,Is];

End;

IslemMevcut[ParO,ParM]:='E';

End

Else

TopBosMakZam[ParO,ParM]:=TopBosMakZam[ParO,ParM]+1;

End

Else

Begin

If KuyruktaBekleIs[ParO,ParM,1]<>0 Then

Begin

Is:=KuyruktaBekleIs[ParO,ParM,1];

Pr:=KuyruktaBeklePr[ParO,ParM,1];

Op:=OperasyonNo[Is,Pr];

TopOperasyonZam[ParO,ParM,Is]:=TopOperasyonZam[ParO,ParM,Is]+IlkOperasyon[Is,Op];

ParOprZaman:=Round(OperasyonZamani[Is,Op]*(1+AynIslemYuzde[Is,OperasyonNo[Is,Pr]]));

KuklaEleman:=Round(ParOprZaman-OperasyonZamani[Is,Op]);

TopYenidenIsiZam[ParO,ParM,Is]:=TopYenidenIsiZam[ParO,ParM,Is]+KuklaEleman;

KuklaEleman:=IskartaZam[Is,OperasyonNo[Is,Pr]];

TopIskartaZam[ParO,ParM,Is]:=TopIskartaZam[ParO,ParM,Is]+KuklaEleman;

If ParOprZaman=0 Then

IslemBitis[ParO,ParM]:=Time+1

Else

IslemBitis[ParO,ParM]:=Round(Time+ParOprZaman);

If BitenIs[ParO,ParM]<>KuyruktaBekleIs[ParO,ParM,1] Then

Begin

IslemBitis[ParO,ParM]:=IslemBitis[ParO,ParM]+HazirlikZamani[ParO,Is];

IslemBitis[ParO,ParM]:=IslemBitis[ParO,ParM]+BaglaCozZamani[ParO,Is];

TopHazirlikZam[ParO,ParM,Is]:=TopHazirlikZam[ParO,ParM,Is]+HazirlikZamani[ParO,Is];


```
For l:=1 to mOperasyonTipi do
  Begin
    For J:=1 to mOperasyonMakSay do
      Begin
        KZO:=KZO+TopBosMakZam[l,J];
      End;
    End;
  Son:=Round(IslemBitis[1,1]);
  For l:=1 to mOperasyonTipi do
    For J:=1 to mOperasyonMakSay do
      Begin
        If Son<IslemBitis[l,J] Then
          Son:=Round(IslemBitis[l,J]);
        End;
      Clrscr;
    For K:=1 to Uruncesidi do
      Begin
        Clrscr;WriteLn('UrPunCesidi.....',K,'Tasima zamanl.....',TopTasimaZam[K],' WIP
',TopWIP[K]:7:0,' ',WIP[K]:5:);
        WriteLn('Urun Aynilslem Iskarta Hazirlik Kontrol BaglamaCozme Oper Z. ');
        WriteLn('---- -');
        X:=4;
        For l:=1 to mOperasyonTipi do
          For J:=1 to OperasyonMakSay[l] do
            Begin
              Gotoxy(2,X);Write(l:2);Gotoxy(6,X);Write(J:2);
              Gotoxy(10,X);Write(TopYenidenIslZam[l,J,K]:4);
              Gotoxy(20,X);Write(TopIskartaZam[l,J,K]:4);
              Gotoxy(30,X);Write(TopHazirlikZam[l,J,K]:4);
              Gotoxy(40,X);Write(TopKontrolZam[l,J,K]:4);
              Gotoxy(54,X);Write(TopBaglaCozZam[l,J,K]:4);
              Gotoxy(65,X);Write(TopOperasyonZam[l,J,K]:4);
              X:=X+1;
            End;Repeat Until Keypressed;
          End;*)
        Clrscr;Sira:=1;X:=1;Y:=1;
        For l:=1 to mOperasyonTipi do
          For J:=1 to OperasyonMakSay[l] do
            Begin
              If Sira=3 Then
                Begin
                  X:=41;Y:=1;
                End;
              If Sira=5 Then
                Begin
                  Repeat Until Keypressed;
```

```
        Clrscr;
        Sira:=1;X:=1;Y:=1;
        End;
        GotoXY(X,Y);Write(' Operasyon tipli....',I,' Makina nosu....',J);Y:=Y+1;
        GotoXY(X,Y);
        Write('BozZaman      ',I,' ',J,' ',TopBozZam[I,J]:9,' %',(TopBozZam[I,J]/(Son-
llk)):5:4);Y:=Y+1;
        GotoXY(X,Y);
        Write('BosZaman      ',I,' ',J,' ',TopBosMakZam[I,J]:9,' %
',(TopBosMakZam[I,J]/(Son-llk)):5:4);Y:=Y+1;
        GotoXY(X,Y);Write('MaxKuy      ',I,' ',J,' ',MaxKuyUzunlugu[I,J]:4);Y:=Y+1;
        T1:=0;T2:=0;T3:=0;T4:=0;T5:=0;T6:=0;
        For K:=1 to UrunCesidi do
            Begin
                T1:=T1+TopYenidenIslZam[I,J,K];
                T2:=T2+TopIskartaZam[I,J,K];
                T3:=T3+TopHazirlikZam[I,J,K];
                T4:=T4+TopKontrolZam[I,J,K];
                T5:=T5+TopBaglaCozZam[I,J,K];
                T6:=T6+TopOperasyonZam[I,J,K];
            End;
            GotoXY(X,Y);Write('Yeniden Isleme ',I,' ',J,' ',T1:9,' %',(T1/(Son-llk)):5:4);Y:=Y+1;
            GotoXY(X,Y);Write('Iskarta      ',I,' ',J,' ',T2:9,' %',(T2/(Son-llk)):5:4);Y:=Y+1;
            GotoXY(X,Y);Write('Hazirlik      ',I,' ',J,' ',T3:9,' %',(T3/(Son-llk)):5:4);Y:=Y+1;
            GotoXY(X,Y);Write('Kontrol      ',I,' ',J,' ',T4:9,' %',(T4/(Son-llk)):5:4);Y:=Y+1;
            GotoXY(X,Y);Write('Baglama Cozme ',I,' ',J,' ',T5:9,' %',(T5/(Son-llk)):5:4);Y:=Y+1;
            GotoXY(X,Y);Write('Operasyon      ',I,' ',J,' ',T6:9,' %',(T6/(Son-llk)):5:4);Y:=Y+1;
            Sira:=Sira+1;Y:=Y+1;
        End;
        WriteLn('llk ',llk:3);
        WriteLn('Son ',Son:3);Repeat Until Keypressed;
        ToplamZaman:=Int(Son-llk);
        KZO:=KZO/ToplamZaman;
        Clrscr;
        Write('KZO: ',KZO:5:2);
    End;
    Begin
        SimulasyonFms;
    End;
```

(*EİS İÇİN EKONOMİK ANALİZ***)**

Procedure FormulFms;

Var

TezgahAmortMal :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
TezgahYatırımMal :Array [1..mOperasyonTipi,1..mOperasyonMakSay] of Real;
TezgahHurdaMal :Array [1..mOperasyonTipi,1..mOperasyonMakSay] of Real;
TezgahOmur :Array [1..mOperasyonTipi,1..mOperasyonMakSay] of Real;
(*****)
AmortismanMal :Array [1..mÜrünCesidi] of Integer;
(*****)
IsgucuMal :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
(*****)
TakimAmortMal :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
TakimYatırımMal :Array [1..mOperasyonTipi,1..mOperasyonMakSay] of Real;
TakimOmur :Array [1..mOperasyonTipi,1..mOperasyonMakSay] of Real;
(*****)
TertibatAmortMal :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
TertibatYatırımMal: Array [1..mOperasyonTipi,1..mOperasyonMakSay] of Real;
TertibatOmur :Array [1..mOperasyonTipi,1..mOperasyonMakSay] of Real;
(*****)
MrkBilgiAmortMal :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
MlzTasimaAmortMal: Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
(*****)
MalzemeMal :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
HammaddeMal :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
(*****)
AlanMal :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
(*****)
ProgramlamaMal :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
(*****)
BakımMal :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
(*****)
KontrolMal :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
(*****)
DiğerMal :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
(*****)
GenelToplam :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
HazırlıkMaliyeti :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
TopOperZamanı :Real;
YBTasimaZamanı :Real;
TopYatırım :Real;
ROI,GOS,NBD :Real;
MakOperZamanı :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
YukBosTasZamanı :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
OperasyonZam :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
HazırlıkZam :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;

```
KontrolZam      :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
BaglaCozZam      :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
YenidenIsiZam    :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
IskartaZam       :Array [1..mÜrünCesidi] of Real;
Yaz1             :Array [1..7] of Real;
MakinaSayisi     :Integer;
TopMaliyet       :Real;
(*****)
AlanKira,BirBakimMal,BirKontrolMal,BirDigerMal,TopTasimaMal:Real;
TopMrkBilgiMal,TopMlzTasimaMal,ProgramMal:Real;
HurdaMrkBilgiMal,HurdaMlzTasimaMal:Real;
OmurMrkBilgiMal,OmurMlzTasimaMal:Real;
OperAdamSay,YukAdamSay:Integer;
OperAdamMal,YukAdamMal,Deger:Real;
TopAlan,I,J,K,L,N:Integer;
IO,KayipZaman:Real;
Begin
MakinaSayisi:=3;
(*****Sifirla*****Sifirla*****)
TopOperZamani:=0;YBTasimaZamani:=0;TopYatirim:=0;ROI:=0;
For L:=1 to ÜrünCesidi do
Begin
OperasyonZam[L]:=0;HazirlikZam[L]:=0;KontrolZam[L]:=0;DigerMal[L]:=0;
BaglaCozZam[L]:=0;YenidenIsiZam[L]:=0;IskartaZam[L]:=0;
MalzemeMal[L]:=0;MlzTasimaAmortMal[L]:=0;MrkBilgiAmortMal[L]:=0;
IsgucuMal[L]:=0;AlanMal[L]:=0;ProgramlamaMal[L]:=0;BakimMal[L]:=0;
KontrolMal[L]:=0;TezgahAmortMal[L]:=0;TakimAmortMal[L]:=0;DigerMal[L]:=0;
TertibatAmortMal[L]:=0;MakOperZamani[L]:=0;YukBosTasZamani[L]:=0;
GenelToplam[L]:=0;
End;
For L:=1 to 7 do Yaz1[L]:=0;
(*****Sifirla*****Sifirla*****)
For L:=1 to ÜrünCesidi do
Begin
YukBosTasZamani[L]:=TopOperasyonZam[1,1,L];
YBTasimaZamani:=YBTasimaZamani+YukBosTasZamani[L];
HazirlikMaliyeti[L]:=0;
For J:=2 to MakinaSayisi do
Begin
For K:=1 to OperasyonMakSay[J] do
Begin
KayipZaman:=TopHazirlikZam[J,K,L]+TopKontrolZam[J,K,L]+TopBaglaCozZam[J,K,L];
KayipZaman:=KayipZaman+TopYenidenIsiZam[J,K,L]+TopIskartaZam[J,K,L];
HazirlikMaliyeti[L]:=HazirlikMaliyeti[L]+(KayipZaman*IO*TezgahYatirimMal[J,K]);
MakOperZamani[L]:=MakOperZamani[L]+TopOperasyonZam[J,K,L];
```

```
TopOperZamani:=TopOperZamani+TopOperasyonZam[J,K,L];
End;
End;
End;
Clrscr;
For L:=1 to UrunCesidi do
Begin
  (****Malzeme Maliyeti****)
  MalzemeMal[L]:=UrunTalebi[L]*HammaddeMal[L];
  (*****)
  (****Malzeme Tasima Sistemi Amortisman maliyeti****)
  Deger:=(TopMlzTasimaMal-HurdaMlzTasimaMal)/OmurMlzTasimaMal;
  MlzTasimaAmortMal[L]:=MlzTasimaAmortMal[L]+(Deger*TopTasimaZam[L]);
  (*****)
  (****DNC Amortisman Maliyeti****)
  Deger:=(MakOperZamani[L]/TopOperZamani);
  Deger:=Deger*((TopMrkBilgiMal-HurdaMrkBilgiMal)/OmurMrkBilgiMal);
  MrkBilgiAmortMal[L]:=MrkBilgiAmortMal[L]+(Deger*(Son-ilk));
  (*****)
  (****Is Gucu Maliyeti****)
  Deger:=(MakOperZamani[L]*OperAdamSay*OperAdamMal);
  Deger:=Deger+(TopOperasyonZam[1,1,L]*YukAdamSay*YukAdamMal);
  IsgucuMal[L]:=IsGucuMal[L]+((Deger*(Son-ilk))/TopOperZamani);
  (*****)
  (****Alan Maliyeti****)
  Deger:=(MakOperZamani[L]/TopOperZamani);
  AlanMal[L]:=AlanMal[L]+(Deger*TopAlan*AlanKira*(Son-ilk));
  (*****)
  (****Programlama Maliyeti****)
  Deger:=(MakOperZamani[L]/TopOperZamani);
  ProgramlamaMal[L]:=ProgramlamaMal[L]+(Deger*ProgramMal*(Son-ilk));
  (*****)
  (****Bakim Maliyeti****)
  Deger:=(MakOperZamani[L]/TopOperZamani);
  BakimMal[L]:=BakimMal[L]+(Deger*(BirBakimMal*(Son-ilk)));
  (*****)
  (****Diger Maliyeti****)

  Deger:=((MakOperZamani[L]+YukBosTasZamani[L])/(TopOperZamani+YBTasimaZamani));
  DigerMal[L]:=DigerMal[L]+(Deger*BirDigerMal*(Son-ilk));
  (*****)
  For J:=2 to MakinaSayisi do
  Begin
    For K:=1 to OperasyonMakSay[J] do
    Begin
      (****Kontrol Maliyeti****)
```

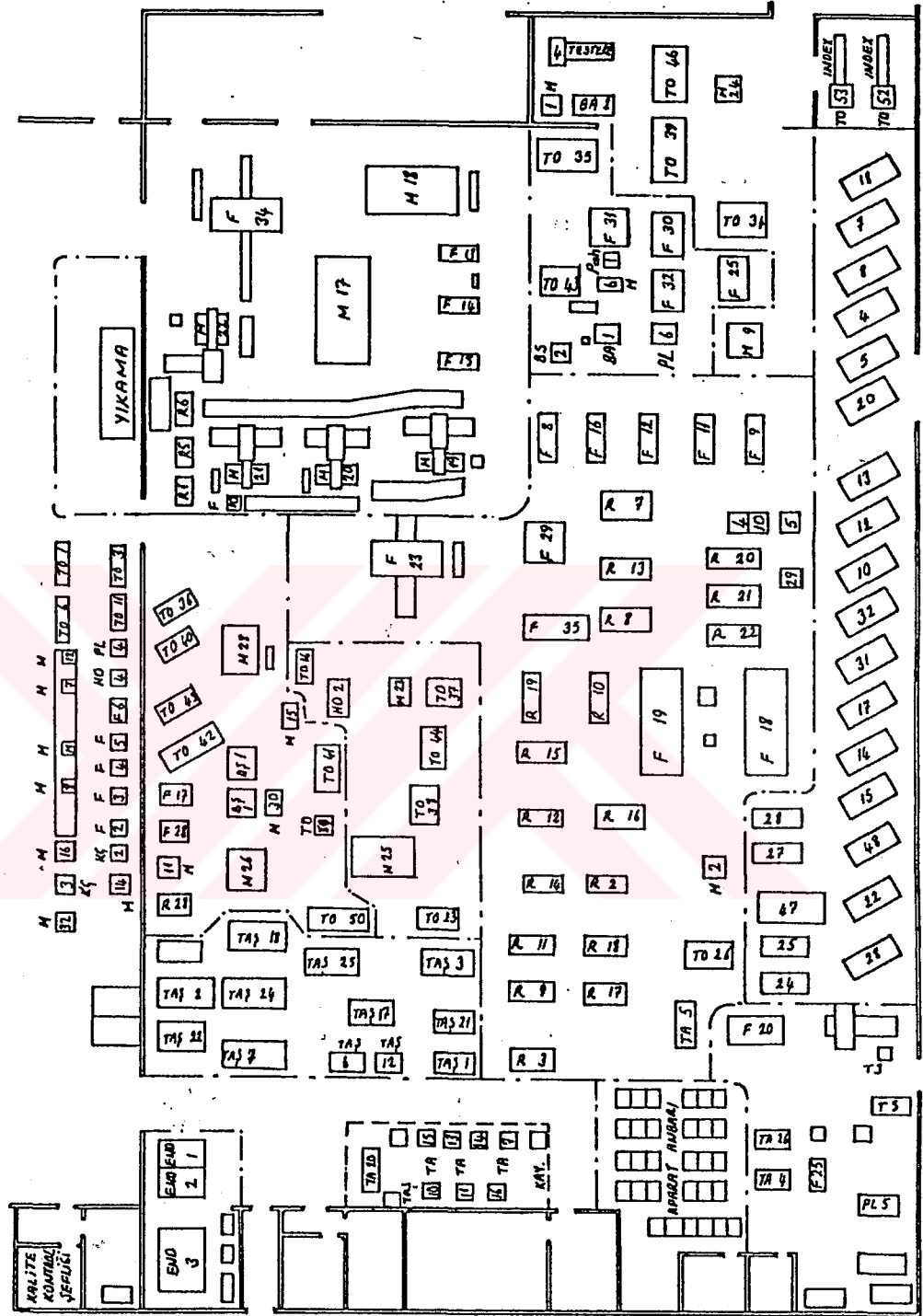
```
KontrolMal[L]:=TopKontrolZam[J,K,L]*BirKontrolMal;
(*****)
(****Tezgah Amortisman Maliyeti****)
Deger:=(TezgahYatrimMal[J,K]-TezgahHurdaMal[J,K])/TezgahOmur[J,K];
TezgahAmortMal[L]:=TezgahAmortMal[L]+(Deger*TopOperasyonZam[J,K,L]);
(*****)
(****Takim Yatirim Maliyeti****)
Deger:=TakimYatrimMal[J,K]/TakimOmur[J,K];
TakimAmortMal[L]:=TakimAmortMal[L]+(Deger*TopOperasyonZam[J,K,L]);
(*****)
(****Tertibat Yatirim Maliyeti****)
Deger:=TertibatYatrimMal[J,K]/TertibatOmur[J,K];
TertibatAmortMal[L]:=TertibatAmortMal[L]+(Deger*TopOperasyonZam[J,K,L]);
(*****)
TopYatirim:=TopYatirim+TezgahYatrimMal[J,K];
End;
End;
End;
TopYatirim:=TopYatirim+TopMlzTasimaMal+TopMrkBilgiMal;
Clrscr;
For K:=1 to UrunCesidi do
  For I:=2 to MakinaSayisi do
    Begin
      For J:=1 to OperasyonMakSay[I] do
        Begin
          OperasyonZam[K]:=OperasyonZam[K]+TopOperasyonZam[I,J,K];
          HazirlikZam[K]:=HazirlikZam[K]+TopHazirlikZam[I,J,K];
          KontrolZam[K]:=KontrolZam[K]+TopKontrolZam[I,J,K];
          BaglaCozZam[K]:=BaglaCozZam[K]+TopBaglaCozZam[I,J,K];
          YenidenIslZam[K]:=YenidenIslZam[K]+TopYenidenIslZam[I,J,K];
          IskartaZam[K]:=IskartaZam[K]+TopIskartaZam[I,J,K];
        End;
      End;
    End;
  Gotoxy(1,2);Write('Urun   Work in Operas. Hazirl. Kontrol Tasima Bagla Yeniden
Iskarta');
  Gotoxy(1,3);Write(' No   Process Zamani Zamani Zamani Zamani Coz Z. Isl. Z.
Zamani ');
  Gotoxy(1,4);Write('---- -----');
  Y:=5;
  For L:=1 to UrunCesidi do
    Begin
      Gotoxy(2,Y);Write(L:2);
      Gotoxy(9,Y);Write((TopWIP[L]*(UrunTalebi[L]/PartiSayisi[L])/(Son-Ilk)):7:3);
      Gotoxy(18,Y);Write(OperasyonZam[L]:7:1);Yaz1[1]:=Yaz1[1]+OperasyonZam[L];
      Gotoxy(27,Y);Write(HazirlikZam[L]:7:1);Yaz1[2]:=Yaz1[2]+HazirlikZam[L];
      Gotoxy(36,Y);Write(KontrolZam[L]:7:1);Yaz1[3]:=Yaz1[3]+KontrolZam[L];
```

```

Gotoxy(45,Y);Write(TopTasimaZam[L]:5,'.0');Yaz1[4]:=Yaz1[4]+TopTasimaZam[L];
Gotoxy(54,Y);Write(BaglaCozZam[L]:7:1);Yaz1[5]:=Yaz1[5]+BaglaCozZam[L];
Gotoxy(63,Y);Write(YenidenIsiZam[L]:7:1);Yaz1[6]:=Yaz1[6]+YenidenIsiZam[L];
Gotoxy(72,Y);Write(IskartaZam[L]:7:1);Yaz1[7]:=Yaz1[7]+IskartaZam[L];
Y:=Y+1;
End;
Gotoxy(18,Y);Write(Yaz1[1]:7:1);
Gotoxy(27,Y);Write(Yaz1[2]:7:1);
Gotoxy(36,Y);Write(Yaz1[3]:7:1);
Gotoxy(45,Y);Write(Yaz1[4]:7:1);
Gotoxy(54,Y);Write(Yaz1[5]:7:1);
Gotoxy(63,Y);Write(Yaz1[6]:7:1);
Gotoxy(72,Y);Write(Yaz1[7]:7:1);
Read;Clrscr;
Gotoxy(1,2);Write('Urun  Malzeme  Mlz. Tas.  Mrk. Bil.  Is Gucu  Alan  Program');
Gotoxy(1,3);Write('No  Maliyeti  Maliyeti  Maliyeti  Maliyeti  Maliyeti  Maliyeti');
Gotoxy(1,4);Write('----  -----  -----  -----  -----  -----  -----');
Y:=5;
For K:=1 to UrunCesidi do
Begin
GenelToplam[K]:=GenelToplam[K]+MalzemeMal[K]+MlzTasimaAmortMal[K];
GenelToplam[K]:=GenelToplam[K]+MrkBilgiAmortMal[K]+IsgucuMal[K];
GenelToplam[K]:=GenelToplam[K]+AlanMal[K]+ProgramlamaMal[K];
Gotoxy(3,Y);Write(K:2);
Gotoxy(10,Y);Write((MalzemeMal[K]/UrunTalebi[K]):9:0);
Gotoxy(22,Y);Write((MlzTasimaAmortMal[K]/UrunTalebi[K]):9:0);
Gotoxy(34,Y);Write((MrkBilgiAmortMal[K]/UrunTalebi[K]):9:0);
Gotoxy(46,Y);Write((IsgucuMal[K]/UrunTalebi[K]):9:0);
Gotoxy(58,Y);Write((AlanMal[K]/UrunTalebi[K]):9:0);
Gotoxy(70,Y);Write((ProgramlamaMal[K]/UrunTalebi[K]):9:0);
Y:=Y+1;
End;
Read;Clrscr;
Gotoxy(1,2);Write('Urun  Bakim  Kontrol  Tezgah  Takim  Tertibat  Diger');
Gotoxy(1,3);Write('No  Maliyeti  Maliyeti  Maliyeti  Maliyeti  Maliyeti  Maliyet');
Gotoxy(1,4);Write('----  -----  -----  -----  -----  -----  -----');
Y:=5;
For K:=1 to UrunCesidi do
Begin
GenelToplam[K]:=GenelToplam[K]+BakimMal[K]+KontrolMal[K]+DigerMal[K];
GenelToplam[K]:=GenelToplam[K]+TezgahAmortMal[K]+TakimAmortMal[K]+TertibatAmort
Mal[K];
Gotoxy(3,Y);Write(K:2);
Gotoxy(10,Y);Write((BakimMal[K]/UrunTalebi[K]):9:0);
Gotoxy(22,Y);Write((KontrolMal[K]/UrunTalebi[K]):9:0);

```

```
Gotoxy(34,Y);Write((TezgahAmortMal[K]/UrunTalebi[K]):9:0);
Gotoxy(46,Y);Write((TakimAmortMal[K]/UrunTalebi[K]):9:0);
Gotoxy(58,Y);Write((TertibatAmortMal[K]/UrunTalebi[K]):9:0);
Gotoxy(70,Y);Write((DigerMal[K]/UrunTalebi[K]):9:0);
Y:=Y+1;
End;
Read;Clrscr;
Gotoxy(1,2);Write(' Urun    WIP    Hazirlik    Toplam    Genel Top');
Gotoxy(1,3);Write(' No      Maliyeti  Maliyeti  Maliyeti  Maliyeti');
Gotoxy(1,4);Write(' ----  -----  -----  -----  -----');
Y:=5;TopMaliyet:=0;
For K:=1 to UrunCesidi do
  Begin
    Gotoxy(3,Y);Write(K:2);
    Gotoxy(10,Y);Write((((GenelToplam[K]/2*IO*(Son-Ilk))/UrunTalebi[K]):9:0);
    GenelToplam[K]:=GenelToplam[K]+(GenelToplam[K]/2*IO*(Son-Ilk));
    Gotoxy(22,Y);Write(HazirlikMaliyeti[K]:9:0);
    GenelToplam[K]:=GenelToplam[K]+HazirlikMaliyeti[K];
    Gotoxy(34,Y);Write((GenelToplam[K]/UrunTalebi[K]):9:0);
    Gotoxy(46,Y);Write(GenelToplam[K]:9:0);
    Y:=Y+1;
    ROI:=ROI+GenelToplam[K];
    TopMaliyet:=TopMaliyet+GenelToplam[K];
  End;
Gotoxy(46,Y);Write(TopMaliyet:9:0);
Read;
NBD:=ROI*0.30;
ROI:=ROI*0.30/TopYatirim;
GOS:=1/ROI;
N:=Round(Son-Ilk);
For K:=1 to N do
  NBD:=NBD/(1+IO);
NBD:=NBD-TopYatirim;
Clrscr;
Writeln('ROI ',ROI:9:3);
Writeln('GOS ',GOS:9:3);
Writeln('NBD ',NBD:9:3);
Read;
End;
```



Şekil Ek-1. Fabrika Yerleşim Planı

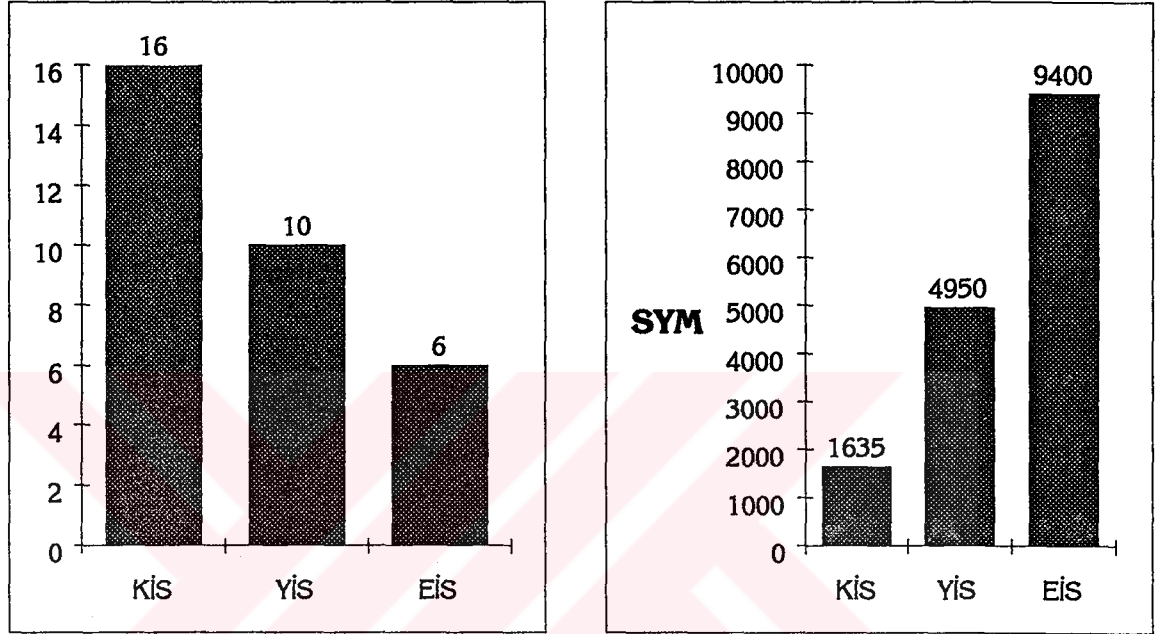
ÖZGEÇMİŞ

1962 Ankara doğumludur. 1979 yılında İstanbul Aryamehr Lisesi'nden, 1983 yılında ise İ.T.Ü. Makina Fakültesi'nden mezun olmuştur. Aynı yıl girdiği İ.T.Ü. Endüstri Mühendisliği Yüksek Lisans Programını 1985 yılında bitirmiş ve aynı bölümde doktora çalışmasına başlamıştır. 1986/1987 öğretim döneminde Varşova Teknik Üniversitesi'nde Sayısal Kontrollü Sistemler üzerinde araştırmalar yapmıştır. 1984 yılından bu yana İ.T.Ü. İşletme Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır. Çalışma alanlarıyla ilgili yurt içi makaleleri, yurt içi ve yurt dışı bildirileri, ödül kazanmış makalesi, gazete yazıları vardır ve endüstriyel projelerde çalışmıştır. İngilizce bilir.



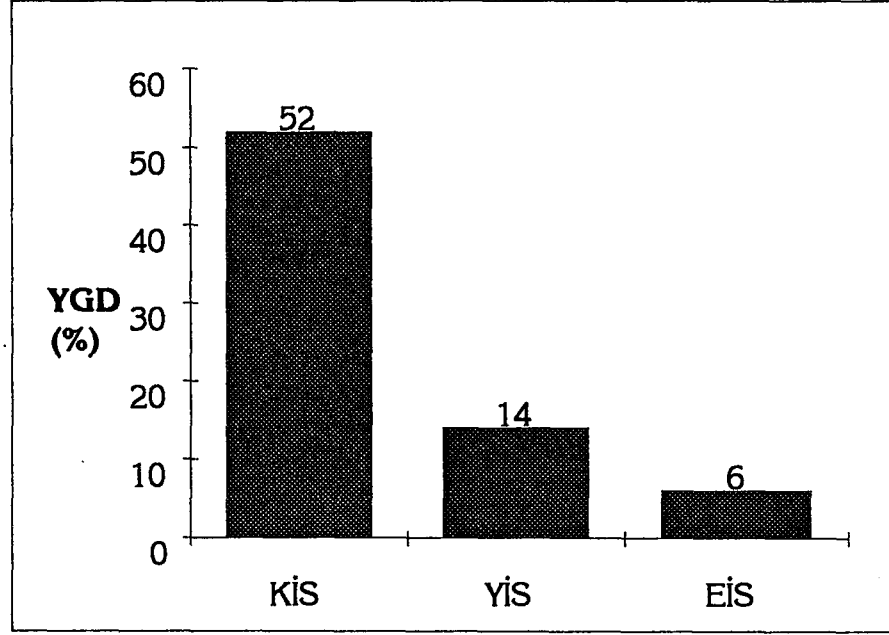
hesaplanmasında kullanılması gerekir. Fabrika planlama departmanı tarafından birim imalat maliyetinin 0,30'luk bölümünün imalat karı olarak alınması uygun görülmüştür.

Diğer yandan aşağıda görüleceği gibi tezgah sayılarındaki azalma, ileri teknoloji açısından bir avantaj olarak görülse de sistem ilk yatırım maliyetlerinin oldukça yüksek olduğu gözönünde bulundurulmalıdır.



Şekil 5-8. Sistemlerin Tezgah Sayıları ve Yatırım Maliyetleri (10⁶ TL)

İlk yatırım maliyetlerinin yüksekliği karlılık oranının (YGD) değerini düşürmekte ve konuyla ilgili pek çok yazının değindiği gibi yatırım aleyhinde rol oynamaktadır.



Şekil 5-9. Sistem Yatırımlarının Geri Dönüş Oranları

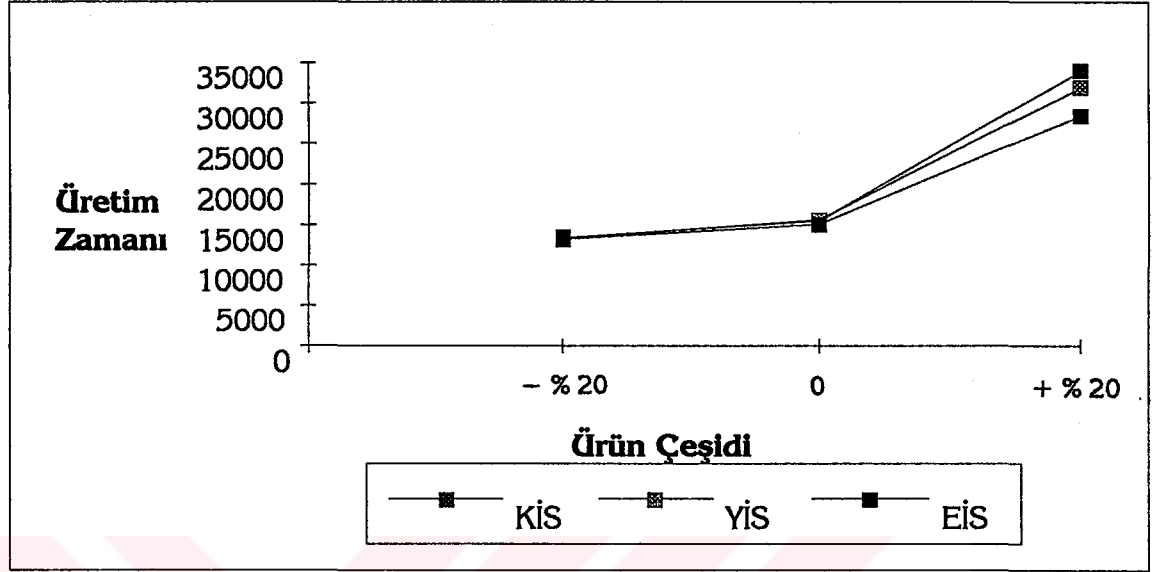
5.1.5. Stratejik Performans Değerleri

A) Ürün Çeşidi ve Miktarları

Bu değerlerin elde edilmesi için sistemdeki ürün çeşidi $\pm$ % 20 değiştirilerek sistemin cevabı incelenmektedir. Sistemde üretilen 17 parça olması dolayısıyla bu değerler 13 ve 21 olacaktır ($17 \pm 3,4$). Mamul çeşidi değişiminin mamul hacmi değişimini de içermesi amacıyla sistemin üretim hacmi en büyük olan 1,2,10 ve 11 no'lu mamuller ile yüklenip (21 mamul için) boşaltılarak (13 mamul için) çalıştırılması uygun görülmektedir. Buna göre elde edilen değerler aşağıdadır.

Üretim Zamanları

Aşağıdaki şekil incelendiğinde ilginç bir durum ortaya çıkmaktadır. Sistemler 21 ürünle yüklendiğinde EİS ile diğer iki sistem arasındaki imalat zamanı farkı sistemin esnek olmasından dolayı yüksek çıkması beklenirken, sistemler hemen hemen aynı zamanda imalatlarını bitirmektedirler. Buna neden olarak katma değersiz zamanların küçük olması ve her tip tezgahtan birden fazla olması gösterilebilir. Ancak temel neden, klasik ve yarı otomatik sistemlerin KKO'nun düşük olması dolayısıyla ilave yükleri absorbe edebilmeleridir. Eğer bu sistemler KKO yüksek tezgahlarda işlem zamanı yüksek parçalarla yüklenmiş olsalardı sistemler arası üretim zamanı farklarının daha da artması beklenebilirdi.



Şekil 5-10. Üretim Zamanlarının Ürün Çeşidine Göre Değişimi

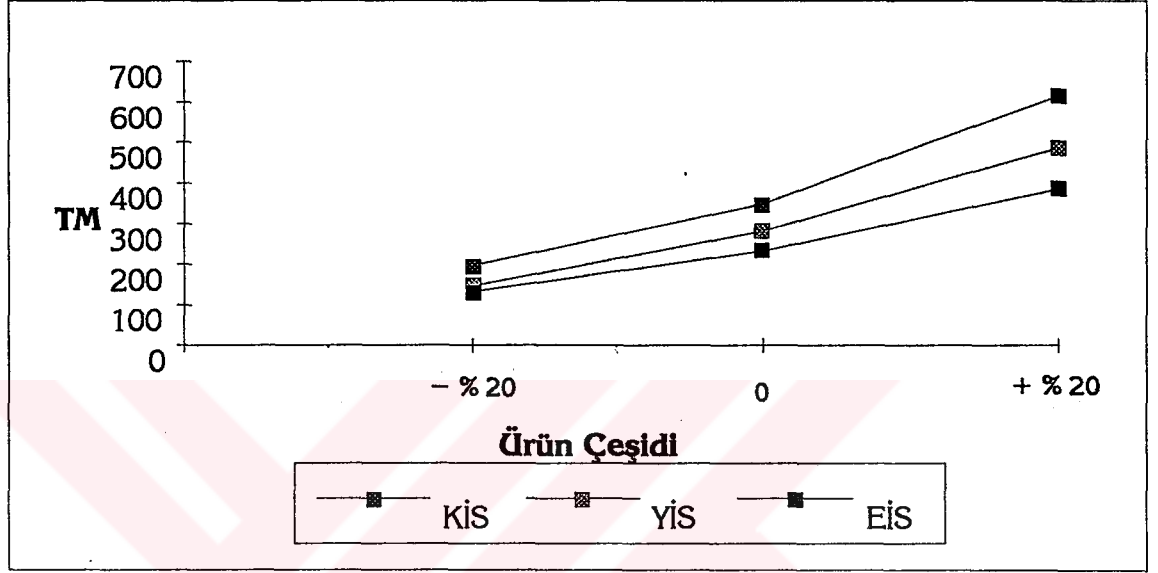
Buna ilaveten, yeni koşullar sisteme mevcut ürünler yüklenerek yaratılmıştır. Mevcut maddelerden tamamen farklı özelliklere sahip bir veya birden fazla mamulün imalatının mümkün olabilmesi için imalat sisteminin esnekliğine ihtiyaç duyulabilir. İmalatı mümkün olabilse bile kusurlu işlenme olasılığı ve hazırlık zamanı yüksek karmaşık parçalar, düşük hacimli çok miktarda partiler halinde, özellikle arıza olasılığı yüksek eski tezgahlardan oluşan klasik sistemde işlendiğinde esnek imalat sisteminin daha avantajlı olduğu görülebilir.

Bu sonuç aynı zamanda Bölüm 2’de değinilen savı da gerçeklemektedir. Teknoloji yatırımları üretim koşullarına ve firma karakteristiklerine göre yapılmalıdır.

Sistemler 13 parça çeşidine göre çalıştırıldıklarında ise, yeni koşullara cevapları hemen hemen aynı olmaktadır.

Toplam Maliyet

İmalat zamanlarındaki değişim doğal olarak toplam maliyete de yansımaktadır.



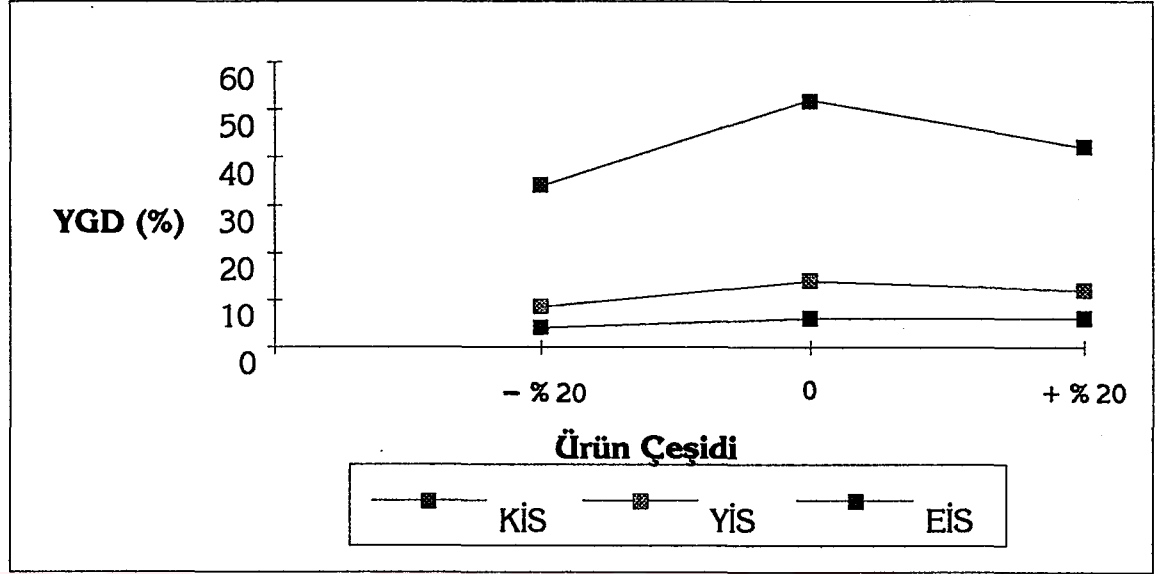
Şekil 5-11. Toplam Maliyetin Ürün Çeşidine Göre Değişimi (10^6 TL)

Şekilden de görüleceği gibi sistemin 21 çeşit ürünle yüklenmesi sonucu birim maliyetlerde KİS'ne göre YİS ve EİS lehine daha düşük hızda bir artış görülmektedir. Bu uygulamada, maliyetlerdeki temel belirleyiciler, hammadde, amortisman ve işgücü maliyetleri olarak gözükmemektedir. Ancak hammadde maliyetleri çok yüksek parçalarda üretim içi envanter maliyeti de belirleyici olmaktadır. Dolayısıyla sistem seçiminde imalatı etkileyen tüm faktörlerin gözönünde bulundurulması gerekmektedir.

Yatırımın Geri Dönüşü

YGD, yıllık olarak karın ilk yatırım maliyetine oranı olarak verildiğinden en düşük yatırım maliyetine sahip klasik sistem en iyi sonucu vermektedir. Bu durum, Bölüm 2'de belirtildiği gibi sıkça karşılaşılan ve ileri teknolojiye yatırımı engelleyici rol oynayan bir sonuç doğurmaktadır. Ancak

sistem yüklendiğinde KİS'nin karlılığında düşme görülmesine karşın YİS ve EİS'nde daha dengeli bir durum göze çarpmaktadır.



Şekil 5-12. Yatırımın Geri Dönüş Oranının Ürün Çeşidine Göre Değişimi

B) Arıza Değerleri

Değişim değerlerinin elde edilmesi amacıyla tezgâhlar için arızalar arası süre ortalaması % 20 azaltılarak 4160 dk., onarım süresi ise % 20 artırılarak KİS ve YİS için 253 dk., EİS'ndeki torna için 240 dk., İM için 300 dk. alınmıştır. Bu koşullar altında sistem çalıştırılarak aşağıdaki değerler elde edilmiştir. Değerlerin değişim miktarları küçük olduğundan, grafikler yerine tablolar halinde verilmektedir.

Tablo 5-17. İmalat Zamanının
Arıza Değerlerine Bağlı Değişimi

İmalat Zamanı	0	+ % 20
KİS	15453	16116
YİS	15622	16374
EİS	15069	15087

Tablo 5-18. Toplam Maliyetin
Arıza Değerlerine Bağlı Değişimi

Toplam Maliyet	0	+ % 20
KİS	348897242	351418988
YİS	281975774	282592138
EİS	234639048	235782727

Tablo 5-19. YGD'nün
Arıza Değerlerine Bağlı Değişimi

Yatırımın Geri Dönüşü	0	+ % 20
KİS	0,52	0,50
YİS	0,14	0,13
EİS	0,06	0,06

Yukarıdaki tablolardaki değerler sistemin arıza değerlerindeki değişime, ürün değerlerindeki değişimin verdiği benzer cevaplar verdiğini göstermektedir. KİS, YİS ve EİS'nin arızalar karşısındaki davranışları arasındaki farkların küçük değerlerde olması mevcut ve alternatif sistemlerin yapıları ile mamul ve operasyon özelliklerine bağlıdır. Klasik ve Esnek sistemlerde her tezgahın alternatifinin bulunması sistemlere rota esnekliği sağlayarak arıza karşısında sistemin kesintili çalışma olasılığını düşürmektedir. YİS'nde ise sayıları tek olan tezgah tipleri bulunduğundan imalat aksamaları imalat zamanına yansıyabilmektedir. Ayrıca alternatifli tezgahlardan birinin bozulması sırasında diğeri, sahip olduğu kapasite kullanım oranına bağlı olarak ilave yükü fazla gecikmeye meydan vermeden absorbe edebilmektedir.

Değişim değerlerindeki farklar küçük olmasına rağmen, ileri teknoloji sistemlerin değişimlerden daha az etkilendiği ancak yatırım kararı verilirken mevcut imalat sistemi ile mevcut ve gelecekteki üretim koşullarının gözönünde tutulması gerektiği unutulmamalıdır.

5.1.6. Karar Modeli

Bu aşamada, karar vericiden yukarıdaki tüm bilgilere dayanarak karar modeli için girdileri oluşturması istenmektedir. Karar modeli kendi tanımladığı koşullar içinde elde edilen bilgilerin sistem seçimi doğrultusunda işlenmesi görevini yapar. Buna göre aşağıda model girdileriyle çıktıların bir dökümü verilmektedir.

FB	DL	BL	DT	BT
DL	1	1/2	4	3
BL	2	1	5	4
DT	1/4	1/5	1	1/3
BT	1/3	1/4	3	1

DL	T	E	S
T	1	2	4
E	1/2	1	2
S	1/4	1/2	1

BL	T	E	S
T	1	3	1/2
E	1/3	1	1/2
S	2	2	1

DT	T	E	S
T	1	1/6	2
E	6	1	3
S	1/2	1/3	1

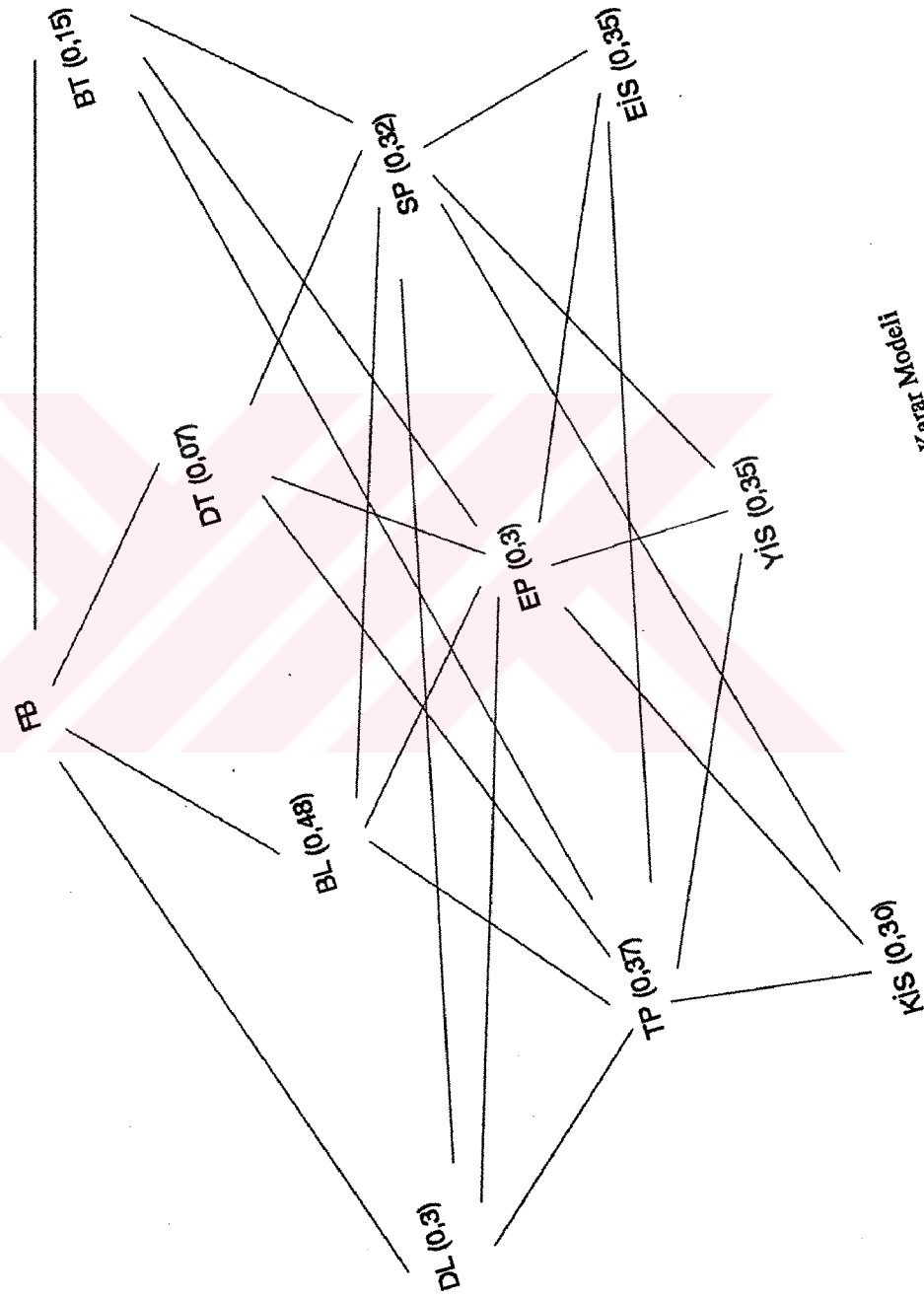
BT	T	E	S
T	1	1/3	1/2
E	3	1	4
S	2	1/4	1

TP	KİS	YİS	EİS
KİS	1	1/2	1/2
YİS	2	1	1
EİS	2	1	1

EP	KİS	YİS	EİS
KİS	1	2	6
YİS	1/2	1	4
EİS	1/6	1/4	1

SP	KİS	YİS	EİS
KİS	1	1/3	1/4
YİS	3	1	1/2
EİS	4	2	1

DL (0.57 , 0.29 , 0.14)
 BL (0.35 , 0.17 , 0.48)
 DT (0.20 , 0.65 , 0.15)
 BT (0.16 , 0.62 , 0.22)
 SP (0.12 , 0.32 , 0.56)
 TP (0.20 , 0.40 , 0.40)
 EP (0.59 , 0.32 , 0.09)



Şekil 5-13. Karar Modeli

AHP işlemleri yerine getirildikten sonra sonuç değerleri elde edilerek yukarıdaki şekilde gösterilmektedir. Bu değerlere göre üç seçenek de birbirine yakın değerler elde etmişlerdir. Bu durum, üç sisteminde mevcut ve gelecek koşullar açısından değerlendirildiğinde firma başarısına benzer katkıyı yaptığı anlamını taşımaktadır ve diğer alt modellerin verdikleri sonuçlarla anlamlı bir uyum içermektedir. Firmanın mevcut durumda ve gelecekte üretimini sürdürerek başarılı olacağı düşünülen Büyüyen Pazar ve Teknoloji Liderliği, karar vericinin değerlendirmesi sonucu en büyük önemi almakta ve bu eğilime hizmet eden performans faktörlerinden teknik performans, ekonomik ve stratejik performansa yakın olmakla birlikte en büyük değere sahip gözükmemektedir.

AHP prosedüründe değerlendirilmesine rağmen birbirinin aynı sonucu veren YİS ve EİS'nden, ileri teknolojiye geçişin ara kademesi olması ve ilk yatırım maliyetinin karar verici tarafından uygun görülmesi nedeniyle Yarı Otomatik İmalat Sistemi yatırıma aday sistem olarak seçilmiştir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İleri teknoloji İmalat sistemlerinin yatırım değerlendirmesi konusundaki yayınlarda hemen hemen tüm yazarların hem fikir oldukları konular aşağıda sıralanmaktadır;

- Pazar talepleri ve teknolojiye çok büyük bir değişim var,
- Pazarda yoğun bir rekabet ortamı bulunmakta,
- Firmalarda İleri teknoloji yatırımlarına karşı bir direnç var,
- İleri teknolojinin tüm yapısal özellikleri ve stratejik getirileri henüz yeterince tanınmıyor,
- İleri teknoloji, firmanın stratejik pozisyonunun belirlenmesinde çok etkili rol oynamaktadır,
- İleri teknoloji yatırımı, ilk yatırım maliyeti çok yüksek, stratejik bir yatırım olması dolayısıyla risk içeriyor,
- Geleneksel yatırım değerlendirme yöntemleri İleri teknoloji yatırımlarında yetersiz kalmaktadır.

Yukarıda genel hatlarıyla verilen saptamalar ve çalışmanın içerisinde bulunan diğerleri, konu ile ilgili araştırmacıları, İleri teknoloji yatırımları ile ilgili uygun bir değerlendirme metodolojisi arayışına yönlendirmiştir. Bu çalışmada, öncelikle konuyu tüm boyutlarıyla ele alan detaylı bir inceleme yapıldıktan sonra geliştirilen değerlendirme metodolojileri incelenerek değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucu ortaya çıkan mevcut metodolojiler, eksiklikleri ortaya çıkarıldıktan sonra, bunları gideren özelliklere sahip yeni bir metodoloji sunulmaya çalışılmıştır. Bu metodoloji hazırlanırken, imalat teknolojisini yatırım kararının basit bir formüle veya bir kriter grubuna veya bir tarife bakılarak verilemeyeceği her İmalat sisteminin kendine has özellikler taşıması nedeniyle tek olduğu ve bu nedenle diğer sistemlerle birlikte değerlendirilirken sistemlerin tüm özelliklerini inceleyen bir metodoloji gerektirdiği fikrinden hareket edilmiştir.

Konunun çok güncel olması nedeni ile geliştirilen modelin uygulanabilirliğine özellikle önem verilmiştir.

Özellikle Türkiye'nin ileri teknolojiye geçiş döneminde olması ve konu üzerinde Türkçe yayının az olması nedeni ile ileri teknolojinin tanım ve etkileri üzerinde çalışmanın elverdiği ölçüde detaylı durulmuştur.

Bu çalışmada geliştirilen modelin özellikleri aşağıda görülmektedir;

- Firmalar çoğunlukla ileri teknolojinin günümüz için son aşaması olan esnek imalat sistemine aşamalı geçme eğilimindedirler. Bu aşamalı geçiş, genellikle CNC teknolojisinden faydalanılarak büyümeyi modüler bir yapı içinde başlattıktan sonra zaman içinde EİS'nin oluşumu için gerekli modüllerin (malzeme taşıma sistemi,merkezi bilgisayar vs.) eklenmesi ile planlanan entegre sisteme erişmek yoluyla gerçekleştirilmektedir. Bu sayede hem ileri teknolojinin çok yüksek olan ilk yatırım maliyeti zamana yayılarak finansman sağlama gücüğü azaltılır, hem de yeni sisteme daha yavaş geçilerek organizasyonun yeni sisteme uyumu daha etkin bir şekilde gerçekleştirilmiş olur. Model, incelenen diğer modellerde rastlanmayan bu çok önemli konu için birbirinden farklı üç otomasyon seviyesine sahip ve birbirinden farklı operasyonel kurallara göre işleyen üç ayrı sistemin (KİS, YİS, EİS) incelenmesini sağlayacak şekilde kurulmuştur.

- Modeli üç ayrı otomasyon seviyesi için kullanmak, seviyeler arası üretim içi envanter, hazırlık zamanı, kapasite kullanım oranı, işgücü ve malzeme ihtiyacı ve benzeri değerlerdeki değişimler hakkında bilgi verir ve işletmenin kendi olanaklarını önceden ayarlamasına imkan verir. Ayrıca bu sayede karar verici değişkenlerin sistem değişikliklerine hassasiyetini daha iyi anlar.

- Kurulan model, yatırım konusunun öneminden dolayı incelenen çalışmalarda rastlanmayan üç değişik boyuta sahiptir. Bu boyutlar yatırımı operasyonel, finansal ve stratejik açıdan analiz ederek, yatırımın tüm yönleriyle değerlendirilmesine olanak vermektedir.

- Model yalnızca mevcut sistemin alternatifleriyle kıyaslanması amacıyla değil, mevcut sistemin performansının ölçülmesi ve aksayan yanlarının belirlenmesi amacıyla da kullanılabilir.

- Firmalar açısından imalat sisteminin üretim koşullarındaki değişime cevabının önceden bilinmesi gelecekteki firma performansının tahmini açısından önemlidir. Bu çalışmada, özellikle üretim koşullarının kötüye gidişi firma açısından risk doğuracağından, yatırım alternatiflerinin beklenmeyen durumlardaki davranışları incelenmektedir.